

Guide Technique



Sols à usage industriel

- Aide à la conception et au choix
- Classement I/MC des locaux
- Classement performanciel P/MC des revêtements et des couches d'usure incorporées

Commission de rédaction du Guide Technique et de révision du classement performanciel I/MC des locaux

Ont participé à la rédaction du présent guide technique, sous l'animation du CSTB, les représentants des organismes suivants :

- COPREC (Comité Professionnel de la Prévention et de Contrôle Technique dans la Construction) ;
- CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) ;
- Office des Asphaltes ;
- SFEC (Syndicat National des Enducteurs Calandriers) ;
- SNFORES (Syndicat National des Formulateurs de Résine) ;
- SNMI (Syndicat National des Mortiers Industriels) ;
- UNESI (Union Nationale des Entrepreneurs de Sols Industriels),
- UNRST (Union Nationale des Revêtements de Sols Techniques) ;

ainsi que des principaux fabricants de produits prêts à l'emploi pour la réalisation de couches d'usure incorporées.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

SOMMAIRE

Préambule	3	1.2 Principales caractéristiques des équipements ..	17
Objet et domaine d'application.....	4	1.3 Caractéristiques du support.....	17
1 Objet	4	1.4 Planning prévisionnel des travaux.....	18
2 Domaine d'application	4	1.5 Contrôles à prévoir	18
PREMIÈRE PARTIE	5	2 Éléments du dossier de consultation	18
Principes généraux de fonctionnement		2.1 Concernant les locaux	18
d'un ouvrage de sol industriel.....	5	2.2 Concernant le support.....	18
1 Objet	5	2.3 Concernant le revêtement ou la couche	
2 La définition des besoins et des exigences.....	5	d'usure incorporée.....	18
3 Les données essentielles	5	3 Éléments relatifs aux travaux	18
3.1 Le support.....	5	Chapitre 2 - Cas d'un revêtement de sol	19
3.2 Le revêtement de sol ou la couche d'usure		1 Objet	19
incorporée	5	2 Généralités	19
3.3 Les joints.....	6	2.1 Les matériaux constitutifs	19
3.4 La qualité d'exécution de l'ouvrage	6	2.2 L'épaisseur.....	19
DEUXIÈME PARTIE	7	2.3 Le système de revêtement.....	19
Le classement «I/MC» des locaux.		3 Les principales familles	19
Le classement «P/MC» des revêtements de sol		3.1 Les revêtements de sol adhérents.....	19
et des couches d'usure incorporées.....	7	3.2 Les revêtements de sol désolidarisés	21
1 Définition et principe de base des classements		4 Compléments contribuant à la conception	
« I/MC » et « P/MC »	7	de l'ouvrage applicables aux revêtements	21
2 Domaine d'application	7	4.1 Données d'aide à la définition du projet.....	21
3 Le classement «I/MC» : l'aide à la		4.2 Éléments du dossier de consultation.....	21
caractérisation des locaux	7	4.3 Éléments relatifs aux travaux	22
3.1 La notion «I/M», son contenu.....	7	Chapitre 3 - Cas d'une couche d'usure incorporée ..	23
3.2 La notion « I/C », son contenu.....	13	Préambule	23
4 Le classement performanciel « P/MC »		1 Objet	23
des revêtements de sol et des couches		2 Généralités	23
d'usure incorporées	15	2.1 Les matériaux constitutifs	23
4.1 Contenu de la notion «P/M».....	15	2.2 La cure	23
4.2 Contenu de la notion «P/C».....	15	2.3 Le dosage	23
4.3 Aptitude à l'emploi	15	3 Les principales familles et les techniques	23
4.4 Modalités d'attribution du classement P/MC	15	3.1 Les familles.....	23
5 Dispositions et exigences hors classements		3.2 Les techniques et les quantités mises	
« I/MC » et « P/MC »	15	en œuvre.....	24
5.1 Exigences préalables au classement.....	16	4 Compléments contribuant à la conception de	
5.2 Exigences et dispositions complémentaires.....	16	l'ouvrage applicables aux couches d'usure	
TROISIÈME PARTIE.....	17	incorporées	25
Compléments contribuant à la conception d'un		4.1 Données d'aide à la définition du projet.....	25
ouvrage de sol industriel	17	4.2 Éléments du dossier de consultation.....	25
Chapitre 1 - Compléments communs à tous		4.3 Éléments relatifs aux travaux	25
les ouvrages	17	Annexe 1 - Mesure de la cohésion du béton.....	27
1 Données d'aide à la définition du projet	17	Annexe 2 - Liste des texte de références	31
1.1 Implantation et configuration des locaux.....	17		

PRÉAMBULE

Les locaux industriels se caractérisent par la multiplicité des contraintes qui nécessite de combiner des choix difficiles, à la fois techniques et économiques, parfois antinomiques. Une analyse systématique du processus industriel est donc nécessaire ainsi qu'une définition rigoureuse des exigences qu'impose la situation étudiée.

Les sols constituent une partie importante du projet, la pathologie étant susceptible de rendre le local impropre à sa destination et toute intervention de réparation et de reprise pouvant engendrer le ralentissement ou l'arrêt momentané de l'activité ; en outre, elle peut aussi avoir des effets sur l'environnement de production (poussières, odeurs, ...) et donc sur le processus lui-même.

Le premier des points à prendre en compte est, bien entendu, la qualité du support et son aptitude à l'emploi pour l'usage prévu. À ce propos, l'environnement technico-réglementaire s'est étoffé ces dernières années de nombreux textes. Ces derniers visent à définir les actions et exigences communes à considérer et les règles de dimensionnement pour y répondre ainsi que les modalités communes d'exécution.

On peut notamment citer :

- la norme NF EN 1991-1-1 intitulée « Eurocode 1 - Actions sur les structures – Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments » ;
- la norme NF P 11-213 intitulée « DTU 13.3 – Dallages – Conception, calcul et exécution » et en particulier, sa partie 1 « Cahier des clauses techniques des dallages à usage industriel ou assimilés » ;
- les Avis Techniques pour les bétons de fibres.

Concernant le revêtement ou la couche d'usure incorporée, face à l'absence en France d'outils d'aide à la prescription et aux difficultés que cette situation engendrait, le CSTB a été sollicité, voici déjà dix ans, pour travailler à leur élaboration en concertation avec les professions intéressées.

Ce travail a abouti à la démarche de classement performanciel P/MC des produits. Une première étape a été franchie en novembre 1996 après présentation de la démarche à un panel de maîtres d'ouvrage, de fournis-

seurs de divers types de sols industriels, d'entrepreneurs et de contrôleurs techniques qui l'ont accueillie favorablement. En juin 2000, les critères de classement performanciel P/MC des sols à usage industriel étaient publiés sous forme de référentiel technique dans les Cahiers du CSTB, n° 3232. Il a donné lieu depuis au classement de nombreux procédés et systèmes.

L'expérience acquise après cinq ans de pratique de ce classement et l'entrée en vigueur de la norme européenne harmonisée NF EN 13813 « Matériaux de chapes et chapes – Matériaux de chapes – Propriétés et exigences » et de la norme NF P 11-213 (DTU 13.3) « Dallages – Conception, calcul et exécution » nous ont amenés à le réviser.

Le classement I/MC des locaux et le classement P/MC des revêtements complètent utilement ces normes en proposant des éléments de choix des produits en fonction des contraintes d'usage courantes. Ainsi, l'aptitude à l'emploi d'un sol dans un local se traduit par un classement P/MC du produit au moins égal au classement I/MC du local. Le volet I/MC a été précisé, par niveau, avec les seuils de pression de contact et de fréquence de trafic. Quant au volet P/MC, il propose un classement des produits en fonction de leurs performances évaluées chaque fois que possible sur la base des essais européens (se reporter au e-Cahier du CSTB n° 3562 intitulé « Évaluation performancielle des sols industriels – Classement performanciel P/MC – Référentiel technique »).

Cette révision a été rendue possible grâce à la participation active sur plus de deux ans, d'experts représentant les différentes professions impliquées (industriels, entreprises et contrôleurs techniques). Ils ont pu témoigner de leur expérience du terrain et de l'adéquation des systèmes en œuvre.

De plus, les approches exigencielle et performancielle ont été à cette occasion complétées par la synthèse des points qui sont apparus, aux yeux de ces mêmes experts, comme essentiels pour la réussite et la pérennité de ce type d'ouvrage.

OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

1 Objet

Le présent guide technique s'attache à faire une synthèse des points clefs à considérer lors de la conception et de la mise au point d'un ouvrage de sol industriel.

Il s'inscrit en complément des règles décrites dans les normes et les normes-DTU applicables et ne traite donc pas des dispositions qui relèvent de ces documents.

Il propose des outils simples d'aide à la caractérisation des exigences relatives aux locaux, des performances des revêtements de sol ou des couches d'usure incorporées et de la cohésion des supports.

Il est organisé en trois parties :

- première partie : « Principes généraux de fonctionnement d'un ouvrage de sol industriel » ;
- deuxième partie : « Classement « I/MC » des locaux industriels – Classement « P/MC » des revêtements de sol et des couches d'usure » ;
- troisième partie : « Compléments contribuant à la conception d'un ouvrage de sol industriel ».

2 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux ouvrages destinés aux locaux à usage industriel caractérisés par la prédominance de sollicitations mécaniques et chimiques sévères tels que les entrepôts de stockage, les ateliers de production de l'industrie mécanique, agro-alimentaire, chimique, pharmaceutique, électronique ou mécanique, ..., les hangars aéronautiques, les coopératives agricoles, les imprimeries, ..., quelle que soit la nature du revêtement de sol ou de la couche d'usure.

Il ne traite pas des considérations esthétiques.

Il distingue deux cas :

- 1) les couches d'usure incorporées au béton frais ;
- 2) les revêtements rapportés (adhérents ou désolidarisés) sur béton durci.

PREMIÈRE PARTIE

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE FONCTIONNEMENT D'UN OUVRAGE DE SOL INDUSTRIEL

1 Objet

Les sols constituent une part importante des désordres recensés dans les locaux industriels tant en nombre qu'en coût de réparation : environ 13 % dans les deux cas selon la dernière étude d'ampleur (elle portait sur 1 465 cas sur la période 1986 - 1993) réalisée en France.

Sur la base de cette même étude, les causes de désordres peuvent être classées en trois grandes catégories représentant chacune environ 1/3 des cas recensés :

- le produit : défaut de préconisation, défaut de qualité ;
- le support : résistance mécanique insuffisante, humidité, défaut de préparation ;
- la mise en œuvre : défaut de qualité d'exécution, non respect des préconisations d'emploi des produits.

Dans le cadre de cette même étude, la qualité du dallage, est répertoriée à hauteur de 11 % des cas de désordres pour environ 20 % du coût des réparations. Parmi les causes de pathologie le plus souvent recensées, sont en particulier citées la qualité du béton et les conditions d'exécution (en particulier, les conditions climatiques).

La présente partie a pour objet de rappeler les grands principes de base, déterminants dans la définition d'un ouvrage de sol industriel.

Elle ne traite pas des aspects structurels pour lesquels il conviendra de se reporter à la réglementation et aux documents de référence en vigueur.

2 La définition des besoins et des exigences

Les bâtiments industriels se caractérisent par une grande diversité d'actions et de contraintes qui ont une influence sur le choix de la solution appropriée.

Il appartient au maître d'œuvre, en fonction des besoins exprimés par le maître d'ouvrage et/ou l'exploitant, de préciser l'ensemble des exigences inhérentes au projet étudié. Notamment, celles relatives aux supports, aux délais et aux conditions d'exécution, au système et aux conditions d'exploitation ainsi que celles résultant de l'entretien et de la maintenance.

3 Les données essentielles

Partant de là, l'ouvrage devra être conçu et dimensionné pour y répondre sans désordre.

On distingue trois composantes essentielles dans le bon fonctionnement de l'ouvrage au regard des contraintes recensées : le support, le revêtement de sol ou la couche d'usure incorporée et les joints. Chacune d'entre elles devra nécessairement être prise en compte, au moment des choix, de même que leurs interactions possibles.

Selon le projet, le support est laissé brut, traité en surface avec des granulats durcisseurs ou revêtu. Dans tous les cas, il devra présenter les caractéristiques suffisantes au regard des contraintes d'usage et de la solution choisie.

Parallèlement, le revêtement ou la couche d'usure incorporée devront être aptes à l'emploi sur le support prévu et avoir des performances en adéquation avec les contraintes d'usage auxquelles ils seront soumis.

La conception et le traitement des joints de gros-œuvre et des joints de revêtement doivent être adaptés aux contraintes prévues.

Enfin, la qualité d'exécution contribue aussi directement aux performances de l'ouvrage.

Commentaires : lorsque le support est prévu être laissé brut, il devra être conçu pour résister à ces mêmes contraintes. Ce cas n'est pas traité dans le cadre du présent guide technique, il relève d'une étude particulière.

3.1 Le support

Il supporte et transmet les charges. Il doit donc être conçu en fonction des charges prévues conformément aux textes en vigueur.

Les principales caractéristiques qui déterminent le recours ou non à une couche d'usure incorporée ou à un revêtement de sol et son type sont :

- l'altimétrie ;
- les pentes ;
- l'horizontalité ;
- la planéité ;
- la siccité (teneur en eau) ;
- la rugosité ;
- la propreté ;
- la cohésion de surface ;
- la présence et la nature des fissures.

Cas particulier d'un revêtement adhérent

Dans ce cas l'interface support/revêtement constitue une composante supplémentaire essentielle dans le résultat. En effet, c'est elle qui assure la pérennité de la liaison principalement vis-à-vis des efforts de cisaillement générés par le trafic d'engins et ceux liés aux dilatations différentielles. Elle sera fonction de l'état de surface du support, de sa cohésion et de son mode de préparation ainsi que de la première couche appliquée sur le support.

3.2 Le revêtement de sol ou la couche d'usure incorporée

Les critères de choix et de dimensionnement sont multiples et complexes de par la diversité des contraintes à considérer mais aussi de par la variété des solutions disponibles.

Les propriétés finales du revêtement ou de la couche d'usure incorporée, leurs performances seront d'abord fonction des caractéristiques intrinsèques des matériaux qui le composent.

Mais la solution doit aussi être adaptée aux caractéristiques du support (en particulier, à celles du béton) sur lequel il est prévu de la mettre en œuvre et aux conditions de chantier. Il est du ressort du fabricant de définir la préconisation d'emploi qui en découle (séchage du support, reconnaissance et préparation, conditions d'emploi des produits, notamment limites de température et d'hygrométrie ambiantes) et les délais d'exécution dans les conditions prescrites,).

Les deuxième et troisième parties du présent guide technique vise à fournir quelques informations générales utiles pour une bonne appréhension de la question.

3.3 Les joints

Ils jouent un rôle déterminant dans le bon fonctionnement de l'ouvrage de revêtement de sol et sa pérennité.

3.3.1 Les joints de gros-œuvre

On distingue :

- les arrêts de coulage, également dénommés joints de construction ;
- les joints de retrait ;
- les joints de dilatation et les joints de rupture ;
- les joints d'isolement.

La norme NF P 11-213 (DTU 13.3) propose une définition et décrit les conditions de réalisation de chacun d'entre eux. Elle s'applique en particulier au cas d'un dallage traité par incorporation d'une couche d'usure.

3.3.2 Les joints de revêtement

Dans le cas d'un revêtement de sol, on distingue :

- le joint dit « de fractionnement » qui a pour but de permettre le mouvement sans désordre du revêtement lors de son retrait ou de sa dilatation ; il consiste à fractionner la surface de façon à réduire l'amplitude de mouvement ;
- le joint d'isolement qui a pour but de désolidariser le revêtement des parties fixes de l'ouvrage.

Dans les deux cas, le joint est dimensionné en fonction de la nature et des propriétés du revêtement et de son mode de pose.

3.3.3 Le traitement des joints

Les modalités de traitement des joints dépendent essentiellement :

- de la fonction du joint ;
- des contraintes auxquelles l'ouvrage est prévu être soumis, notamment du point de vue mécanique et thermique ;
- du support en particulier de son âge et de sa cohésion.

Elles nécessitent le plus souvent une étude particulière de la part de la maîtrise d'œuvre.

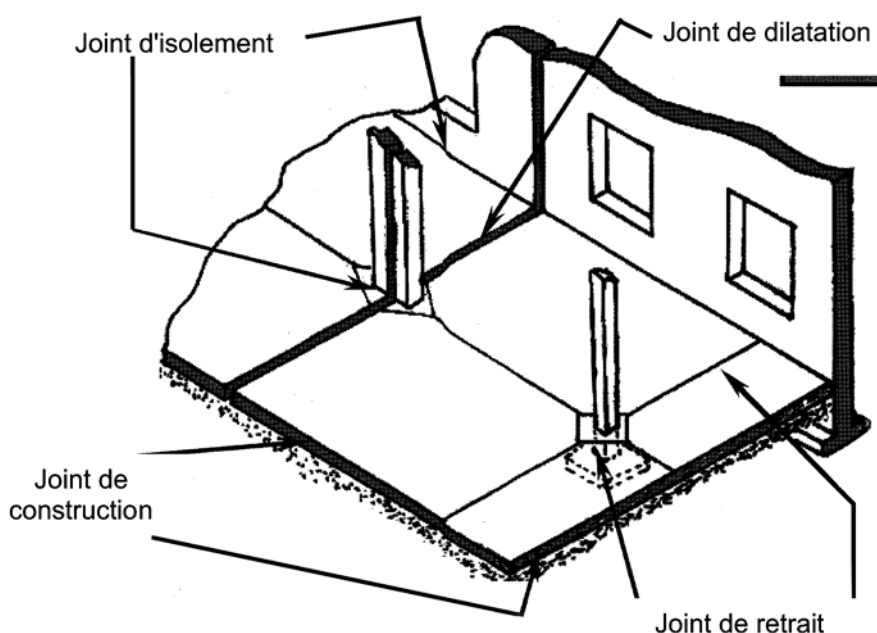
3.4 La qualité d'exécution de l'ouvrage

Sont tout particulièrement à prendre en compte de ce point de vue :

- la qualité et la constance de qualité des produits mis en œuvre ;
- le professionnalisme de l'entreprise et sa maîtrise de la technique considérée ;
- les conditions de réalisation (respect des règles de l'art, conditions ambiantes, délais minimaux d'exécution).

Il faut notamment signaler à cet égard l'adoption en 2005, de la norme-DTU «Dallages».

Les différents types de joints



DEUXIÈME PARTIE

LE CLASSEMENT «I/MC» DES LOCAUX LE CLASSEMENT «P/MC» DES REVÊTEMENTS DE SOL ET DES COUCHES D'USURE INCORPORÉES

Avertissement

Les classements I/MC et P/MC visent à caractériser l'aptitude à l'emploi d'un revêtement de sol ou d'une couche d'usure incorporée au regard des contraintes mécaniques et chimiques courantes que supportent les sols des locaux industriels. Ils s'inscrivent dans l'hypothèse d'un support dimensionné de façon adéquate par rapport à la destination prévue conformément aux règles de l'art ou aux Avis Techniques en vigueur ; ce sont elles qui précisent en particulier les actions et exigences à considérer lors de sa conception et de sa réalisation.

1 Définition et principe de base des classements « I/MC » et « P/MC »

Les locaux industriels se caractérisent par une prédominance, au niveau du sol :

- de sollicitations mécaniques importantes essentiellement dues à des engins roulants fortement chargés, des charges lourdes statiques, des charges mobiles à caractère ripant et des chocs ;
- d'agressions chimiques dues à l'activité même dans le local et à l'entretien.

S'y ajoutent, au cas par cas, des contraintes ou des exigences spécifiques de sécurité incendie, de sécurité d'utilisation (glissance, choc électrique, émanation de polluants : poussières, composés chimiques, ...), de santé, de confort (par exemple, d'acoustique) ou encore liées à l'exposition à la température ou au choc thermique, à des agressions chimiques spécifiques, à l'encrassement par les pneumatiques, à l'entretien (facilité d'entretien, nettoyage au jet sous pression, recours à des agents d'entretien spécifiques, ...).

Les classements I/MC et P/MC visent l'adéquation entre le revêtement ou la couche d'usure incorporée et l'utilisation du local où il sera mis en œuvre.

Le classement I/MC est un outil d'aide à la définition des besoins et des exigences mécaniques et chimiques, le classement P/MC est un outil d'aide à la recherche des solutions techniques présentant les performances mécaniques et chimiques adaptées à ces besoins.

Pour éviter toute confusion :

- le classement des locaux s'exprime par le vocable I(Industriel)/MC ;
- le classement des revêtements et des couches d'usure incorporées s'exprime par le vocable P(Performanciel)/MC.

La lettre (M)

Elle caractérise les sollicitations et parallèlement, les performances mécaniques. Les actions mécaniques considérées sont le choc, le poinçonnement sous charges statiques, le ripage et le roulage.

Elle est affectée de quatre indices, un pour chacune de ces actions ; chaque indice illustre le niveau d'intensité dans le local de la sollicitation qu'il caractérise et, parallèlement, le niveau de performance du revêtement de sol ou de la couche d'usure incorporée vis-à-vis de cette même sollicitation (Cf. articles 3 et 4 ci-après).

La lettre (C)

Elle caractérise les sollicitations chimiques les plus courantes et parallèlement les performances chimiques.

Elle est affectée d'autant d'indices que d'actions chimiques considérées sur le même principe que pour le volet mécanique (Cf. articles 3 et 4 ci-après).

Sur le plan mécanique et chimique, l'aptitude à l'emploi d'un revêtement de sol ou d'une couche d'usure incorporée dans un local à caractère industriel s'exprime par un classement qui doit être au moins égal à celui du local.

Commentaires : il appartient bien entendu au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre et à l'exploitant, au regard des conditions d'exploitation prévues, de déterminer les contraintes et les exigences propres au projet. Les données d'aide à la caractérisation du local au travers du classement I/MC ont pour but de faciliter la définition des niveaux d'exigences mécaniques et chimiques. Les contraintes spécifiques sont considérées en complément au classement d'usage.

2 Domaine d'application

Les classements I/MC et P/MC s'appliquent aux sols des locaux industriels ou assimilés couverts où prédominent de façon courante des sollicitations mécaniques et/ou chimiques sévères.

Commentaires : les sols des locaux à trafic piétonnier prédominant relèvent du classement UPEC.

3 Le classement «I/MC» : l'aide à la caractérisation des locaux

3.1 La notion «I/M», son contenu

Comme décrit précédemment, le classement « I/M » vise à caractériser, sur le plan mécanique, les niveaux d'intensité de sollicitations prévisibles dans le local à revêtir ; il recouvre les sollicitations suivantes :

- 1°. chocs (impacts) ;
- 2°. poinçonnement sous charges isolées statiques ;
- 3°. ripage (ou ripement) ;
- 4°. roulage (usure par abrasion et autres dégradations mécaniques).

Chacune de ces sollicitations est caractérisée par un indice affecté à la lettre « M » variant de 1 à 4 de façon croissante en fonction de son niveau d'intensité comme illustré dans l'exemple qui suit.

D'une façon générale :

- le chiffre 1 correspond à un degré d'agression qualifié de faible ;
- le chiffre 2 à un degré d'agression qualifié de modéré ;
- le chiffre 3 à un degré d'agression qualifié de fort ;

et

- le chiffre 4 à un degré d'agression qualifié d'important.

Ces notions sont précisées ci-après.

Exemple

Un local sera classé I/M3.1.2.4 lorsqu'il se caractérise, respectivement, par :

- 1°. du choc de niveau 3 ;
- 2°. du poinçonnement statique de niveau 1 ;
- 3°. du ripage de niveau 2 ;
- 4°. du roulage de niveau 4.

Pour plus de lisibilité, les niveaux d'intensité de sollicitations peuvent être exprimés comme suit :

I / M

i	p	r	u
3	1	2	4

(« i » pour choc (impact) ; « p » pour poinçonnement ; « r » pour ripage ; « u » pour usure par roulage).

Avertissement : dans ce qui suit, pour chacune des sollicitations mécaniques, un ou plusieurs exemples peuvent être donnés en regard de chaque niveau d'intensité ; ces exemples sont fournis pour illustrer de façon concrète le niveau décrit. Ils ne prétendent pas fixer l'appartenance de l'exemple cité au niveau de sollicitation qui lui est associé ; de même, le niveau de sollicitation s'applique à d'autres que ceux énoncés.

3.1.1 À propos du choc

3.1.1.1 Principes généraux

La chute d'objets sollicite :

- d'une part, le revêtement ou la couche d'usure pouvant aller jusqu'à produire sa dégradation par exemple, avec formation d'éclats ou de fissures ;
- d'autre part, le plan d'adhérence avec, dans ce cas, un risque de décollement ponctuel et d'éclatement local à terme.

L'effet est bien entendu fonction du type de choc. Les principaux paramètres qui le caractérisent sont : la masse, la hauteur de chute de l'objet, la fréquence de chute sur le sol, la géométrie de l'objet (par exemple, angles vifs).

Commentaires

1) Dans le cas de la chute répétée d'un même objet sur le sol, l'incidence de la forme de la partie de l'objet en contact avec le sol apparaît toutefois mineure comparée à l'effet de répétition.

2) Certains cas particuliers de choc peuvent conduire à des contraintes supérieures à celles envisagées ci-après ; ils nécessitent une étude particulière.

3.1.1.2 Niveaux d'intensité de choc

Les niveaux d'intensité de choc sont les suivants.

– Niveau 1

Il est caractéristique d'une intensité de choc qualifiée de faible, c'est-à-dire d'un choc léger qui, de plus, ne se produit qu'exceptionnellement.

– Niveau 2

L'intensité de choc est alors qualifiée de modérée, c'est-à-dire que le choc existe au regard de l'activité prévue dans le local considéré mais qu'il reste occasionnel et faible quant à son énergie.

– Niveau 3

Il est caractéristique d'une intensité de choc qualifiée de forte de par l'énergie développée (par exemple, au regard de la hauteur de chute dans un atelier de montage de fuselage d'avion) ou de par la fréquence de répétition.

– Niveau 4

L'intensité de choc est alors qualifiée d'importante de par l'énergie développée ou de par la fréquence de répétition (comme par exemple, sur le quai de déchargement d'une plateforme de stockage).



L'intensité de choc dans un atelier de maintenance d'avions peut être forte.

3.1.2 À propos du poinçonnement sous charge statique – l'action des charges d'exploitation

3.1.2.1 Principes généraux

Les actions à prendre en compte sont bien entendu fonction de la destination des locaux et notamment des matériels de production, de stockage et de manutention qui y sont prévus mais aussi, des caractéristiques de conception et de dimensionnement du support (il conviendra en particulier de se reporter aux règles en vigueur).

Les actions considérées doivent être précisées dans les documents particuliers du marché.

On distingue les charges uniformément réparties et les charges isolées statiques.

L'action des charges uniformément réparties dépend essentiellement de la capacité de la structure porteuse à les encaisser mais avec, le cas échéant, des pathologies induites sur le revêtement (par exemple en plancher, dans le cas de fissures structurales au droit des appuis). Il appartient au gros-œuvre de justifier d'un dimensionnement adéquat du support conformément aux règles en vigueur.

Les principaux paramètres à considérer pour caractériser l'action des charges isolées statiques, générées par les pieds de rayonnage ou de matériel de production... , sont :

- le maximum de la charge par appui ;
- la pression de contact exercée sur le revêtement ;
- la durée de contact (le plus souvent longue).

En outre, dans le cas du recours à un revêtement de sol, les charges isolées statiques prises en compte lors de la conception du support doivent être connues du lot « revêtement » car elles en conditionnent aussi le choix et notamment, l'épaisseur principalement vis-à-vis des risques de poinçonnement ou de fluage.

Ce sont elles qui vont déterminer le niveau d'intensité de sollicitation à prendre en compte comme énoncé ci-après, sous réserve bien entendu, du dimensionnement adéquat du support par le gros-œuvre.

Commentaire : la norme NF EN 11-213 (DTU 13.3) impose, dans le cas d'un revêtement adhérent, le recours à un dallage armé ; en outre, elle exclut de son domaine d'application les dallages « non armés supportant des charges concentrées fixes ou mobiles créant, sur le polygone enveloppant les centres d'application de chaque charge, à une distance de 4 fois l'épaisseur du dallage, une charge moyenne supérieure à 80 kN/m² ».

En outre, rappelons que dans le cadre de cette même norme-DTU, les valeurs de charges prises en compte par défaut sont :

- pour la charge uniformément répartie, (CUR) 20 kN/m² ;
- pour la charge isolée statique, la valeur de la CUR avec un minimum de 20 kN ;
- et pour la pression de contact, 5 MPa.

3.1.2.2 Niveaux d'intensité de poinçonnement sous charge statique

Les quatre niveaux d'intensité de charges se déclinent de la façon suivante :

– niveau 1 (faible)

Charge isolée statique d'au plus 10 kN par appui et
pression de contact induite d'au plus 5 MPa.

– niveau 2 (modéré)

Charge isolée statique d'au plus 20 kN par appui et
pression de contact induite d'au plus 5 MPa.

– niveau 3 (fort)

Charge isolée statique isolée d'au plus 40 kN par appui et
pression de contact induite d'au plus 10 MPa.

– niveau 4 (important)

Charge statique isolée supérieure à 40 kN par appui et
pression de contact induite d'au plus 10 MPa.

Au-delà de ces dernières valeurs, une étude spécifique est nécessaire.

Cas particulier des couches d'usure incorporées

Étant considéré :

- 1) que la norme NF P 11-213 (DTU 13.3) vise les dallages traités par incorporation d'une couche d'usure ;
- 2) la capacité de la couche d'usure, de par sa nature à base de granulats durcisseurs et de ciment et son incorporation au béton frais par lissages successifs (Cf. Guide technique sols industriels), à résister au fluage et au cisaillement.

Dans le cas particulier des couches d'usure, dès lors que la charge isolée statique (ou charge concentrée fixe) n'excède pas 80 kN et que la surface d'impact de cette charge, de par les dimensions utiles de la platine, est telle que la pression de contact induite est d'au plus 5 MPa, il est considéré que la pression de contact peut être seule retenue pour l'appréciation du niveau de d'intensité de sollicitation.

Dans ces limites de charges et de pression, le niveau d'intensité de poinçonnement retenu, dans l'hypothèse de choix d'une couche d'usure incorporée, au sens du présent guide technique « Sols à usage industriel », est donc le niveau 2.



**Stockage de grande hauteur.
Il faut caractériser l'action des charges isolées statiques
générées par les pieds de rayonnage
ou le matériel de production**

3.1.3 À propos du ripage

3.1.3.1 Principes généraux

Il est généré par le déplacement sur le sol sans roulage, d'une charge par exemple, une palette ou la fourche d'un chariot élévateur ; il provoque une usure par rayure. Il est influencé principalement par la nature du matériau ripant, sa pression de contact sur le sol et la fréquence de contact.

3.1.3.2 Niveaux d'intensité de ripage

Les niveaux d'intensité sont déclinés et illustrés de la façon suivante :

– niveau 1 (faible)

Ripage :

- ne se produisant qu'exceptionnellement ;
- limité à l'action d'un matériau tendre (typiquement, matériau d'une dureté shore A inférieure à 90 ou shore D inférieure à 60) ;
- sous de faibles charges.

Exemple : laboratoire.

– niveau 2 (modéré)

Ripage :

- se produisant occasionnellement ;
- éventuellement sous l'action d'un matériau métallique ;
- sous des charges modérées.

Exemple : allées de circulation entre ateliers.

Commentaires : à titre indicatif, la limite de pression de contact prise en compte pour le classement d'un revêtement en niveau 2 (Cf. e-Cahier du CSTB, cahier 3562) est de 30 N/mm².

– niveau 3 (fort)

Ripage :

- se produisant normalement ;
- généralement sous l'action d'un matériau métallique ;
- sous des charges normales.

Exemple : entrepôt de stockage de produits moyennement lourds.

Commentaires : à titre indicatif, la limite de pression de contact prise en compte pour le classement d'un revêtement en niveau 3 (Cf. e-Cahier du CSTB, cahier 3562) est de 60 N/mm².

– niveau 4 (important)

Ripage :

- se produisant de façon sévère, c'est-à-dire très souvent ;
- avec action systématique de matériaux métalliques ;
- sous des charges qui peuvent être importantes.

Exemple : entrepôt de stockage de produits lourds.

Commentaires : à titre indicatif, la limite de pression de contact prise en compte pour le classement d'un revêtement en niveau 4 (Cf. e-Cahiers du CSTB, cahier 3562) est de 100 N/mm².



Le ripage provoque une usure par rayure profonde.

3.1.4 À propos du roulage

3.1.4.1 Principes généraux

1) Les charges roulantes et leurs effets

Les charges roulantes ont une action sur le sol à l'arrêt et en mouvement :

- à l'arrêt, la charge par roue peut être assimilée à une charge isolée statique (dans certaines situations, l'accumulation de charges peut aussi être assimilée à une charge uniformément répartie, typiquement dans le cas de l'alignement prolongé de plusieurs engins) ;
- en mouvement, lors d'une accélération, d'un freinage, d'un changement brutal de direction ou encore en présence d'obstacle ou d'aspérité sur le sol (par exemple, lors du passage sur un joint entre deux éléments de dalle non affleurants), la charge par roue s'accroît fortement (Cf. textes en vigueur, en particulier, norme NF EN 1991-1-1 et norme NF P 11-213 (DTU 13.3)).

Les effets possibles sur le revêtement sont l'enfoncement sous charge lors du poinçonnement de la roue à l'arrêt, le fluage ou orniérage, l'usure lors du passage répété d'engins, l'encrassement en partie courante, les épaufures des joints sous l'effet du choc tangentiel sur les bords de dalle, ...

Il existe une très grande diversité d'engins roulants dont les effets possibles sur l'ouvrage sont multiples. En effet, de nombreux facteurs interviennent dans leur dimensionnement : fonction de la roue (motrice, directrice, porteuse, stabilisatrice, de guidage), nature, géométrie des roues, nombre de roues, configuration de l'engin (par exemple, simple ou double fourche dans le cas d'un chariot de manutention, avec ou sans conducteur porté, avec ou sans roues stabilisatrices), répartition de la charge, vitesse, mode d'accélération et de freinage (avec ou sans système anti-patinage), ...

2) Les facteurs d'intensité

Afin d'apprécier l'intensité du roulage, il convient tout particulièrement de considérer :

- le maximum de la charge par roue (en effet, la charge est rarement répartie de façon homogène sur chacune des roues) ;
- le maximum de la pression de contact exercée par la roue sur le sol ;
- la fréquence de trafic.

a) La charge par roue

En l'absence d'étude particulière visant à préciser les charges réellement atteintes pour l'engin prévu, par convention, la charge totale portée par roue est obtenue par calcul. Elle est obtenue en divisant la charge par essieu (annoncée par le constructeur de l'engin dans sa fiche technique) au maximum de la capacité de charge, par le nombre total de roues qui équipent l'essieu. C'est ainsi l'essieu qui supporte la plus forte charge qui détermine le maximum de charge par roue caractéristique du niveau d'intensité de sollicitation.

b) La pression de contact exercée par la roue sur le sol

La pression de contact réelle exercée par la roue sur le sol, en partie courante du bandage, est déterminée à partir de la surface de l'empreinte laissée par la roue chargée à la surface du revêtement de sol, conformément aux recommandations de la Fédération européenne de la manutention (FEM).

Outre la charge qui lui est appliquée, elle dépend tout particulièrement de la nature du bandage de la roue et principalement de sa dureté et de sa géométrie.

Duretés conventionnelles : pour la suite, on assimile à un bandage dur un bandage de dureté shore A, supérieure ou égale à 90 ou de dureté shore D, supérieure ou égale à 60. À titre indicatif, en considérant les équipements le plus couramment rencontrés, les matériaux constitutifs des roues dures visés ici sont le polyuréthane dur de type vulkolan® et le polyamide.

En l'absence d'indication particulière, la pression de contact induite normalement attendue, pour les maxima de charge considérés dans le cadre du présent document, est inférieure à 7,5 MPa dans le cas de roues en vulkolan et comprise entre 10 et 15 MPa, dans le cas de roues en polyamide.

Commentaires 1 : la pression exercée par une roue dure est aussi fonction de la géométrie de ses bords (chanfrein) et de leur rayon de courbure. Elle est inversement proportionnelle à ce rayon.

c) Le type de trafic, la fréquence

Outre les données énoncées précédemment, le trafic se caractérise également, dans le cas d'une activité régulière, par le nombre de passages journaliers (N) sur une bande fictive de 4 m de largeur.

Ainsi, en l'absence d'information, on pourra caractériser le trafic de la façon suivante :

- il sera qualifié d'occasionnel pour un nombre de passages par jour N d'au plus 50 ;
- il sera qualifié de courant pour un nombre de passages par jour N d'au moins 50 et d'au plus 250, comme par exemple, dans les locaux de stockage courants ;
- il sera qualifié d'intense pour un nombre de passages par jour N d'au moins 250 comme par exemple sur les plateformes logistiques ; on distingue ici deux

cas : moins de 500 passages par jour et plus de 500 passages par jour.

Commentaire 2 : il convient aussi de considérer les facteurs aggravants que l'environnement peut générer (par exemple, présence de poussières ou d'agents chimiques sur le sol).



Convoyeur automoteur à levée hydraulique.



Patin rouleur 2 essieux à 4 roues polyamide.



Chariot de manutention de l'industrie lourde.



Transpalette avec roues des fourches en vulkolan®.

3.1.4.2 Niveaux d'intensité de roulage

Les niveaux d'intensité de sollicitations liés au roulage pourront finalement être caractérisés, sur la base des différents critères énoncés précédemment, comme décrit dans le tableau 2.4 ci-après.

C'est ainsi que le niveau 1 d'intensité qui, rappelons-le, caractérise un local dans lequel la sollicitation liée au roulage peut être qualifiée de faible, représente typiquement le cas d'une roue à bandage pneumatique, lorsque le trafic est occasionnel, en raison de la faible pression induite.

Parallèlement, le niveau 4 d'intensité, qui caractérise un local dans lequel la sollicitation liée au roulage peut être qualifiée d'importante, représente typiquement le cas d'une roue à bandage dur en raison de la pression de contact élevée exercée par la roue :

- dans le cas d'un trafic intense, quelle que soit la charge qui lui est appliquée ;

- dans le cas d'un trafic courant avec une charge appliquée à la roue élevée.

Commentaires : les cas suivants nécessitent une étude particulière

- *Cas non décrit précédemment, cela concerne en particulier :*
 - *l'emploi d'engins équipés de roues métalliques ou dont la roue exerce une pression de plus de 15 MPa (typiquement roues métalliques) ;*
 - *l'emploi d'engins dont la charge par roue est supérieure à celle indiquée.*
- *Cas d'une pression de contact induite par la roue de plus de 7,5 MPa.*

Aide à la caractérisation des sollicitations mécaniques tableau récapitulatif

I Choc

Tableau 2.1 - Choc

Niveau 1 (i = 1)	Niveau 2 (i = 2)	Niveau 3 (i = 3)	Niveau 4 (i = 4)
Léger et exceptionnel	Faible énergie et occasionnel	Énergie forte ou fréquent (courant)	Énergie importante ou très fréquent

II Charge isolée statique (charge à l'appui)

Tableau 2.2 - Charge isolée statique

	Niveau 1 (p = 1)	Niveau 2 (p = 2)	Niveau 3 (p = 3)	Niveau 4 (p = 4)
Charge par appui	≤ 10 kN	≤ 20 kN	≤ 40 kN	> 40 kN
Pression de contact induite	≤ 5 MPa		≤ 10 MPa	

III Ripage

Tableau 2.3 - Ripage

	Niveau 1 (r = 1)	Niveau 2 (r = 2)	Niveau 3 (r = 3)	Niveau 4 (r = 4)
Niveau de risque d'apparition	Exceptionnel	Occasionnel	Normal	Important

IV Roulage

Dans le tableau ci-après, les chiffres 1 à 4 caractérisent le niveau d'intensité de sollicitation liée au roulage d'engins.

Exemple : dans le cas d'une charge maximale de 2 tonnes appliquée sur une roue à bandage exerçant une pression de contact de 5 MPa et pour une intensité de trafic supérieure à 500 passages par jour, le niveau d'intensité de sollicitation est de 4.

Tableau 2.4 - Roulage

Charge à la roue (kN)		Trafic : nombre de passages par jour sur une bande fictive de 4 m de largeur	Type de bandage ou de roue et pression de contact induite (p)			
			pneumatiques	bandages		
sur pneu	sur bandage		P < 1,5 MPa	P ≤ 3 MPa Exemple : caoutchouc	P ≤ 7,5 MPa exemple : vulkolan®	7,5 < P ≤ 15 MPa exemple : polyamide
≤ 20	≤ 15	occasionnel : moins de 50	1	2	2	étude particulière (1)
		courant : de 50 à 250	2	2	3	
		intense 1 : de 250 à 500	2	3	3	
		intense 2 : plus de 500	3	3	4	
20 < ≤ 40	15 < ≤ 25	occasionnel	1	2	2	
		courant	2	3	3	
		intense 1	2	3	3	
		intense 2	3	3	4	
> 40	25 < ≤ 50	occasionnel	1	2	3	
		courant	2	3	4	
		intense 1	3	3	4	
		intense 2	3	3	4	

(1) : la sollicitation est au moins de niveau 4 ; on aura recours à une étude spécifique de dimensionnement de l'ouvrage global.

3.2 La notion « I/C », son contenu

3.2.1 Principes généraux

Le «I/C» caractérise l'emploi de substances qualifiées ici de courantes dont l'action physico-chimique a une incidence sur la durabilité, provoquant, par exemple, à la surface du revêtement de sol, une altération durable de l'aspect (par exemple, taches indélébiles) ou des propriétés notamment des propriétés mécaniques.

D'une façon générale, l'agression chimique est caractérisée par :

- la nature chimique de chacun des produits susceptibles d'entrer en contact avec le revêtement de sol et pour chacun des produits :
 - sa concentration,
 - la fréquence de contact avec le sol,
 - la durée de contact avec le sol.
- **les produits et nature chimique des produits** : l'ensemble du processus de vie du local doit être considéré comme potentiellement générateur d'agent d'agression du revêtement de sol : production, équipements fixes et matériel roulant (susceptible de générer de l'huile, de l'essence ou du gasoil, du liquide de refroidissement, ...),

entretien des équipements (par exemple, dans le cas de l'industrie agro-alimentaire), entretien des surfaces (du sol au plafond), utilisation de substances spécifiques notamment pour l'entretien du revêtement de sol par exemple, les produits de nettoyage des traces de pneumatiques.

La concentration : elle caractérise le volume de solution active dilué dans l'eau.

Exemple : solution à 5 % signifié 5 volumes de solution active dilués dans 95 volumes d'eau.

La fréquence de contact : elle caractérise la répétition du contact du produit avec le revêtement : accidentel, occasionnel, fréquent ou très fréquent.

Pour plus de commodité, la fréquence de contact pourra être exprimée sur une échelle de 1 à 4 sous la forme :

- 1 pour accidentel ;
- 2 pour occasionnel ;
- 3 pour fréquent ;
- 4 pour très fréquent.

La durée de contact : la durée de contact prévisible doit tenir compte du risque de contact pendant les périodes de fermeture du site et de la rapidité d'intervention de nettoyage en période d'exploitation, par exemple, au plus 6 heures pour une unité fonctionnant en continu (3 × 8 heures) (sur la base d'une intervention d'entretien par équipe).

Ainsi, on pourra qualifier les durées de contact de la façon suivante :

- faible = au plus 6 heures ;
- modérée = au plus 24 heures ;
- prolongée = au plus 48 heures ;
- quasi-permanente = au plus 7 jours.

Pour plus de commodité, la durée de contact pourra être exprimée sur une échelle de 1 à 4 sous la forme :

- 1 pour faible ;
- 2 pour modérée ;
- 3 pour prolongée ;
- 4 pour quasi-permanente.

Commentaires : la température doit être considérée comme un facteur aggravant de même que les dégradations éventuellement produites par les actions mécaniques.

3.2.2 Niveaux d'agression

Pour chaque produit répertorié, le niveau d'agression sera exprimé sur une échelle de 1 à 4 par le degré de sévérité le plus élevé entre celui caractérisant la fréquence et celui caractérisant la durée de contact.

Exemple : pour une fréquence de niveau 2 et une durée de contact de niveau 1, ou vice versa, la valeur caractéristique du niveau d'agression chimique, pour le produit considéré, est 2.

3.2.3 Recueil des besoins

Il appartient au maître d'ouvrage et/ou à l'exploitant de préciser l'ensemble de ces données. Ainsi, le local pourra être caractérisé par : la liste des produits pouvant entrer en contact avec le revêtement de sol, et, par produit :

- le maximum de concentration prévu ;
- la fréquence de contact prévisible ;
- la durée de contact prévisible.

À défaut d'autre support, un exemple de formulaire à renseigner est proposé ci-dessous.

À défaut d'information de ce type sur ce risque, le local sera considéré comme non générateur d'agression chimique pour le revêtement de sol.



Les silos de stockage de produits chimiques (en haut) et l'entrepôt de produits chimiques ci-dessous, illustrent les risques de contact : contact prolongé (en haut), contact accidentel (en bas).

Aide à la caractérisation des sollicitations chimiques

Exemple type de tableau à renseigner par le maître d'ouvrage, le maître d'ouvrage délégué ou l'exploitant

Projet (à préciser)				
Exemple : usine de chimiville				
Local (à préciser)				
Exemple : entrepôt de produits chimiques				
Produit et concentration	Température de contact	Durée de contact 1 = faible, au plus 6 heures 2 = modérée, au plus 24 heures, 3 = prolongée, au plus 48 heures, 4 = quasi-permanente, au plus 7 jours	Fréquence de contact 1 = accidentel 2 = occasionnel, 3 = fréquent, 4 = très fréquent	Niveau d'agression du produit pour le revêtement de sol (résultante)
Exemple : Acide acétique à 10 %	Exemple : 23 °C	Exemple : 2	Exemple : 1	Exemple : 2
Exemple : THF	Exemple : 23 °C	Exemple : 1	Exemple : 1	Exemple : 1
Exemple : Huile de moteur	Exemple : 35 °C	Exemple : 2	Exemple : 3	Exemple : 3

4 Le classement performanciel « P/MC » des revêtements de sol et des couches d'usure incorporées

4.1 Contenu de la notion «P/M»

Le «P/M», en réalité « P/Mipru », recouvre les effets, sur le revêtement de sol ou la couche d'usure incorporée, des sollicitations mécaniques suivantes :

- 1) chocs (impacts), i ;
- 2) poinçonnement sous charge statique répartie et ponctuelle, p ;
- 3) ripage (ou ripement), r ;
- 4) usure par roulage (abrasion et autres dégradations mécaniques), u.

Pour rendre compte du niveau de performance vis-à-vis de chacune des sollicitations mécaniques considérées, le P/M est affecté de quatre indices, chacun variant de 1 à 4 en fonction du niveau de résistance du revêtement vis-à-vis de l'agression mécanique qu'il caractérise.

Exemple

Un revêtement ou une couche d'usure sera classé P/M_{3.1.2.4} lorsqu'il se caractérise, respectivement, par :

- 1) une résistance au choc de niveau 3 ;
- 2) une résistance au poinçonnement sous charge statique de niveau 1 ;
- 3) une résistance au ripage de niveau 2 ;
- 4) une résistance à l'usure par roulage de niveau 4.

Pour plus de lisibilité, les niveaux de performances seront clairement indiqués dans le procès-verbal d'essais au travers du tableau associé au «P/M» :

P/M

i	p	r	u
3	1	2	4

4.2 Contenu de la notion «P/C»

Le «P/C» caractérise l'effet, sur le revêtement de sol ou la couche d'usure incorporée, de l'emploi de substances courantes dont l'action physico-chimique a une incidence sur la durabilité provoquant, par exemple, à la surface du revêtement de sol, des taches indélébiles ou une altération durable des propriétés.

Pour rendre compte du niveau de performance vis-à-vis de chacun des agents d'agression considérés, le «P/C» est affecté d'un indice variant de 0 à 4 en fonction de la résistance du revêtement vis-à-vis de l'agent chimique qu'il caractérise.

Exemple

Un revêtement sera classé P/C_{2.1.3.3.2.1.2.4.4} lorsqu'il se caractérise, respectivement, par :

- une résistance vis-à-vis de l'acide acétique à 10 % de niveau 2 ;
- une résistance vis-à-vis de l'acide sulfurique à 20 % de niveau 1 ;
- une résistance vis-à-vis de la soude caustique à 20 % de niveau 3 ;
- une résistance vis-à-vis des amines de niveau 3 ;
- une résistance vis-à-vis du méthanol de niveau 2 ;
- une résistance vis-à-vis du trichloréthylène de niveau 1 ;

- une résistance vis-à-vis de l'essence de niveau 2 ;
- une résistance vis-à-vis de l'huile de moteur de niveau 4 ;
- une résistance vis-à-vis du liquide de frein de niveau 4.

Comme illustré précédemment, neuf agents d'agression courants sont systématiquement considérés chacun caractérisant un groupe chimique ; par commodité, on peut les classer en trois catégories : la catégorie « a » qui regroupe les acides, la « b » qui regroupe les bases et les amines et la « s » qui regroupe les alcools, les hydrocarbures halogénés, l'essence, l'huile moteur et le liquide de frein.

Pour plus de lisibilité, les niveaux de performances seront clairement indiqués dans le procès-verbal d'essais au travers du tableau associé au «P/C» :

P/C

a1	a2	b1	b2	s1	s2	s3	s4	s5
2	1	3	3	2	1	2	4	4

- a1 = acide acétique à 10 % ;
- a2 = acide sulfurique à 20 % ;
- b1 = soude caustique à 20 % ;
- b2 = amines ;
- s1 = méthanol ;
- s2 = trichloréthylène ;
- s3 = essences ;
- s4 = huile de moteur, s5 = liquide de frein.

4.3 Aptitude à l'emploi

Pour pouvoir prétendre au classement P/MC, le revêtement ou la couche d'usure incorporée doit présenter un certain nombre de dispositions qui sont essentiellement fonctions de son type, de son mode de pose et de sa destination.

Ces dispositions, aussi appelées caractéristiques d'aptitude à l'emploi, sont par exemple l'adhérence, la porosité de surface (ou perméabilité à l'eau), la tenue à l'eau, la tenue à une température minimale.

4.4 Modalités d'attribution du classement P/MC

Elles font l'objet du *Cahiers du CSTB* n° 3562 « Évaluation performancielle des sols industriels – Classement performanciel P/MC – Référentiel technique ».

5 Dispositions et exigences hors classements « I/MC » et « P/MC »

Outre les exigences mécaniques et chimiques communes relevant du classement I/MC, la mise au point d'un ouvrage de revêtement de sol industriel nécessite la prise en compte des exigences réglementaires et d'autres préoccupations techniques qui sont fonction de l'activité dans le local à revêtir, de la configuration du local, de la nature du support, de la gestion des travaux (planning), de la gestion du local en service (notamment de son entretien et de sa maintenance).

Il appartient là encore au maître d'ouvrage, à l'exploitant et au maître d'œuvre de préciser ces exigences. Chaque fois que possible, elles le seront par référence aux règlements, normes et autres textes en vigueur.

La réponse apportée par le revêtement ou la couche d'usure incorporée peut être évaluée au travers d'essais de type spécifiques, en complément aux essais de clas-

On distingue les exigences préalables et les exigences complémentaires ; ces dernières peuvent être déclinées en exigences à caractère réglementaire et autres dispositions comme décrit ci-après.

Elles déterminent le choix de la technique et la nature des travaux.

- la planéité ;
- l'adéquation au support typiquement en termes d'adhérence (mais aussi au regard de sa déformabilité par exemple, dans le cas d'un plancher, ...) ;
- la perméabilité de surface.

Elles sont fonction des spécificités d'emploi liées à l'activité dans le local.

- la sécurité incendie ;
- la sécurité d'utilisation (glissance, sécurité électrique) ;
- l'impact sanitaire ;
- l'hygiène ;
- la protection contre le bruit.

- l'aptitude au nettoyage ;
- la résistance à des agents chimiques spécifiques ;
- la résistance à la tache spécifique,
- la tenue à une température spécifique ;
- la tenue au choc thermique ;
- la résistance à l'encrassement par les pneumatiques ;
- la tenue au patinage de roue.

Ces dispositions doivent être prévues et définies par le maître d'œuvre sur la base des informations communiquées par le maître d'ouvrage et l'exploitant.

Il est apposé sous la responsabilité du fabricant dans les conditions prévues par la partie harmonisée (annexe ZA) de la norme de produits qui s'applique.



le Centre de Construction

ENVELOPPE ET REVÊTEMENTS

Revetements de sol

**Procès-verbal de Classement Performanceil PIMC
selon e-Cahier CSTB n°3552***

Procès-verbal n°RT99-26009909 du 30 octobre 2006
— valable 5 ans jusqu'au 30 octobre 2011, sauf annulation ou modification —

REVÊTEMENT DE SOL A USAGE INDUSTRIEL

Système SOUNREV SL4, épaisseur nominale 4 mm

SYSTÈME PRÉSENTÉ PAR :	SOLNREV 21 Chemin de la closerie F-40000 LA VILLE
FORMULATEUR CONCEPTEUR :	SOLNREV
DESCRIPTION DU SYSTÈME :	

Système de revêtement de sol à base de résine synthétique bi-composants comprenant :

- le primaire constitué du mélange de résine époxydique + durcisseur primaire + et de sable calibré de granulométrie 0,4-0,5 mm, en rapport 1/1, appliquée à raison de 2 kg/m², et saupoudrée de sol de granulométrie 0,4-0,5 mm à raison, de 1,2 mm de hauteur;
- la couche de maigre constituée du mélange de résine époxydique + Solnrev maigre + et de sable calibré de granulométrie 0,4-0,5 mm, en rapport 1/1, appliqué à raison de 3 kg/m², et saupoudrée de sol de granulométrie 0,4-0,5 mm de hauteur;
- la couche de regarnissage constituée du mélange de résine époxydique + Solnrev résine regarnissage +, appliquée à raison de 800 g/m²

CSTB

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

ENVELOPPE ET REVÊTEMENTS

Rendements de sol

Procès-verbal de Classement Performancier P/MC selon «Cahier CSTB n°3562»

Procès-verbal n°99-26009999 du 31 novembre 2006

— valable 5 ans jusqu'au 31 novembre 2011, sauf annulation ou modification —

COUCHE D'USURE À USAGE INDUSTRIEL

CU SPECIMEN PV

appliquée par saupoudrage à 6 kg/m²

SYSTÈME PRÉSENTÉ PAR :

XXXX

(adresse)

P (code postal) (ville)

FABRICANT :

XXXX

DESCRIPTION DU SYSTÈME :

Couche d'usure à base de mélanges de granulats constituée de la poudre petite à l'emploi « CU SPECIMEN PV » mise en œuvre sur béton frais par saupoudrages manuels à raison de 6 kg/m² et incorporée par frottes mécaniques successives.

CARACTÉRISTIQUES OBTENUES selon Rapport d'Essais annexé n°RSET-99-26009999 du 31 novembre 2006

Caractéristiques d'identification :

quantité nominale appliquée : 6 kg/m²

Classement performancier du système obtenu, dans les conditions normales de température et d'humidité :

P/M

1	2	3	4
2	2	2	3

P/C

at	at	at	at	at	at	at	at	at	at
1	1	3	3	3	3	3	3	3	3

"1" pour classe élevée ; "2" pour performant ; "3" pour moyen ; "4" pour classe peu performante

at = usure usagée à 10%, at2 = usure profonde à 20%

at3 = usure usagée à 30%, at4 = usure à l'usure à 40%

at5 = usure usagée à 50%, at6 = usure usagée à 60%, at7 = usure usagée à 70%, at8 = usure usagée à 80%, at9 = usure usagée à 90%, at10 = usure usagée à 100%

at11 = usure usagée à 110%, at12 = usure usagée à 120%, at13 = usure usagée à 130%, at14 = usure usagée à 140%, at15 = usure usagée à 150%

at16 = usure usagée à 160%, at17 = usure usagée à 170%, at18 = usure usagée à 180%, at19 = usure usagée à 190%, at20 = usure usagée à 200%

at21 = usure usagée à 210%, at22 = usure usagée à 220%, at23 = usure usagée à 230%, at24 = usure usagée à 240%, at25 = usure usagée à 250%

at26 = usure usagée à 260%, at27 = usure usagée à 270%, at28 = usure usagée à 280%, at29 = usure usagée à 290%, at30 = usure usagée à 300%

at31 = usure usagée à 310%, at32 = usure usagée à 320%, at33 = usure usagée à 330%, at34 = usure usagée à 340%, at35 = usure usagée à 350%

at36 = usure usagée à 360%, at37 = usure usagée à 370%, at38 = usure usagée à 380%, at39 = usure usagée à 390%, at40 = usure usagée à 400%

at41 = usure usagée à 410%, at42 = usure usagée à 420%, at43 = usure usagée à 430%, at44 = usure usagée à 440%, at45 = usure usagée à 450%

at46 = usure usagée à 460%, at47 = usure usagée à 470%, at48 = usure usagée à 480%, at49 = usure usagée à 490%, at50 = usure usagée à 500%

at51 = usure usagée à 510%, at52 = usure usagée à 520%, at53 = usure usagée à 530%, at54 = usure usagée à 540%, at55 = usure usagée à 550%

at56 = usure usagée à 560%, at57 = usure usagée à 570%, at58 = usure usagée à 580%, at59 = usure usagée à 590%, at60 = usure usagée à 600%

at61 = usure usagée à 610%, at62 = usure usagée à 620%, at63 = usure usagée à 630%, at64 = usure usagée à 640%, at65 = usure usagée à 650%

at66 = usure usagée à 660%, at67 = usure usagée à 670%, at68 = usure usagée à 680%, at69 = usure usagée à 690%, at70 = usure usagée à 700%

at71 = usure usagée à 710%, at72 = usure usagée à 720%, at73 = usure usagée à 730%, at74 = usure usagée à 740%, at75 = usure usagée à 750%

at76 = usure usagée à 760%, at77 = usure usagée à 770%, at78 = usure usagée à 780%, at79 = usure usagée à 790%, at80 = usure usagée à 800%

at81 = usure usagée à 810%, at82 = usure usagée à 820%, at83 = usure usagée à 830%, at84 = usure usagée à 840%, at85 = usure usagée à 850%

at86 = usure usagée à 860%, at87 = usure usagée à 870%, at88 = usure usagée à 880%, at89 = usure usagée à 890%, at90 = usure usagée à 900%

at91 = usure usagée à 910%, at92 = usure usagée à 920%, at93 = usure usagée à 930%, at94 = usure usagée à 940%, at95 = usure usagée à 950%

at96 = usure usagée à 960%, at97 = usure usagée à 970%, at98 = usure usagée à 980%, at99 = usure usagée à 990%, at100 = usure usagée à 1000%

at101 = usure usagée à 1010%, at102 = usure usagée à 1020%, at103 = usure usagée à 1030%, at104 = usure usagée à 1040%, at105 = usure usagée à 1050%

at106 = usure usagée à 1060%, at107 = usure usagée à 1070%, at108 = usure usagée à 1080%, at109 = usure usagée à 1090%, at110 = usure usagée à 1100%

at111 = usure usagée à 1110%, at112 = usure usagée à 1120%, at113 = usure usagée à 1130%, at114 = us

TROISIÈME PARTIE

COMPLÉMENTS CONTRIBUANT À LA CONCEPTION D'UN OUVRAGE DE SOL INDUSTRIEL

Cette troisième partie vise à compléter les deux précédentes sur un certain nombre de points qu'il est apparu utile aux experts de rappeler en raison de leur caractère déterminant pour la conception de l'ouvrage.

Il ne s'agit là en aucun cas d'une liste exhaustive mais d'un recueil de points sur lesquels le groupe d'experts a souhaité tout particulièrement attirer l'attention des intervenants.

Il ne préjuge en rien de ce qui sera demandé au cas par cas en fonction du projet par le maître d'ouvrage, l'exploitant et le maître d'œuvre.

CHAPITRE 1 COMPLÉMENTS COMMUNS À TOUS LES OUVRAGES

1 Données d'aide à la définition du projet

Afin de préciser ou compléter les données de caractérisation des locaux couvertes par le classement I/MC ou bien celles relevant des dispositions et exigences préalables et complémentaires au classement, il appartient au maître d'ouvrage, à l'exploitant, au maître d'œuvre et à l'entreprise de considérer, en particulier, les volets suivants.

1.1 Implantation et configuration des locaux

Il faut veiller en particulier à distinguer les zones à usage industriel (par exemple, ateliers de production ou entrepôts) des autres zones (typiquement locaux administratifs) qui relèvent sur le plan codificatif et réglementaire d'exigences différentes.

Chaque zone d'activité industrielle doit être considérée de façon spécifique. En effet, les actions à prendre en compte et leurs niveaux d'intensité peuvent s'avérer distincts comme par exemple, entre les locaux de stockage et les ateliers ou encore, entre les circulations et les ateliers.

1.2 Principales caractéristiques des équipements

2.1.2.1 - Engins roulants

Les principales caractéristiques des engins prévus, notamment les engins de manutention, doivent être connues :

- type de matériel ou d'engin ;
- nombre d'essieux, nombre et disposition des roues par essieu ;
- disposition de la charge ;
- poids total en charge ou poids à vide et capacité nominale de charge ;
- charge par roue ;
- nature et géométrie des roues ou bandages de roues ;
- vitesse maximale ;

De même, par type ou zone, une indication du nombre de passages par jour prévisible doit être donnée.

De la même façon et chaque fois que possible, les équipements prévus pour l'entretien seront aussi précisés.

2.1.2.2 - Équipements de production et de stockage

Les principales caractéristiques des équipements prévus, en particulier, machines de production et rayonnages doivent être connues :

- type d'équipement ;
- poids total en charge ou poids à vide et capacité nominale de charge ;
- charge par appui (par exemple par pied) et disposition ;
- dimension des platines avec interposition ou non d'une plaque de répartition.

1.3 Caractéristiques du support

Outre les préconisations du cahier des clauses spéciales de la norme-DTU ou du document codificatif en vigueur opposable en fonction du support considéré, les dispositions suivantes s'appliquent.

Il conviendra d'indiquer :

- la nature et l'implantation par zone d'activité des différents supports ;
- leur localisation ;
- leur configuration notamment vis-à-vis du risque d'humidité (sur terre-plein, altitude, ...) ;
- les tolérances d'exécution en ce qui concerne :
 - l'altimétrie,
 - l'horizontalité,
- la planéité (déflexion maximale par exemple sous la règle de 2 m et sous la règle de 0,20 m).

Les données de conception et de dimensionnement du support doivent pouvoir être communiquées à l'entreprise.

Cas d'un support béton

On se référera aux normes-DTU en vigueur lorsqu'elles sont applicables notamment (norme NF P 18-201 - DTU 21 et norme NF P 11-213 - DTU 13.3).

Le calcul devra aussi prendre en compte le risque de fissuration au regard des contraintes d'exploitation.

L'ensemble des plans descriptifs de l'ouvrage devront être fournis et notamment :

- les plans d'implantation des joints de gros-œuvre ;
- les plans d'implantation des traversées du support (gaines, évacuations, ...) ;
- les plans descriptifs des autres points singuliers (pentes, caniveaux, ...) chaque fois que disponibles : pieds de parois ou de cloisons, ...

En outre, en fonction de la technique choisie, revêtement ou couche d'usure incorporée, il conviendra de renseigner les points particuliers énoncés au chapitre correspondant du présent document.

1.4 Planning prévisionnel des travaux

Il constitue une donnée capitale déterminante dans le choix des solutions à mettre en œuvre et des conditions d'exécution en particulier en ce qui concerne :

- les délais possibles d'exécution des travaux ;
- les conditions de chantier (typiquement la température ou l'humidité relative de l'air, la température de surface ou la teneur en eau du support) prévisibles au moment de la réalisation qui participent aussi aux choix techniques.

Il convient de se reporter au chapitre correspondant (ci-après) pour identifier, en fonction de la technique choisie, revêtement ou couche d'usure incorporée, les points particuliers à renseigner.

1.5 Contrôles à prévoir

Il appartient au maître d'œuvre de préciser, selon l'importance de l'ouvrage et les possibilités de réparation ultérieure ou non, les contrôles requis en cours de travaux et en réception ainsi que les conditions de ces contrôles le cas échéant (méthode, nombres de prises d'essai, localisation, intervenant, exigence).

Le présent guide technique recommande, dans le cas particulier des revêtements, certains contrôles (Cf. chapitre ci-après).

2 Éléments du dossier de consultation

Le dossier de consultation des entreprises devra notamment préciser les points qui suivent.

2.1 Concernant les locaux

- les contraintes mécaniques et chimiques d'usage par exemple au travers du classement I/MC du local ou des valeurs caractéristiques de chacune des notions couvertes par ce classement (Cf. deuxième partie, du présent document) ;
- les autres dispositions et exigences notamment celles énoncées en deuxième partie, du présent document ;
- les données supplémentaires d'aide à la définition du projet notamment celles énoncées précédemment.

2.2 Concernant le support

Outre les exigences du Cahier des clauses spéciales (CCS) de la norme DTU ou de l'Avis Technique qui s'applique, on se reportera au chapitre ci-après correspondant.

Rappel : dans le cas particulier d'un support béton, il convient de préciser la résistance caractéristique en compression conformément à la norme NF EN 206.

2.3 Concernant le revêtement ou la couche d'usure incorporée

Se reporter au chapitre ci-après correspondant qui précise, en fonction de la technique choisie, les données à renseigner.

3 Éléments relatifs aux travaux

Outre les prescriptions du marché et des textes codificatifs applicables au revêtement ou à la couche d'usure incorporée choisi, des recommandations particulières s'appliquent dans le cas d'un revêtement de sol. Se reporter au chapitre ci-après correspondant.

CHAPITRE 2

CAS D'UN REVÊTEMENT DE SOL

1 Objet

Le présent chapitre vise à préciser, en application et en complément des recommandations précédemment décrites, les dispositions particulières à prévoir dans le cas d'un revêtement.

2 Généralités

On désigne ici par revêtement tout procédé destiné à être rapporté sur béton durci de sorte à lui conférer certaines propriétés de résistance mécanique (par exemple : résistance à l'usure, au ripage, au choc), de résistance chimique, d'esthétique ou de planéité.

2.1 Les matériaux constitutifs

Les propriétés finales du revêtement, ses performances seront d'abord fonction des caractéristiques intrinsèques des matériaux qui le composent comme illustré de façon synthétique dans le tableau ci-dessous. D'autres caractéristiques peuvent entrer en ligne de compte. Elles ne sont pas reprises ici.

Caractéristiques des matériaux constitutifs	Principales propriétés influencées pour le revêtement fini
Nature chimique des constituants : liant et charges	<ul style="list-style-type: none"> • Résistances chimiques • Conductibilité thermique
Caractéristiques physico-chimiques du liant	<ul style="list-style-type: none"> • Module d'élasticité • Résistances mécaniques sous charges
Granulométrie et répartition granulométrique de la charge	<ul style="list-style-type: none"> • Épaisseur • Résistances mécaniques sous charges
Rapport liant / charges	<ul style="list-style-type: none"> • Retrait • Module d'élasticité • Coefficient de dilatation thermique
Caractéristiques mécaniques du mélange : <ul style="list-style-type: none"> – flexion – compression – module élastique 	<ul style="list-style-type: none"> • Résistances mécaniques • Résistance à la température et au choc thermique • Retrait
Caractéristiques thermiques du mélange : <ul style="list-style-type: none"> – conductibilité thermique – coefficient de dilatation thermique 	<ul style="list-style-type: none"> • Résistance à la température et au choc thermique

2.2 L'épaisseur

L'épaisseur minimale du revêtement est déterminante :

- sur ses propriétés mécaniques : résistance sous charge isolée statique ou dynamique, tenue au choc ;
- sur ses propriétés thermiques : conductibilité thermique et par là même, sur la pérennité de l'adhérence au support.

2.3 Le système de revêtement

Un ouvrage de revêtement de sol est rarement constitué d'une seule couche ou d'un seul élément : les revêtements manufacturés adhérents nécessitent pour le moins le recours à des produits de collage et de jointoiement adaptés, les revêtements réalisés in-situ associent le plus souvent un primaire, une couche de masse et une couche de finition. Les performances finales (adhérence, résistances mécaniques, résistances superficielles) résultent de la combinaison d'actions liées à la fonction de chacune des couches ou de ces éléments, c'est la notion de système.

3 Les principales familles

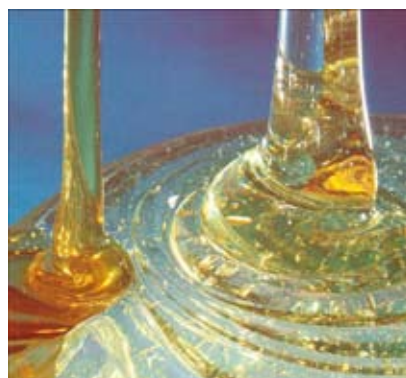
On distingue principalement les familles suivantes.

3.1 Les revêtements de sol adhérents

Ils sont destinés à être posés solidaires du support et sont illustrés par les exemples qui suivent.

3.1.1 Les systèmes à base de résine de synthèse

Il s'agit d'un ensemble ordonné, d'une ou plusieurs couches rapportées sur le support, dont la combinaison d'actions est conçue pour atteindre les performances requises pour l'usage prévu. Chaque couche est mise en œuvre par épandage, étalement et/ou talochage d'un mélange composé d'un liant à base de résine de synthèse (résine époxydique, polyuréthane, polyméthacrylate de méthyle, polyester, ...) avec ou sans pigment, de charges et/ou d'adjuvants spéciaux et éventuellement de granulats, avec ou sans incorporation d'éléments décoratifs.



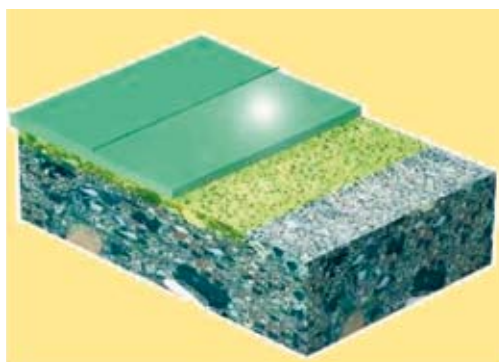
Résine bicomposant : résine et durcisseur.

Chacune est définie dans sa nature, sa composition et ses conditions d'emploi.

On distingue principalement :

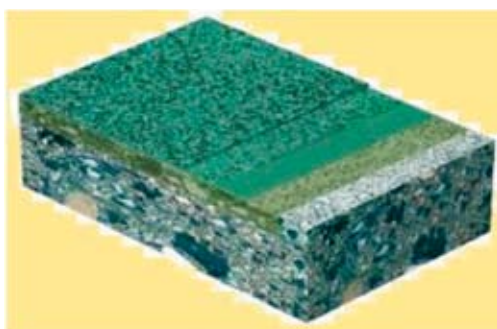
- les systèmes autolissants qui présentent une surface lisse. Ces systèmes sont généralement constitués d'un primaire ou d'un ravaillage (ou couche d'égalisation), d'une couche de masse et/ou d'une couche de surface

chargée et éventuellement d'une couche de finition. Ils sont généralement appliqués en épaisseur de 1 à 4 mm ;



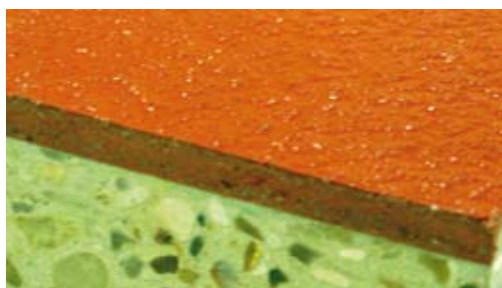
Système autolissant.

- les systèmes multicouches qui présentent une surface rugueuse de par l'incorporation de charges de sables siliceux. Ces systèmes sont généralement constitués d'un primaire, d'une couche de masse à base de résine autolissante ou de mortier saupoudrée de quartz, d'une couche de surface obtenue par regarnissage et éventuellement d'une couche de finition. Selon la taille des charges et la quantité de résine de regarnissage, ils peuvent être plus ou moins rugueux. Ils sont appliqués en épaisseur de 2 à 5 mm.



Système multicouche.

- les systèmes en mortier taloché dont le mélange liant et granulats constitue la couche de masse. Ils peuvent être revêtus d'une couche de finition. Ils sont généralement appliqués en épaisseur de 5 à 10 mm. On peut citer les mortiers dont le liant est entièrement composé de résine époxydique et ceux dont il est composé d'un mélange de résine et de ciment par exemple polyuréthane / ciment ou époxy / ciment.



Mortier taloché à liants mixtes constitués d'un mélange de résine et de ciment.

3.1.2. Les systèmes à base de liant ciment

Ils comprennent généralement une couche d'imprégnation et une couche de masse, elle-même constituée d'un mortier formulé autonivelant, prêt à l'emploi, mis en œuvre en une ou deux couches selon l'épaisseur souhaitée. Ils sont généralement appliqués en épaisseur de 5 à 15 mm.



Système à base de liant ciment.

3.1.3 Les systèmes de carrelages collés ou scellés

Ils sont constitués de revêtements de sol en carreaux céramiques ou analogues, du mortier de scellement ou du mortier colle, du produit de jointoiement entre carreaux et éventuellement d'une chape d'interposition.



Système de carrelage.

3.1.4 Les systèmes de revêtements de sol résilients collés

Ces systèmes sont constitués d'un revêtement de sol résilient manufacturé généralement à base de polychlorure de vinyle ou de caoutchouc, de la colle pour son collage en plein, du produit de traitement des joints entre lés et le cas échéant d'un ouvrage d'interposition.

3.1.5 les systèmes présentés sous forme de chape rapportée adhérente

On peut citer ici à titre d'exemple :

- les chapes magnésiennes ;
- les chapes à base de mortier de ciment alumineux.



Chape à base de mortier de ciment alumineux.

3.2 Les revêtements de sol désolidarisés

Ils sont destinés à la pose directe, non adhérente, sur le support.

Ce sont par exemple :

- les carrelages scellés sur chape désolidarisée ;
- les chapes d'asphalte ;
- les dalles de PVC à assemblage par queue d'aronde.

4 Compléments contribuant à la conception de l'ouvrage applicables aux revêtements

En application ou en complément des données générales énoncées au chapitre 3, les dispositions suivantes s'appliquent dans le cas d'un revêtement de sol.

4.1 Données d'aide à la définition du projet

4.1.1 Concernant le support

Outre les éléments d'information énoncés au chapitre 1, il conviendra en particulier d'indiquer :

- la configuration du support notamment vis-à-vis du risque d'humidité (altitude, sur terre-plein, ...) ;
- l'état de surface, par exemple « brut de règle », surfacé (taloché) ou lissé dans le cas d'un support béton.

En outre, dans le cas d'un support béton, les données dont la connaissance est indispensable à l'entreprise de revêtement de sol et qu'il appartient donc au gros-œuvre de communiquer sont aussi :

- la résistance caractéristique en compression du support ;
 - La résistance en compression est déterminée par référence à la norme « béton » NF EN 206-1 ; la résistance caractéristique est la valeur de résistance au-dessous de laquelle ne peuvent se situer qu'au plus 5 % de la population de tous les résultats de mesure possibles effectués pour le volume de béton considéré ;
- la valeur caractéristique de résistance en cohésion de surface attendue ;
 - Le béton doit être choisi de sorte à avoir une cohésion moyenne, vérifiée à l'aide d'un essai de traction perpendiculaire (cf. annexe 1) à 28 jours minimum dans l'air d'au moins 1,5 MPa.

- La valeur prescrite devra être spécifiée dans les Documents particuliers du marché (DPM) ; les DPM devront également faire référence à l'annexe 1 du présent guide technique.

4.1.2 Concernant le planning prévisionnel des travaux

Outre celles énoncées au chapitre 3, certaines données sont particulièrement déterminantes dans le cas d'un ouvrage de revêtement de sol, il s'agit de :

- la date de réalisation et donc l'âge du support ;
- l'humidité du support ;
- les conditions prévisibles de chantier (voir encadré ci-après) et notamment :
 - la température ambiante,
 - le taux d'hygrométrie ambiante,
 - la température du support.

4.1.3 Concernant les contrôles

Parmi les contrôles qui peuvent être éventuellement requis par le maître d'ouvrage en application de l'article 1.5 du chapitre 1, doivent être tout particulièrement considérés les contrôles suivants :

- cohésion de surface du support ;
- adhérence du revêtement.

Commentaires : lorsque la réalisation d'une planche d'essai est requise par les pièces de marché, elle sera systématiquement assortie d'une campagne d'essais d'adhérence.

4.2 Éléments du dossier de consultation

Outre les dispositions prévues au chapitre 1, les recommandations suivantes s'appliquent.

Le dossier de consultation des entreprises de revêtement de sol devra notamment préciser les points suivants.

4.2.1 Concernant le support

- la valeur caractéristique de cohésion de surface attendue après un délai de prise minimum de 28 jours dans l'air.

4.2.2 Concernant le revêtement

- la famille de revêtement de sol prévue ;
- s'il s'agit d'un revêtement rapporté : son épaisseur nominale, ses dimensions le cas échéant.

4.3 Éléments relatifs aux travaux

Outre les dispositions générales énoncées au chapitre 1, les recommandations particulières suivantes s'appliquent dans le cas d'un revêtement de sol rapporté adhérent.

4.3.1 Concernant le support

Lorsqu'un essai de vérification de la cohésion de surface est demandé en application des dispositions de l'article 4.1.1 précédent, il est réalisé conformément à l'annexe 1.

En outre, dans le cas du recours à un primaire d'accrochage, le choix de ce dernier devra être adapté à la nature et à la porosité du support.

4.3.2 Vérification de l'adhérence

Lorsqu'un essai d'adhérence est demandé, il est réalisé conformément à la méthode décrite.

Dans tous les cas, la rupture doit être cohésive dans le support.

L'influence des conditions ambiantes

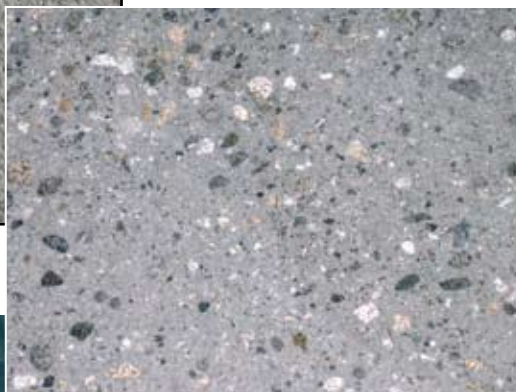
La température ambiante et celle du support conditionnent les possibilités d'emploi des produits formulés d'une façon générale que ce soit les produits de revêtement préparés et coulés sur site ou les colles et mortiers colles employés pour le collage des revêtements manufacturés car elles influencent directement la viscosité des mélanges. En deçà de la température limite, les mélanges sont plus difficiles à préparer et à « tirer » ce qui peut conduire à des irrégularités d'aspect, d'étalement et donc d'épaisseur, voire à un défaut d'accroche ; de plus, la prise s'en trouve ralentie ce qui peut fortement affecter les résistances au délai de mise en service. Au-delà, la prise est accélérée avec là encore un risque induit d'irrégularités de surface, de fâiencage, de difficultés d'étalement ou d'accroche.

De plus, dans des conditions particulières de température et d'hygrométrie ambiante, il existe un risque de condensation sur le sol, c'est le point de rosée.

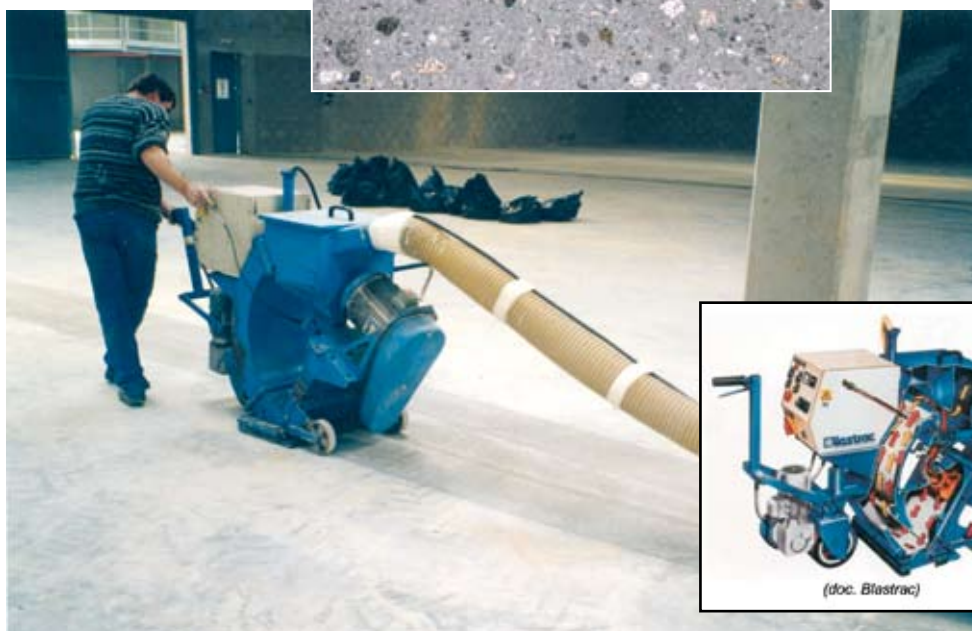
L'hygrométrie ambiante est un facteur très sensible lors de la préparation et la mise en œuvre des mélanges, jusqu'à la mise en service, de certains produits formulés car l'humidité peut perturber fortement le processus de prise particulièrement lorsqu'il s'agit d'une polymérisation.



Avant grenaillage



Après grenaillage



La préparation de la surface a une influence déterminante sur le résultat de la cohésion de surface du support.

CHAPITRE 3

CAS D'UNE COUCHE D'USURE INCORPORÉE

PRÉAMBULE

Le dallage est soumis à une usure dont l'origine est fonction de l'activité dans le local : roulage d'engins de manutention, ripage d'équipements métalliques (par exemple de certains casiers), choc, ... Cette usure est normale et inévitable (cf. annexe F de la norme NF P 11-213 (DTU 13.3)). Elle est aggravée en cas d'irrégularités de surface : écarts de planéité, bosses, pianotage au droit d'une fissure ou d'un joint, ... et d'un trafic défini comme par exemple dans les locaux de stockage de grande hauteur.

Certains choix sont déterminants et permettent de limiter cette usure, notamment celui :

- des produits (béton et couche d'usure incorporée) qui doivent être adaptés à l'activité ;
- de l'entreprise qui doit être expérimentée au regard des produits et du type de chantier ;
- des modalités de traitement des points singuliers.

Le classement performanciel P/MC constitue un outil de caractérisation et d'aide au choix des produits industriels prêts à l'emploi destinés à la réalisation de couches d'usure. Il est attribué sur la base d'essais réalisés sur des maquettes confectionnées en laboratoire avec les constituants et dans les conditions d'emploi des produits, notamment les dosages, décrits en annexe au rapport d'essais. Il n'est pas opposable à un essai in-situ.

Les variations de teinte sont inhérentes au procédé d'exécution des couches d'usure incorporées à base de liant hydraulique.

1 Objet

Le présent chapitre vise à préciser, en application et en complément des recommandations décrites au chapitre 3, les dispositions particulières à prévoir dans le cas d'une couche d'usure incorporée.

2 Généralités

On désigne, par couches d'usure, les procédés constitués d'un mélange de granulats durcisseurs, de ciment, d'additifs ou d'adjuvants destinés à être incorporés au béton frais de façon à lui conférer certaines propriétés de résistance mécanique, d'esthétique ou de planéité. La couche d'usure incorporée est un élément constitutif du dallage (on parle de dallage monolithique).

2.1 Les matériaux constitutifs

2.1.1 Les granulats

La norme NF P 11-213 (DTU 13.3) définit trois familles de granulats qu'elle illustre par quelques exemples : naturels (quartz, silex, basalte et porphyre), abrasifs (corindon naturel ou synthétique, carbure de silicium, émeri) et métalliques (fer doux, fonte, grenailles ou paillettes d'acier).

Bien entendu, des granulats d'autres natures que celles données par les exemples sont susceptibles d'être employés.

2.1.2 Le ciment

Le ciment est défini par référence à la norme NF EN 197-1.

2.2 La cure

C'est un élément essentiel de la maîtrise du procédé. Il doit être décrit dans sa nature et ses conditions d'emploi conformément à la norme NF P 11-213 (DTU 13.3).

Lorsque la cure est réalisée par application d'un produit de cure, celui-ci doit être défini par référence à la norme NF P 18-370.

2.3 Le dosage

Il s'agit de la quantité nominale mise en œuvre.

Le dosage a un effet déterminant sur les propriétés mécaniques.

Il dépend du type de couche d'usure incorporée et de la technique d'application comme précisé ci-après.

3 Les principales familles et les techniques

3.1 Les familles

On distingue, selon la nature des granulats qui les composent, les familles de couches d'usure suivantes.

3.1.1 Les couches d'usure à base de granulats minéraux (naturels au sens de la norme NF P 11-213 (DTU 13.3))

Sont classées dans cette famille, les couches d'usure composées exclusivement de granulats minéraux.

3.1.2 Les couches d'usure à base de mélanges de granulats

Cette famille regroupe les couches d'usure composées de mélanges de granulats de différente nature (naturels, abrasifs naturels ou synthétiques, métalliques).



Couche d'usure incorporée, saupoudrage mécanique.

3.1.3 Les couches d'usure à base de granulats métalliques

Sont classées dans cette famille, les couches d'usure composées exclusivement de granulats métalliques.

3.2 Les techniques et les quantités mises en œuvre

Le mélange est appliqué à la surface du béton frais :

- par saupoudrage (manuel ou mécanique) à raison de 4 à 8 kg/m² pour les couches d'usure à base de granulats minéraux de 5 à 8 kg/m² pour les couches d'usure à base de mélanges de granulats et celles à base de granulats métalliques ;
- sous forme de coulis à raison d'au moins 10 kg/m² pour les couches d'usure à base de granulats minéraux et celles à base de mélanges de granulats et d'au moins 12 kg/m² pour les couches d'usure à base de granulats métalliques.

Il est incorporé par talochage et lissé mécaniquement par opérations successives.



Le couche d'usure est incorporée par lissage mécanique à l'hélicoptère birotor ou monorotor.

4 Compléments contribuant à la conception de l'ouvrage applicables aux couches d'usure incorporées

Outre les données générales énoncées au chapitre 3, les données suivantes s'appliquent spécifiquement au cas d'une couche d'usure incorporée.

4.1 Données d'aide à la définition du projet

En application des recommandations générales énoncées au chapitre 1, la norme NF P 11-213 (DTU 13.3) s'applique notamment en ce qui concerne la qualité du béton de dallage.

En outre, il est recommandé de renseigner tout particulièrement les conditions prévisibles de chantier (voir encadré).

4.2 Éléments du dossier de consultation

Outre les dispositions prévues au chapitre 3, les recommandations suivantes s'appliquent.

Le dossier de consultation devra notamment préciser les points suivants.

4.2.1 Concernant les locaux

- les contraintes mécaniques par référence à la norme NF P 11-213 (DTU 13.3) et tout particulièrement les contraintes qui n'entrent pas dans le champ d'application de cette norme par exemple, au travers du classement I/MC du local ou des valeurs caractéristiques de chacune des notions prévues par ce classement (Cf. deuxième partie, chapitre 3 du présent document) ;
- les autres dispositions et exigences notamment celles énoncées au paragraphe 4 du chapitre 2 du présent document ;
- les données supplémentaires d'aide à la définition du projet notamment celles énoncées au chapitre 2.

4.2.2 Concernant le béton de dallage

On se reportera aux exigences du Cahier des clauses spéciales (CCS) de la norme NF P 11-213 (DTU 13.3) et du chapitre 2 du présent guide technique.

4.2.3 Concernant la couche d'usure incorporée

Outre les exigences de la norme NF P 11-213 (DTU 13.3), il conviendra de préciser :

- la famille de couche d'usure incorporée prévue par exemple par référence à l'article 3 du présent chapitre ;
- le dosage exigé et la technique d'application souhaitée.

4.3 Éléments relatifs aux travaux

Outre les prescriptions du marché, la norme NF P 11-213 (DTU 13.3) s'applique.

L'usure des dallages

Au-delà de l'activité même dans le local, l'usure d'un dallage peut être aggravée par ses conditions de réalisation et la qualité de ses composants.

On peut citer parmi les causes le plus souvent recensées :

- *la qualité du béton de dallage et sa constance de qualité entre deux livraisons ;*
- *la qualité de la cure et ses conditions de mise en œuvre ;*
- *la qualité de la couche d'usure incorporée, la quantité mise en œuvre et sa régularité d'application ;*
- *les conditions climatiques.*

ANNEXE 1

MESURE DE LA COHÉSION DU BÉTON

1 Conditions générales et expression

L'essai de cohésion est réalisé au moins après 28 jours de séchage.

On s'assurera en particulier de la conformité aux spécifications du dossier de consultation.

La vérification s'effectue par un essai de traction directe.

On distingue :

- l'essai d'auto-contrôle à la charge de l'entreprise de revêtement de sol ;
- l'essai contradictoire de reconnaissance du support après préparation.

À l'emplacement de chaque prise d'essai, préalablement au collage des pastilles :

- la cure doit être retirée ;
- la surface du support doit être soigneusement préparée à l'aide d'un moyen adapté permettant d'obtenir un état de surface le plus proche possible de celui qui résultera de la technique qui sera employée en phase de travaux, puis dépoussiérée.

1.1 Essai d'auto-contrôle

L'entreprise doit être en mesure de contrôler la cohésion du béton au titre de son autocontrôle.

Dans ce cas, le recours à la méthode courante de chantier, typiquement tronçonnage après collage de pastilles carrées ou rondes et traction à l'aide d'un appareil manuel, de préférence à manivelle, est admis. Toutefois, il est conseillé d'avoir recours à un adhésif présentant les caractéristiques énoncées dans la méthode d'essai contradictoire.

1.2 Essai contradictoire

Dans ce cas, on aura de préférence recours à la méthode décrite ci-après.

2 Nombre de prises d'essais et expression des résultats

2.1 Nombre de prises d'essais

La répartition des prises d'essais s'effectue par zone et en fonction des différentes qualités de béton le cas échéant.

L'essai devra porter sur au moins 1 mesure tous les 200 m² avec un minimum de 5 dans tous les cas.

La valeur de cohésion est la moyenne des valeurs obtenues.

Seules les valeurs résultant d'une rupture cohésive dans le béton seront retenues.

Dans le cas où une valeur serait inférieure à cette valeur minimale, il sera procédé à une nouvelle série de 5 essais à proximité.

Pour chaque série de mesures :

- la valeur moyenne devra excéder la valeur prescrite ;
- la valeur la plus faible ne devra pas être inférieure de plus de 0,5 MPa par rapport à la valeur prescrite.

2.2 Procès-verbal d'essais

Le procès-verbal d'essais devra au moins mentionner les points suivants :

- date des essais ;
- intervenants ;
- appareillage utilisé ;
- âge du support ;
- localisation des points de mesure au travers d'un plan de situation ;
- conditions de préparation du béton ;
- description de la colle employée

DÉTERMINATION DE LA COHÉSION DE SURFACE AU TRAVERS D'UN ESSAI DE TRACTION PERPENDICULAIRE

MÉTHODE D'ESSAI CONTRADICTOIRE

La méthode suivante constitue, de l'avis des experts, un mode raisonnablement fiable (notamment au regard des équipements requis) de contrôle de la cohésion d'un support en béton.

1 Matériels nécessaires à l'essai

- **appareil de mesure d'adhérence par traction directe** ⁽¹⁾ :
 - d'une capacité de 10 kN ;
 - d'une précision de $\pm 2 \%$;
 - permettant une montée continue et régulière en charge selon une vitesse de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s.



Appareil d'essai et de mesure de cohésion par traction direct.

Commentaire : les appareillages suivants répondent à ces exigences :

- DTEpico-M de la société DYNATEST (à confirmer) ;
- HERION type HP 850 de la société HERION.
- **pastilles** conformes à la norme NF EN 1542 : pastilles circulaires en acier de $(50 \pm 0,5)$ mm de diamètre et d'au moins 20 mm d'épaisseur ; la sous face du socle destinée au collage doit présenter une planéité satisfaisante avec un écart maximum de 0,1 mm pour 50 mm ; les pastilles doivent être équipées d'un dispositif de fixation de l'appareil de traction permettant l'application de la charge perpendiculairement à la surface testée, sans déformation ;
- **adhésif réactif bi-composants** à durcissement rapide de caractéristiques suivantes :
 - nature : à base de résine époxydique ;
 - viscosité : 20000 à 25000 mPa/s ;
 - durée de prise pour atteindre 90 % de la résistance ce finale :
 - à 20 °C : au plus 20 minutes.

(1). Conformément à la norme NF EN 1542

- résistance en traction après durcissement ;
- pas d'effet de l'humidité résiduelle sur les performances ci-dessus (la mise en œuvre s'effectue sur support sec en surface).



Commentaire 1 : l'emploi d'une colle conditionnée en seringue de petit conditionnement, par exemple de 50 ml, permet de faciliter l'emploi dans le strict respect du dosage ; de plus, la mise en œuvre par le biais d'une canule de mélange et d'un pistolet spécifique permet de faciliter la répartition de l'adhésif sans débordement dans la rainure.

Pistolet et canule de mélange et d'application de la colle.

- **brosse** métallique et brosse douce ;
- **trépan de carottage** ⁽¹⁾ diamanté et creux permettant le forage d'un cylindre de $(50 \pm 0,5)$ mm à la surface du béton ; le bord tranchant doit normalement sortir du cylindre de $(1,5 \pm 0,5)$ mm afin de réduire les forces latérales appliquées sur la zone d'essai.



Trépan de carottage et dispositif de guidage et de maintien.

- **outil de guidage et de maintien du trépan** afin de réaliser un carottage perpendiculaire en toutes circonstances et afin d'éviter toutes vibrations sur le cylindre pendant l'opération ;
- **papier abrasif** de grain 180 ;
- **produit de dégraissage** comme par exemple le solvant cétonique ;
- **pied à coulisse à vernier ou réglet** de longueur maximale 10 cm ayant une précision d'au moins 0,1 mm.

Commentaire

Les équipements éventuellement cités en exemple sont considérés comme répondant aux exigences décrites sans préjuger bien entendu de la possibilité d'avoir recours à d'autres, non connus des experts à la date de rédaction de cette méthode, mais dont les caractéristiques seraient similaires et de nature à permettre de satisfaire à ces mêmes exigences.

2 Préparation de l'essai

2.1 Carottage

- Monter le trépan de carottage sur l'outil de maintien de sorte à ce qu'il ne bouge pas ou ne se desserre pas (il convient d'éviter qu'il ne subisse des vibrations importantes ou qu'il ne se déplace latéralement).
- Forer selon un axe de $(90 \pm 1)^\circ$ par rapport à la surface de la sone d'essai sur une profondeur de (5 ± 1) mm.

2.2 Collage des pastilles

Le collage des pastilles est effectué de la manière suivante :

- la sous face de la pastille est préalablement poncée à l'aide du papier abrasif puis dégraissée au solvant et séchée ;
- appliquer une fine couche d'adhésif dans la zone d'essai à la surface du béton de telle sorte que l'adhésif forme une couche régulière et d'épaisseur uniforme entre la pastille et le support ; l'adhésif ne doit pas pénétrer dans la rainure périphérique produite lors du carottage ;

Rappel : l'emploi d'une colle conditionnée en seringue de petit conditionnement, par exemple de 50 ml, à mettre en œuvre par le biais d'une canule de mélange et un pistolet spécifique permet de faciliter la répartition de l'adhésif sans débordement dans la rainure.

- placer immédiatement la pastille dans la zone d'essai à la surface du béton préalablement encollé de manière à ce qu'elle soit le mieux centrée possible à l'intérieur de la zone carottée ;
- presser doucement la pastille pour expulser l'air ;
- éliminer immédiatement et soigneusement, en prenant soin de ne pas déplacer la pastille, l'excès d'adhésif en particulier y compris dans la rainure de carottage ;
- laisser durcir l'adhésif durant au moins durant le temps nécessaire à sa prise à la température considérée, selon la préconisation du fabricant (Cf. fiche technique) ; en outre, voir aussi l'article 1 de la présente méthode relatif au choix de l'adhésif.

2.3 Mise en place de l'appareil de traction

L'appareil ainsi que ses accessoires doivent être utilisés conformément aux instructions de son fabricant. Il est nécessaire de :

- positionner l'appareil à (90 ± 1) par rapport à la surface de la zone d'essai et centré sur l'axe de la pastille ;
- fixer l'appareil de sorte que sa position ne varie pas au cours de l'essai.

La sous face de la pastille est préalablement poncée à l'aide du papier abrasif puis dégraissée au solvant et séchée.

3 Réalisation de l'essai

3.1 Montée en charge

La montée en charge doit être continue et régulière dans le temps à une vitesse de $(0,05 \pm 0,01)$ MPa/s jusqu'à la rupture.

Commentaire 2 : éviter en particulier les fluctuations excessives, de type « à coups » susceptibles de se produire avec certains types d'appareils pilotés manuellement.

3.2 Résultats

Les résultats sont collectés comme suit :

- relever la charge de rupture ;
- calculer le diamètre moyen de l'éprouvette au niveau de la face de rupture comme étant la moyenne des valeurs mesurées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre à l'aide du pied à coulisse ou du réglet décrit en (1°) ;
- relever visuellement le mode de rupture :
- Cs = rupture cohésive dans le support béton,
- Cc = rupture cohésive dans la colle,
- As/c = rupture adhésive entre le support béton et la colle,
- Ac/p = rupture adhésive entre la colle et la pastille ;

Commentaires : Toute rupture à l'interface colle / support ou colle / pastille doit être considérée comme anormale et la mesure correspondante n'est alors pas prise en compte.

S'il y a combinaison entre différents modes de rupture, estimer de façon visuelle, pour chacun des modes, la part de la surface qui lui correspond, par exemple : Cs = 50 % : As/c = 50 %.

- calculer la contrainte à la rupture, arrondie à 0,1 MPa, selon la formule suivante :

$$f_r = \frac{4 \times Fr}{\pi \times D^2}$$

f_r est la contrainte à la rupture en mégapascals (MPa),

Fr est la charge à la rupture, en newtons (N) ;

D est le diamètre moyen de l'éprouvette, en millimètres (mm).

ANNEXE 2

LISTE DES TEXTES DE RÉFÉRENCES

NF P 11-213 (DTU 13.3) « Dallages – Conception, calcul et exécution - Partie 1 : Cahier des clauses techniques des dallages à usage industriel ou assimilés ».

NF P 11-213-4 (DTU 13.3-4) « Dallages – Conception, calcul et exécution - Partie 4 : Cahier des clauses spéciales ».

NF EN 1991-1-1 « Eurocode 1 - Actions sur les structures – Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments ».

NF P 18-201 (DTU 21) « Travaux de bâtiment – Exécution des ouvrages en béton », Cahier des clauses techniques et Cahier des clauses spéciales.

NF EN 206-1 (P 18-325) « Béton – Partie 1 : Spécifications, performances, production et conformité ».

NF EN 13813 « Matériaux de chapes et chapes – Matériaux de chape – Propriétés et exigences ».

NF EN 14041 « Revêtements de sol résilients, textiles et stratifiés – Caractéristiques essentielles ».

NF EN 14411 « Carreaux et dalles céramiques - Définitions, classification, caractéristiques et marquage ».

NF EN 1542 « Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton – Mesurage de l'adhérence par traction directe ».

NF P 18-370 « Adjuvants - Produits de cure pour bétons et mortiers - Définition, spécifications et marquage »

Cahier des charges de l'Office des Asphaltes.

e-Cahier du CSTB n° 3562 « Evaluation performancielle des sols industriels – Classement performanciel P/MC – Référentiel technique ».

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT

MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA-ANTIPOLIS