

548.E-v2 - MARS 2022

ÉTUDES ET RECHERCHES

CHOIX DES PRODUITS
DE PEINTURE DESTINÉS
AU REVÊTEMENT DE PLAFOND
EN SOUS-FACE DE PLANCHER
RÉALISÉ À PARTIR DE
PRÉDALLES

THOMAS DUVAL

CERIB
Expertise concrète



Choix des produits de peinture destinés au revêtement de plafond en sous-face de plancher réalisé à partir de prédalles

Avant-propos

Ce rapport est articulé en deux parties :

- la première partie est destinée au lecteur qui souhaite apprécier très rapidement si l'étude évoquée le concerne, et donc si les méthodes proposées ou si les résultats indiqués sont directement utilisables pour son entreprise ;
- la deuxième partie de ce document est plus technique ; on y trouvera donc tout ce qui intéresse directement les techniciens de notre industrie.

© 2018 CERIB – CS 10010 – 28233 Eperon Cedex

ISSN 0249-6224 – EAN 9782857553502

548.E-v2 – mars 2022

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction
par tous procédés réservés pour tous pays.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de son article L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (article L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon exposant son auteur à des poursuites en dommages et intérêts ainsi qu'aux sanctions pénales prévues à l'article L. 335-2 du Code de la propriété intellectuelle.

Sommaire

1.	Synthèse générale de l'étude	5
1.1.	Domaine concerné	5
1.2.	Problématique	5
1.3.	Objectifs de l'étude	5
1.4.	Intérêts et conséquences	6
2.	Dossier de l'étude	7
2.1.	Désordres observés et origine des désordres	7
2.1.1.	Écaillage du revêtement	9
2.1.2.	Fissuration rectiligne sur le revêtement	10
2.2.	Les produits de peinture	10
2.2.1.	Les peintures et produits de peinture	10
2.2.2.	Les enduits	13
2.3.	Les supports béton utilisés pour les essais	15
2.4.	Essais en lien avec l'écaillage du revêtement	17
2.4.1.	Étude du séchage du produit de joint	17
2.4.2.	Étude de l'influence des conditions dites « hivernales »	20
2.5.	Développement d'un essai de détermination de la résistance à la fissuration	24
2.5.1.	Protocole issu de la NF DTU 23.4	24
2.5.2.	Protocole adapté de la NF DTU 23.4 pour la caractérisation de produit de revêtement de planchers prédalles	25
2.6.	Caractérisation initiale de la résistance à la fissuration des produits de revêtement	28
2.6.1.	Peintures	28
2.6.2.	Enduits	29
2.6.3.	Caractérisation de trios « produit de joint + enduit + peinture »	31
2.7.	Essais complémentaires : caractérisation de la résistance à la fissuration des produits de revêtements selon la norme NF EN 1062-7	33
2.8.	Conclusions générales	37
2.9.	Projet de recommandations additionnelles sur les produits de joint de catégorie II	37
2.10.	Projet de recommandations sur les produits de peinture appliqués pour les revêtements en sous-face de plancher à prédalles industrialisées dans le cas d'utilisation de produit de joint de catégorie II	38
	Bibliographie	39
	Annexes	41
	Annexe 1 – Classification des enduits selon la norme NF EN 16566	41
	Index des figures	42
	Index des tableaux	43



■ Études et Recherches

1. Synthèse générale de l'étude

1.1. Domaine concerné

Un plancher dalle pleine réalisé à partir de prédalles industrialisées en béton fait apparaître en sous-face un joint de contact entre chaque prédalle qu'il est nécessaire ou pas de traiter. Lorsqu'il est demandé, le traitement du joint de prédalle demande une attention particulière sur le choix du matériau de bouchage afin d'assurer l'intégrité des joints.

Les récents résultats de l'E & R CERIB NCO01 (rapport 456.E de juillet 2019) ont permis d'évaluer les critères d'aptitude à l'emploi des produits de joints à utiliser.

La NF DTU 23.4 P1-2 « critères généraux de choix des matériaux » décrit les critères à respecter pour les produits de remplissage des joints de prédalles industrialisées.

1.2. Problématique

Malgré les précautions prises sur le produit de joint et après application des produits de peinture pour la réalisation du revêtement en sous-face des planchers, il a été constaté ponctuellement quelques cas de désordres esthétiques (fissuration, écaillage, faïençage) au droit des joints réalisés à partir de mortier de joint dit « souple » sans pour cela qu'il fissure. Il est donc nécessaire d'identifier la compatibilité entre des produits de peinture (enduits et peintures) et ce type de mortier de remplissage.

1.3. Objectifs de l'étude

Les objectifs sont les suivants :

- identifier les paramètres permettant d'éviter l'apparition d'éventuels désordres (fissuration, écaillage, faïençage) lorsque des produits de peinture sont appliqués en revêtement de joints de prédalles souples ;
- être en capacité de proposer des préconisations dans le but d'éviter l'apparition de ces désordres.

La démarche employée s'appuie sur :

- la réalisation d'une synthèse bibliographique sur les différents défauts pouvant intervenir sur les revêtements des planchers à prédalles ;
- le recueil de retours d'expérience ;
- la caractérisation de produits de revêtement et de leurs supports (produits de joints de prédalles souples revêtus).

1.4. Intérêts et conséquences

Deux typologies de désordres ont pu être répertoriées : l'écaillage du revêtement et sa fissuration sous forme rectiligne.

Le phénomène d'écaillage peut être prévenu en évitant l'utilisation de certains produits de joint qui représentent des supports mal adaptés au revêtement. Un essai de qualification des produits de joint a été mis au point. L'étude a permis de mettre en évidence l'influence de la capacité d'absorption d'eau par le joint vis-à-vis de phénomènes d'écaillage sur le revêtement. Par ailleurs, des différences de température et d'humidité (entre le jour et la nuit par exemple) sur chantier et pour une peinture fraîche favorisent l'apparition de ce type de défauts.

En ce qui concerne l'apparition de fissures rectilignes au niveau du revêtement des joints de prédalles lors de l'utilisation de produits de joints souples, la résistance à la fissuration des enduits a été mesurée comme étant la plus faible dans le trio « produit de joint/enduit/peinture ». Pour les applications visées, la résistance à la fissuration de l'enduit va régir la résistance à la fissuration de l'ensemble. Pour l'utilisation en sous-face des planchers à prédalles, il est donc recommandé d'utiliser des enduits qualifiés qui présentent une résistance à la fissuration satisfaisante.

2. Dossier de l'étude

2.1. Désordres observés et origine des désordres

Le choix ainsi que la mise en œuvre des peintures peuvent impliquer des désordres apparents sur le feuil¹ de peinture formée. Ces désordres sont principalement esthétiques [1]. Ceux-ci peuvent se former juste après séchage ou bien dans le temps par vieillissement de la peinture. Afin de prévenir leur apparition il faut prendre en compte plusieurs paramètres. Tout d'abord la nature de la peinture doit être choisie de sorte à ce qu'elle puisse correspondre au support et aux conditions (intérieures, extérieures, climat) auxquelles elle sera confrontée. Une mauvaise compatibilité avec le support entraîne une perte d'adhésion. De plus, le support doit être préparé selon le DTU 59.1 P1-1[2], recensant les divers traitements de surface devant être appliqués. L'humidité relative de l'air ainsi que celle du support jouent aussi un rôle important. En effet certains liants possèdent un groupe hydrolysable, c'est le cas des peintures acryliques qui sont les plus utilisées, l'eau peut entraîner une fragilisation mécanique du polymère, détériorant à long terme le feuil de peinture [3].

L'AQC (Agence Qualité Construction) a diagnostiqué que des désordres de types marbrures, écaillage et décollement proviennent le plus souvent de l'humidité du matériau revêtu et des conditions de séchage [4]. La capacité du matériau (ici, le produit de joint) à restituer l'eau joue ainsi un rôle important.

Le tableau 1 recense les principaux désordres existants dans les peintures pour bâtiment, et la manière de les prévenir ou de les éliminer.

¹ Feuil : Pellicule mince résultant de l'application sur un support d'une peinture ou d'un vernis et constituant tout ou partie d'un système de peintures.

Tableau 1 – Principaux désordres connus en ce qui concerne les peintures en bâtiment [5][6][7]

Désordres	Causes	Traitements
<p>Bullage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - évaporation des solvants trop rapide - revêtement poreux - application en trop forte épaisseur emprisonnant le solvant 	<p>ragréage localisé ou généralisé suivant l'importance des zones</p>
<p>Écaillage, décollement</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - mauvais choix de la peinture (compatibilité) - préparation de surface insuffisante - conditions froides et humides - remontées d'humidité, délai d'application trop court ou trop important 	<p>localisé : brossage, grattage généralisé : décapage</p>
<p>Farinage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - dégradation du liant par les UV - épaisseur de couche trop importante - utilisation de diluants pauvrement équilibrés 	<p>poncer et appliquer une nouvelle couche</p>
<p>Efflorescences</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - humidité - perméabilité à l'eau liquide trop importante 	<p>brossage, grattage</p>
<p>Fissuration</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - mauvaise compatibilité peinture/support - contraintes de traction sur le revêtement - humidité 	<p>mise en œuvre, souplesse du produit, imperméabilité</p>

2.1.1. Écaillage du revêtement

Il a été observé que l'écaillage du revêtement est associé à une forte humidité ambiante et un joint réhumidifié. Ce type de désordre (figure 1) apparaît avec un délai court après les travaux de peintures (lendemain).

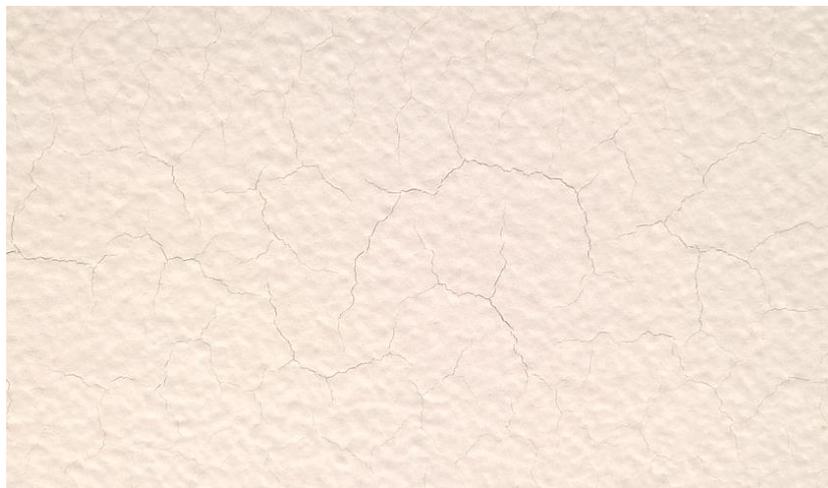


Figure 1 - Phénomène d'écaillage du revêtement

Sur chantier, lorsque la température diminue, l'humidité ambiante augmente (figure 2).

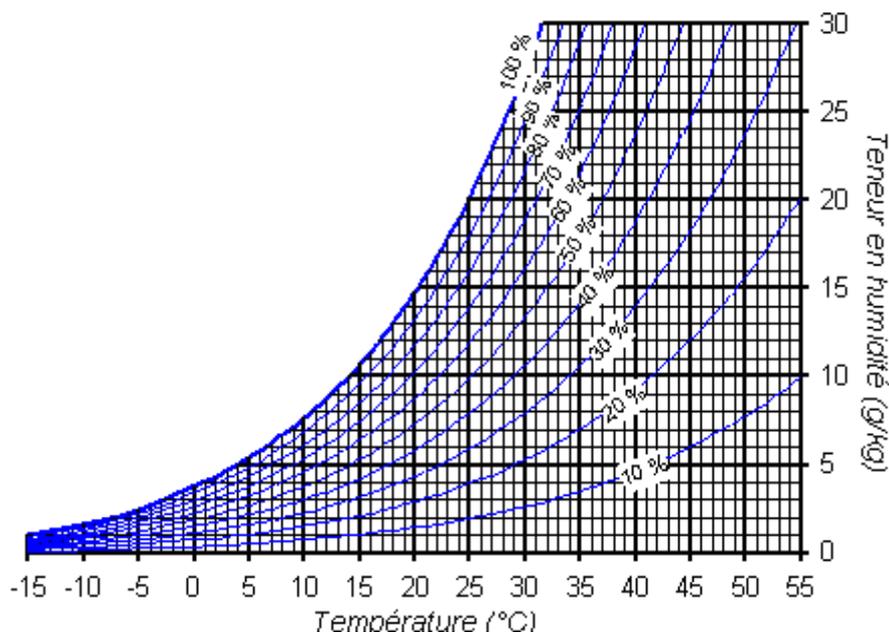


Figure 2 - Évolution de l'humidité relative en fonction de la température et de la teneur en humidité

Sur une peinture fraîche, lorsque la température diminue, l'eau condense dans le joint (selon sa capacité d'absorption d'eau) et crée l'écaillage de la peinture, généralement dès 24 heures. Ce type de désordre a été mis en relation avec l'utilisation d'un produit de joint (J1) en particulier, ayant une capacité d'absorption d'eau élevée (les résultats des essais sont présentés au paragraphe 2.4).

2.1.2. Fissuration rectiligne sur le revêtement

La fissuration rectiligne est associée à une humidité ambiante moyenne et un joint sec. Ces fissures apparaissent généralement à la suite d'un délai long après les travaux de peinture.



Figure 3 – Fissuration du revêtement

Les fissures du revêtement sont liées au fait que le système enduit/peinture ne supporte pas la déformation du support. Il a été précisé par les professionnels des produits de revêtements que, pour les peintures et les enduits, l'élasticité du produit est directement liée au pourcentage de liant (résine) dans le produit.

Il a été alors nécessaire de caractériser les produits de revêtement (enduits et peintures) en termes de résistance à la fissuration sous contrainte. Pour ce faire, un essai a été développé et est présenté au paragraphe 2.5 ci-après.

2.2. Les produits de peinture

2.2.1. Les peintures et produits de peinture

Une peinture est un produit liquide ou en poudre destiné à être appliqué sur une surface pour former un feuillet opaque. Elle permet l'obtention d'un revêtement solide, adhérent et durable pour des applications variées allant de la décoration pour donner un aspect visuel voire tactile recherché, à des rôles de protection par exemple contre l'humidité ou la corrosion. Le terme de « produit de peinture » comprend selon le DTU 59.1 P1-2 [8] : les peintures proprement dites, les vernis, les lasures, les hydrofuges de surface, les produits pour revêtements en feuillet semi-épais ou épais, ainsi que les enduits préparatoires et/ou décoratifs.

Un produit de peinture est composé généralement des éléments suivants :

- **Liant** : partie non volatile de la phase liquide. Il s'agit d'un monomère ou d'un polymère qui va lier les éléments entre eux dans le solvant et donner naissance à un film après séchage. C'est la nature chimique du liant qui va principalement caractériser la peinture.
- **Solvant** : permet de dissoudre le liant et de maintenir l'ensemble des composants à l'état liquide. Son évaporation assure le séchage de la peinture sur le subjectile². Le solvant est choisi selon ses paramètres de solubilité qui vont ajuster la viscosité, sa volatilité, son point éclair pour éviter l'inflammation, et sa nature chimique.
- **Pigments** : éléments insolubles donnant le pouvoir colorant et couvrant (ou opacifiant). Ces matériaux ont la capacité d'absorber et de réémettre la lumière dans le domaine du visible. Les pigments sont naturels ou synthétiques et constitués d'éléments minéraux ou organiques. Leurs propriétés sont notamment influencées par :
 - le diamètre des grains : plus il est grand, plus les pouvoirs colorants et couvrants sont faibles ;
 - par l'indice de réfraction : plus la différence entre les indices du pigment et du liant est importante, plus le pouvoir couvrant augmente.
- **Additifs** : ils maintiennent l'homogénéité et la stabilité. Quelques exemples : agent dispersant, agent d'étalement, agent antimousse, agent épaississant, agent coalescent, agent de conservation...
- **Charges** : substances en poudre, pratiquement insolubles dans les milieux de suspension, souvent blanchâtres ou faiblement colorées, dont l'indice de réfraction est généralement inférieur à 1,7, employées notamment pour diminuer la brillance, et augmenter la densité. Ces charges peuvent provenir de sources minérales naturelles telles que la dolomie, la craie, le talc, ou encore de sources minérales de synthèse : carbonates de calcium, silices pyrogénées.

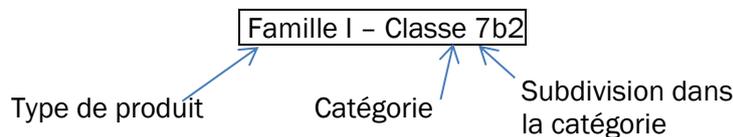
² Subjectile : Surface externe de tout matériau que le peintre doit revêtir d'enduit, de peinture, de vernis ou d'une préparation similaire.

Le tableau 2 présente les principales propriétés qu'un produit de peinture peut avoir et l'influence des différents composants sur ces propriétés.

Tableau 2 - Propriétés d'un produit de peinture corrélées aux composants les favorisant [9]

Propriétés	Composant
Adhésion, Cohésion	Liant, agents mouillants
Souplesse, dureté	Liant, plastifiant
Pouvoir couvrant	Pigments, liant
Couleur	Pigments
Brillance	Liant, Pigments, Charges
Pouvoir garnissant	Épaississant
Temps de séchage	Liant, solvant, coalescent
Temps de reprise	Liant, solvant, coalescent
Lavabilité	Liant, additif hydrofuge
Temps de conservation	Fongicide, Bactéricide
Absence de bulles et de mousse	Antimousse

Une classification des peintures est explicitée dans la norme NF T 36-005 « Caractérisation des produits de peintures », regroupant les peintures en famille et en catégorie selon la nature chimique du liant. Une peinture de type acrylique en phase aqueuse s'écrira de cette façon :



Cette classification peut être renseignée dans la fiche technique d'un produit de peinture.

Par ailleurs, le classement EVWA est un système de classification européen des revêtements pour façades. Cependant, certaines peintures d'intérieures sont classifiées selon ce système. Ce classement correspond à la norme NF EN 1062-1 [10], classement Européen en remplacement du système de classement français D.

- E, l'épaisseur : classement E1 à E5 ;
- V, la perméabilité à la vapeur : classement V1 à V3 ;
- W, la perméabilité à l'eau liquide : classement W1 à W3 ;
- A, la résistance à la fissuration : classement A0 à A5.

2.2.2. Les enduits

2.2.2.1. Généralités

L'enduit est un produit de peinture contenant un pourcentage important de charges minérales. Il est destiné principalement à niveler les irrégularités de subjectiles tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, il peut aussi servir à améliorer leur aspect de surface de façon qu'ils les préparent à recevoir, si nécessaire, une peinture, un système connexe ou un revêtement collé (papier peint ou autres matériaux décoratifs). Et il peut également ne pas être recouvert, pour obtenir un revêtement d'aspect structuré/texturé.

Les enduits de peinture sont généralement des produits fabriqués en usine, en pâte ou poudre, pour une utilisation avec ou sans ajout d'eau ou de solvant sur chantier. Ils peuvent être appliqués soit manuellement, soit de façon mécanisé (Airless ou machine à projeter), en une ou plusieurs passes ou couches. Selon le subjectile, l'épaisseur déposée peut aller d'une couche très fine (inférieure au mm) jusqu'à atteindre 5 mm. Dans le cas du revêtement d'un plancher à prédalles ne présentant pas de désaffleurement, il est admis que l'épaisseur d'application de l'enduit sera d'environ 2 mm.

Il existe de nombreux types d'enduit, en fonction de leur utilisation :

- le rebouchage : opération d'enduisage préparatoire destinée à combler des cavités ou discontinuités de surface ;
- le bouche-bullage : remplissage et rebouchage des bulles du béton ;
- le garnissage/ragréage* : opération d'enduisage préparatoire très garnissant effectuée sur une surface localisée, principalement sur maçonnerie ;
- le dégrossissage/égalisation* : opération continue ou discontinue d'enduisage préparatoire effectuée pour supprimer le bullage, atténuer les défauts de planéité (désaffleurement des prédalles par exemple), combler les cueillies³ et autres irrégularités, reliefs ou dégradations ;
- le lissage/ finition : opération continue d'enduisage préparatoire visant à obtenir un aspect lisse ;
- la réparation : opération non structurale destinée à restituer l'aspect géométrique du support ;
- le surfaçage : opération d'enduisage préparatoire visant à obtenir une surface spécifiquement adaptée au revêtement destiné à être appliqué (système de peinture ou système connexe, revêtement collé, ou enduit décoratif). Le surfaçage, qui comprend les techniques de préparation précédentes, corrige les défauts et irrégularités du support, mais il ne permet pas de dresser ce dernier ;
- l'enduisage décoratif : application d'un enduit pour obtenir un revêtement fini d'aspect lisse ou structuré/texturé ; le système connexe peut inclure des fonctions de protection pour les applications extérieures.

**le dégrossissage et le garnissage sont des opérations semblables.*

Il est commun qu'un produit soit utilisable pour plusieurs applications simultanées.

Dans le cas de cette étude, les enduits concernés sont des enduits de dégrossissage (ou égalisation), de garnissage (ou ragréage) et lissage (ou finition). Ils peuvent être vendus pour chacune ou plusieurs de ces trois utilisations. Les enduits sélectionnés sont des enduits industriels, applicables à la machine à projeter et/ou par la technologie Airless (pulvérisation pour enduits à granulométrie très fine).

³ Cueillie : désigne l'angle rentrant formé par la rencontre entre deux cloisons ou entre une cloison et un plafond.

2.2.2.2. Classification normative des enduits de peintures

La classification des enduits de peintures peut se faire selon la norme NF EN 16566 [11] (figure 4). Le détail des exigences pour la classification est donné à l'annexe 1. Ces classifications reprennent en partie la classification EVWA pour les produits de peinture selon la norme NF EN 1062-1 et explicitée précédemment.

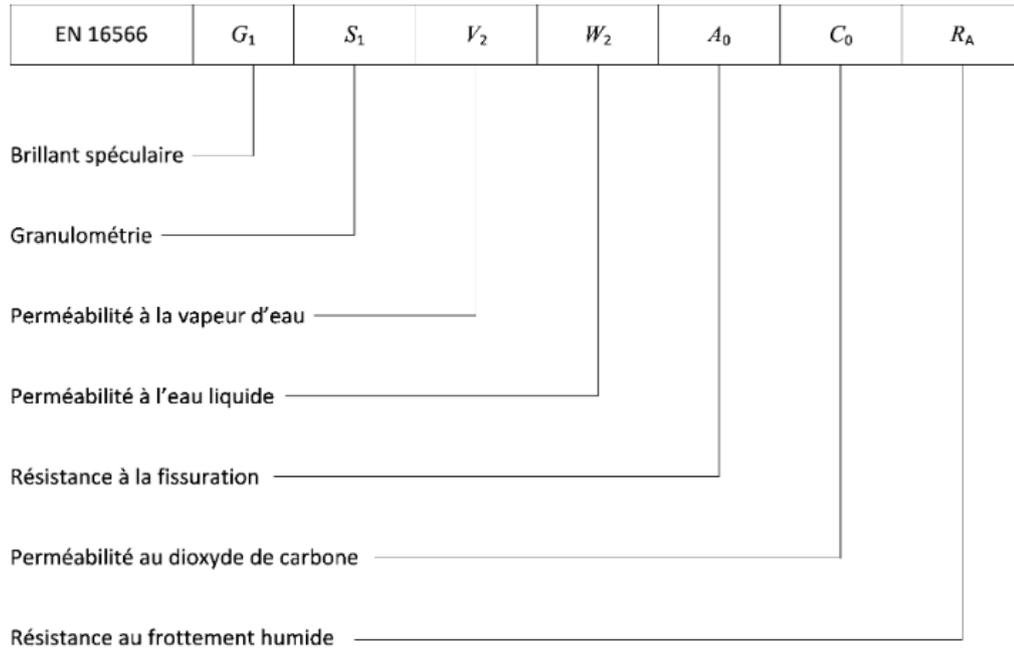


Figure 4 - Code de désignation des enduits selon la norme NF EN 16566

Cependant, en utilisation intérieure (donc dans le cas d'application de cette étude), ces classifications ne sont généralement pas faites par les fournisseurs d'enduit, puisque non requises. Ainsi les enduits de lissage et dégrossissage disponibles sur le marché présentent une classification « vierge » ou n'en présentent pas sur la fiche technique. Par exemple, pour un enduit considéré parmi les plus utilisés du marché, les caractéristiques physiques et techniques de la fiche technique produit listent :

- $G_3S_1V_0W_0A_0C_0R_0$ selon la norme NF EN 16566 soit un enduit de brillant spéculaire « mat » et de granulométrie fine « inférieure à 100 μm » ;
- famille III-2 selon la norme NF T 36-005 soit « enduit intérieur de peinture - enduit en phase aqueuse » ;
- des caractéristiques de consommation du produit, d'épaisseur d'application, de temps avant redoublement et recouvrement, de couleur dont l'indice de couleur, de dureté et d'adhérence.

2.3. Les supports béton utilisés pour les essais

Les supports béton, utilisés pour les différentes campagnes d'essais sont conformes aux exigences de l'annexe A de la NF DTU 23.4 P1-2, adapté à l'étude de la résistance à la fissuration (par retrait et sous charge) des produits de joint (figures 5 et 6 et 7). Elles ne sont pas armées lorsqu'elles ne sont pas destinées à être soumises à des contraintes (essais d'écaillage) et le sont lorsqu'elles sont soumises à des essais de fissuration par flexion. L'évidement central est obtenu par moulage grâce à un profilé métallique placé en fond de moule. Après démoulage, ces supports sont conservés pendant 28 jours au minimum en condition de laboratoire (température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et humidité relative de $50\% \pm 10\%$).

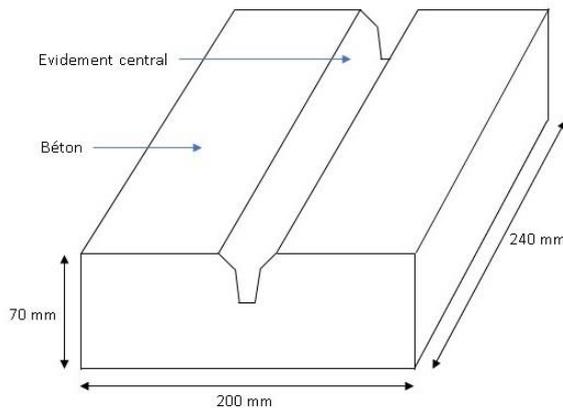


Figure 5 - Support en béton - schéma

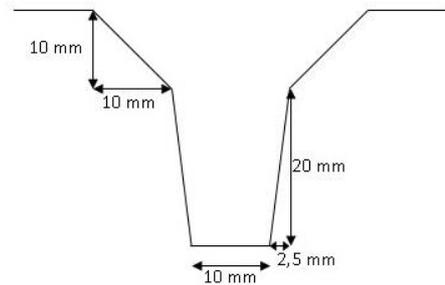


Figure 6 - Détail de l'évidement où sera serré le produit de joint



Figure 7 - Support béton - photographie

Trois supports en béton représentatifs de deux prédalles adjacentes doivent être confectionnés pour l'analyse d'un produit avec les dispositions suivantes en ce qui concerne le ferrailage : un ferrailage est disposé à l'intérieur du corps d'épreuve (Figure 8) : il est constitué d'armatures HA 6 avec une maille de $80\text{ mm} \times 100\text{ mm}$, et une épaisseur d'enrobage de 50 mm. Il convient que ce ferrailage soit centré sur le joint et de ne pas disposer d'armature au droit du joint.

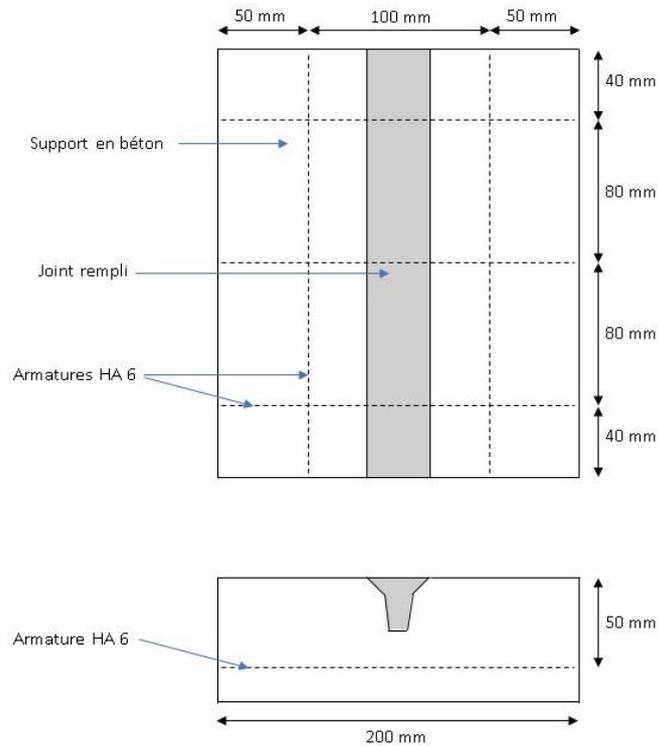


Figure 8 - Ferrailage du corps d'épreuve

Après démoulage, les supports sont conservés pendant 28 jours au minimum en condition de laboratoire (température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et humidité relative de $50\% \pm 10\%$) et sont pré-fissurées tel que le présente la figure 9 dans le cas où des essais de résistance à la fissuration par flexion sont réalisés (la pré-fissuration permet de simuler la juxtaposition des deux prédalles adjacentes).



Figure 9 – Opération de pré-fissuration de l'éprouvette avant pose du joint

Après la période de conservation des corps d'épreuve béton, il convient de gratter, brosser et dépeussier le support au droit du joint, afin d'éliminer les parties friables. Suivant la nature du produit de joint utilisé, il peut être nécessaire ou non d'humidifier au préalable l'évidement. Dans le cas où la mise en œuvre du produit de joints nécessite plusieurs passes, il convient de respecter un délai de séchage entre chaque passe.

L'évidement est rempli par un produit de joint (figure 10).



Figure 10 - Photographies des éprouvettes après pose des joints

Ensuite, en fonction des essais réalisés, les conditions d'essais peuvent varier. Ces conditions sont explicitées dans les paragraphes concernés, ci-après.

2.4. Essais en lien avec l'écaillage du revêtement

2.4.1. Étude du séchage du produit de joint

L'écaillage du revêtement a été mis en lien, au travers d'échanges avec les professionnels des produits de peinture, avec la capacité d'absorption d'eau du produit de joint souple et à des phénomènes de réhumidification de celui-ci.

La cinétique de séchage de deux produits de joint souples présents sur le marché a été étudiée.

Quatorze jours après la pose (la photographie des éprouvettes avec produit de joint est présentée à la figure 10), le produit J2 est devenu totalement rigide, tandis que pour le produit J1 est mou. Cela traduit une différence de teneur en eau, mais aussi de propriétés mécaniques dues à la formulation du matériau.

Après avoir placé des échantillons de joints dans de l'eau à l'âge de 14 jours, au bout de 7 jours le produit J1 s'est complètement ramolli et est facilement déformable aux doigts (figure 11). Ce changement de comportement s'accompagne par une augmentation de 50 % de la masse du joint. À la différence, le produit J2 reste rigide (figure 12) et sa masse n'augmente que de 8 %. Les deux produits sont poreux et à base de résine acrylique. Leur formulation n'étant pas connue, des hypothèses peuvent être faites vis-à-vis de ce comportement. La plus probable serait que le produit J1, plus léger comporte des charges légères poreuses qui vont absorber plus d'eau que le produit J2.



Figure 11 - Produit J1 sec (gauche) et imbibé d'eau (droite)



Figure 12 - Produit J2 sec (gauche) et imbibé d'eau pendant 10 jours (droite)

Le suivi de perte de masse à partir de leur pose permet de rendre compte du séchage des deux produits. Des produits de joints ont été appliqués dans des pots cylindriques en plastique (figure 13) et placés dans les conditions de 20 °C et HR = 50 %.



Figure 13 - Produit J2 à gauche, Produit J1 à droite

Les produits de joint ont été séchés jusqu'à ce que la variation de perte de masse soit inférieure à 0,1 % entre deux pesées successives. La teneur en eau du joint est définie de la façon suivante :

$$Teneur\ en\ eau\ (\%) = \frac{masse\ (t) - masse\ sèche}{masse\ (t_0)} * 100$$

Avec :

- masse(t) la masse correspondant au jour où le produit de joint est pesé,
- masse(t₀) la masse initiale du produit de joint avant le début de l'essai.

Le graphique (figure 14) représente l'évolution de la teneur en eau de ces produits de joint au cours du temps. Les résultats montrent que les produits de joints sèchent assez rapidement durant les 7 premiers jours, mais leur masse ne tend pas à se stabiliser avant plusieurs semaines.

De plus, le produit J1 contient initialement 36 % d'eau en masse tandis que le produit J2 en contient 14 %. Cependant le produit J1 sèche plus rapidement, et à 20 jours les teneurs en eau des deux produits sont toutes les deux proches de 4 %. Ce long temps de séchage est caractéristique des produits de joints organiques et rend compte du fait que sur chantier, ces produits doivent être mis en œuvre assez tôt.

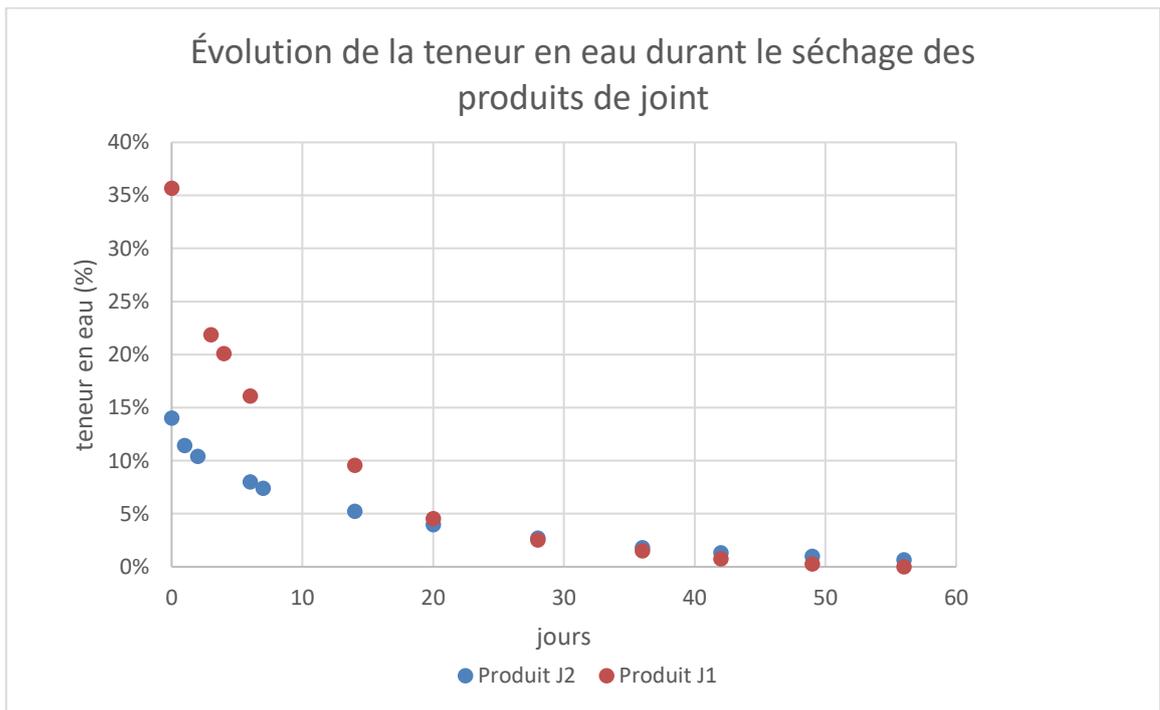


Figure 14 - Représentation graphique de l'évolution de la teneur en eau des produits de joints au cours du temps

Les conditions de séchage des produits de joint durant ces essais étant de 20 °C et HR = 50 %, elles peuvent être considérées comme favorables en comparaison, par exemple, à des conditions hivernales, froides et humides.

2.4.2. Étude de l'influence des conditions dites « hivernales »

Un plan d'expériences est mis en place pour étudier l'impact des conditions dites « hivernales » sur les produits de revêtement.

Des éprouvettes de béton, conformes aux exigences de l'annexe A de la NF DTU 23.4, adaptées à l'étude de la résistance à la fissuration par retrait des produits de joint, sont réalisées (figure 7 ci-avant). Après démoulage, ces supports sont conservés pendant 28 jours au minimum en condition de laboratoire (température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et humidité relative de $50\% \pm 10\%$).

L'évidement est rempli par un produit de joint. Le corps d'épreuve est ensuite conservé pendant (28 ± 1) jours après la dernière passe du produit dans des conditions de température de $(20 \pm 2)\text{ °C}$ et d'humidité relative de $(50 \pm 10)\%$.

Ensuite, un enduit est posé en revêtement sur une couche de 1,5 mm d'épaisseur. La pose de l'enduit se fait à $HR = 50\%$, $T = 20\text{ °C}$. Une couche de peinture est enfin posée sur l'enduit, 24 heures après la pose de l'enduit, en deux couches espacées de 5 heures, la pose se fait à $HR = 50\%$, $T = 20\text{ °C}$. Lorsque la peinture est caractérisée sans enduit, les conditions de pose sont les mêmes, directement sur le support béton rempli de produit de joint (28 jours après pose du produit de joint).

Pour étudier l'impact des conditions hivernales, les éprouvettes sont, à la suite de la pose de la dernière couche de peinture :

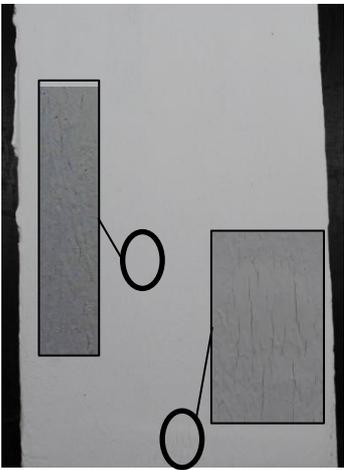
- (a) soit conservées en conditions de laboratoire ($HR = 50\%$, $T = 20\text{ °C}$) pendant 24 heures : pour s'assurer que des désordres n'apparaissent pas dans ces conditions (référence) ;
- (b) soit placées en conditions « hivernales » à $T = 5\text{ °C}$ et $HR = 100\%$ 5 heures après la pose de la dernière peinture et pendant 24 heures : simulation de la situation d'un chantier chauffé en journée avec coupure du chauffage en fin de journée ;
- (c) soit placées en conditions « hivernales » à $T = 5\text{ °C}$ et $HR = 100\%$ 7 jours après la pose de la peinture et pendant 24 heures (conservation en conditions de laboratoire avant) : étude du comportement lorsque le séchage de la peinture est idéal avant d'être soumise à des conditions « hivernales ».

Les produits de joint utilisés pour cette campagne d'essai sont le produit J2 (tableau 3) et le produit J1 (tableau 4). L'enduit est l'ENDUIT PÂTE-17 et la peinture est la P0. Les résultats sont présentés ci-après.

Tableau 3 – Étude de l'impact des conditions « hivernales » sur le phénomène d'écaillage avec le produit de joint J2

Configuration de l'éprouvette	Conditions d'essais	Résultat d'essai	Photographie
Produit de joint : J2, enduit et peinture	(a) Éprouvettes conservées en conditions de laboratoires après la pose de la dernière couche de peinture	Pas de désordres observés	
Produit de joint : J2, enduit et peinture	(b) Éprouvettes placées en conditions hivernales – 5 heures après la pose de la dernière couche de peinture	Pas de désordres observés	
Produit de joint : J2 et peinture	(b) Éprouvettes placées en conditions hivernales – 5 heures après la pose de la dernière couche de peinture	Pas de désordres observés	

Tableau 4 - Étude de l'impact des conditions « hivernales » sur le phénomène d'écaillage avec le produit de joint J1

Configuration de l'éprouvette	Conditions d'essais	Résultat d'essai	Photographie
Produit de joint : J1, enduit et peinture	(a) Éprouvettes conservées en conditions de laboratoires après la pose de la dernière couche de peinture	Pas de désordres observés	
Produit de joint : J1, enduit et peinture	(b) Éprouvettes placées en conditions hivernales - 5 heures après de la pose de la dernière couche de peinture	Écaillage	
Produit de joint : J1 et peinture	(b) Éprouvettes placées en conditions hivernales - 5 heures après la pose de la dernière couche de peinture	Écaillage	
Produit de joint : J1 et peinture	(c) Éprouvettes placées en conditions hivernales - 7 jours après la pose de la dernière couche de peinture	Pas de désordres observés	

On observe que l'écaillage du revêtement se produit pour le produit de joint J1 et en conditions hivernales lorsque la peinture est jeune (5 heures après la pose soit la condition d'essais (b)) avec et sans présence d'enduit. Ce phénomène ne se produit pas lorsque la peinture a séché durant 7 jours avant d'être soumise à des conditions froides et humides (conditions d'essais (c)). La capacité d'absorption d'eau importante du produit J1 est une propriété connue de ce produit.

Les conditions d'essais (a) et (b) permettent de caractériser la compatibilité entre un produit de joint et les produits de revêtement courants vis-à-vis du phénomène d'écaillage : la condition (a) est une condition « témoin » et la condition (b) permet d'aboutir au résultat recherché (écaillage ou non du revêtement). La condition (c) a permis de comprendre la configuration dans laquelle se produit l'écaillage mais ne permet pas d'aboutir au résultat recherché.

Avec le produit de joint J2, mais aussi avec le produit de joint J3 (étudié à posteriori), aucun désordre n'est observé pour le revêtement en conditions hivernales.

Pour prévenir l'apparition d'écaillage sur le revêtement de joint de prédalles, il existe alors deux pistes :

- caractériser la compatibilité entre un produit de joint et les produits de revêtement courants par des essais d'écaillage tel qu'explicité ci-avant (conditions d'essais (a) et (b)) ;
- éviter l'utilisation de produits de joint présentant une forte capacité d'absorption d'eau, cette propriété peut être mesurée en laboratoire et couplée à des mesures de fissuration par séchage en conditions « hivernales » ;

Il est également précisé que prévenir les baisses de température et augmentations d'humidité sur chantier lors des travaux de peintures (la nuit entre autres, et d'autant plus en saison froide) en particulier au jeune âge (du revêtement) pourrait également permettre d'éviter l'apparition d'écaillage sur le revêtement. L'impact de ces paramètres (température et humidité relative) doit être considéré.

2.5. Développement d'un essai de détermination de la résistance à la fissuration

2.5.1. Protocole issu de la NF DTU 23.4

Le protocole issu de la NF DTU 23.4 a pour objectif de caractériser la résistance à la fissuration par retrait et sous contrainte des produits de joint de prédalles. Le présent paragraphe détaille le protocole pour déterminer la résistance à la fissuration par flexion (sous contrainte).

L'évidement du support (figure 7) est totalement rempli afin d'assurer un contact continu entre le support en béton et le produit de joint (figure 15).



Figure 15 – Évidement rempli par le produit de joint

Le corps d'épreuve est ensuite conservé pendant (28 ± 1) jours après la dernière passe du produit dans des conditions de température de (20 ± 2) °C et d'humidité relative de (50 ± 10) %.

Après la période de conservation, les corps d'épreuve sont soumis à un essai de flexion jusqu'à l'apparition de la première fissure. Le déplacement obtenu permet la classification du produit de joint.

L'appareillage utilisé est le suivant :

- appareil de flexion : il doit permettre un pilotage en effort de 0,75 kN/min ;
- capteur de déplacement : il doit permettre une mesure de déplacement avec une précision d'au moins 10 µm.

Le corps d'épreuve est instrumenté avec un capteur de déplacement et doit permettre la mesure le déplacement d du joint (figure 16). Il doit être centré sous la charge conformément à la figure 16 (portée entre les rouleaux inférieurs de 17 cm).

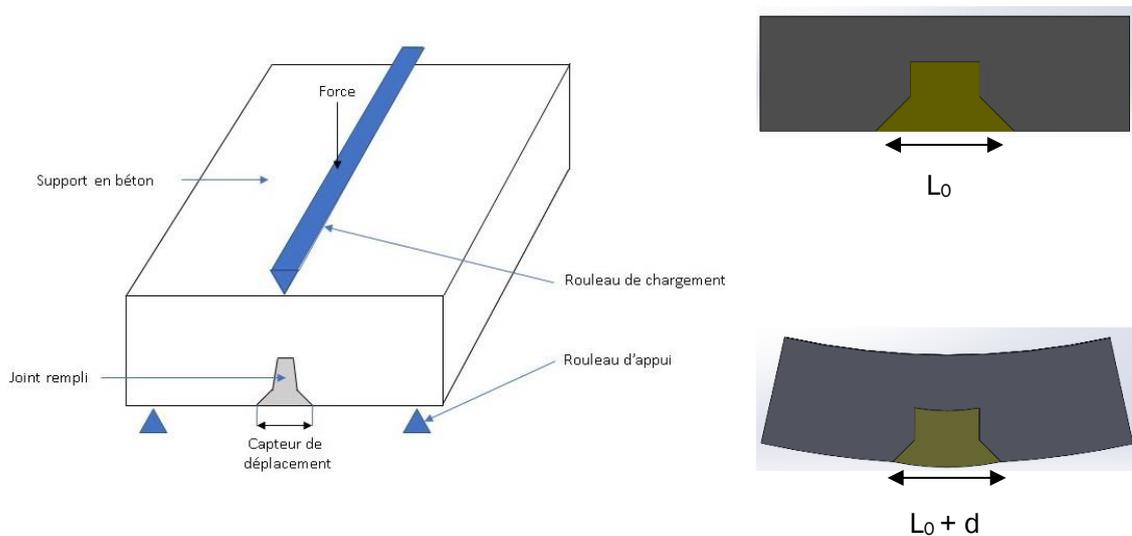


Figure 16 - Principe de réalisation de l'essai

Il est ensuite testé en flexion 3 points : pour cela la charge est appliquée avec une vitesse de $(0,75 \pm 0,25)$ kN/min. Il convient d'enregistrer en continu la charge et le déplacement du capteur. L'essai est arrêté lorsque qu'une fissure est observée dans le produit de joint : le déplacement est relevé au moment de l'apparition de la fissure.

2.5.2. Protocole adapté de la NF DTU 23.4 pour la caractérisation de produit de revêtement de planchers prédalles

2.5.2.1. Protocole d'essai

Les enduits et peintures présentent des fissures très fines lors de la réalisation d'essais de fissuration par flexion. De plus, ces produits n'apportent aucune résistance mécanique à l'éprouvette au moment de l'essai (au contraire du joint qui solidarise la pré-fissure créée dans l'éprouvette). Pour ces raisons, il a été nécessaire d'adapter l'essai issu de l'annexe B de la NF DTU 23.4. L'adaptation permet de mieux percevoir la fissure au moment de son apparition : la précision du résultat est accrue.

Le protocole d'essai modifié s'inspire de l'essai décrit à l'annexe B de la NF DTU 23.4 avec un changement du mode pilotage de l'essai : un pilotage en déplacement est désormais utilisé à l'inverse d'un pilotage en force. Le positionnement des éprouvettes lors des essais de flexion est le même que celui présenté à la figure 16 et l'espacement entre les rouleaux d'appuis inférieurs est fixé à 17 cm.

La vitesse de pilotage sur le capteur de déplacement placé sous l'éprouvette est fixée à 0,10 mm/min. Lors de l'atteinte d'un palier multiple de 0,05 mm, le pilotage est mis en pause durant 20 secondes à la valeur de déplacement pour laisser le temps à l'opérateur d'observer l'apparition d'éventuelles fissures et de prendre une photographie. L'évolution du déplacement en fonction du temps, correspondant à la consigne de pilotage de l'essai est présentée à la figure 17.

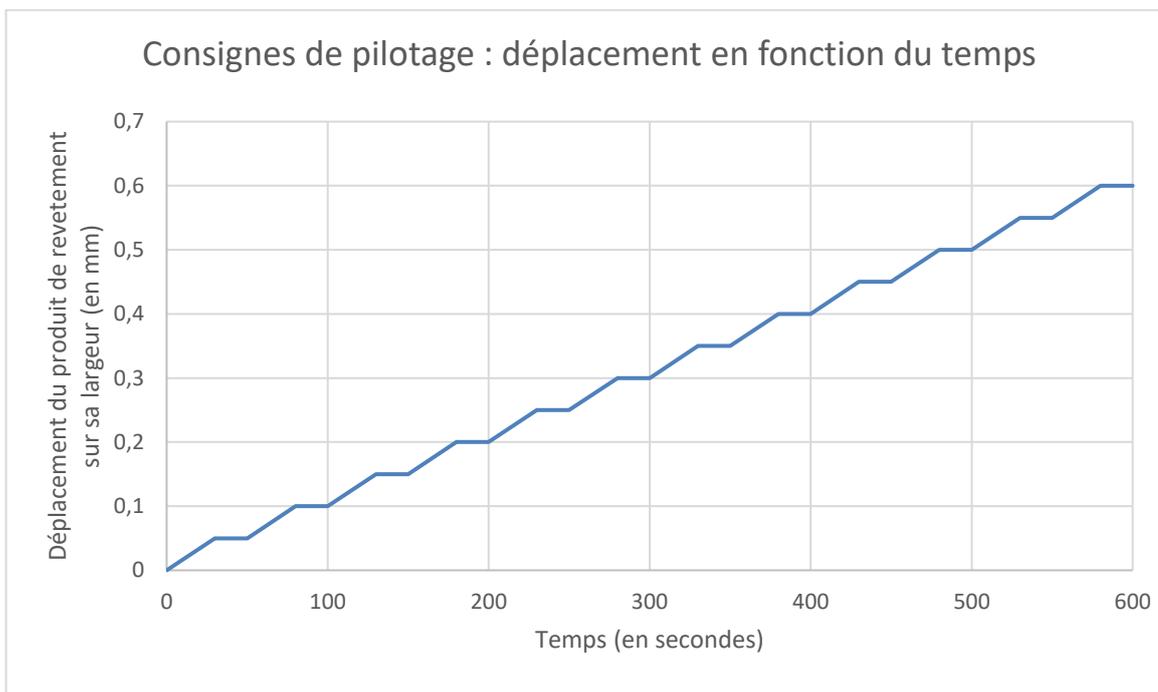


Figure 17 – Consignes de pilotage retenue pour la réalisation de l’essai de flexion avec pilotage en déplacement

L’essai est arrêté une fois la fissure apparue et le déplacement pour lequel s’est créé la fissure dans le produit de revêtement est noté.

Le changement de mode pilotage n’affecte pas les valeurs de résistance à la fissuration des produits de joint caractérisés lors de l’étude NCO01, cela est vérifié à l’aide d’essais dont les résultats sont présentés au paragraphe 2.5.2.3. ci-après.

Les protocoles d’application des produits de revêtement (enduits seuls, peintures seules et enduits et peintures) avant essais sont explicités dans les paragraphes propres aux résultats d’essais des produits concernés.

2.5.2.2. Interprétation des résultats d’essais

À la suite de l’étude NCO01, la classification retenue pour les produits de joint est la suivante :

Les produits sont classés en deux catégories selon un critère de déformabilité, noté d, mesurée par l’essai de résistance à la fissuration par flexion :

- catégorie I : Un produit est classé en catégorie I si sa capacité de déformation d est strictement inférieure à 0,40 mm ;
- catégorie II : Un produit est classé en catégorie II si sa capacité de déformation d est supérieure ou égale à 0,40 mm.

Dans la présente étude, les produits de revêtement sont catégorisés de la même manière à la suite des essais.

2.5.2.3. Analyse du changement de mode de pilotage

Le produit de joint J3 a été caractérisé selon l'essai adapté de la NF DTU 23.4 avec pilotage en déplacement. Les résultats obtenus sont comparés à ceux obtenus conformément à l'annexe B de la NF DTU 23.4 (pilotage en force).

Tableau 5 – Résultats d'essais – Pilotage en force – protocole issu de la NF DTU 23.4

Résultat d'essai – caractérisation de la résistance à la fissuration par flexion		
Éprouvette 1 : $d_1 = 0,78$ mm	Éprouvette 2 : $d_2 = 0,80$ mm	Éprouvette 3 : $d_3 = 1,01$ mm
Valeur médiane : $d = 0,80$ mm		
Écart type : $\sigma = 0,13$ mm		

Tableau 6 – Résultats d'essais – Pilotage en déplacement – protocole adapté de la NF DTU 23.4

Résultat d'essai – caractérisation de la résistance à la fissuration par flexion		
Éprouvette 1 : $d_1 = 0,85$ mm	Éprouvette 2 : $d_2 = 0,85$ mm	Éprouvette 3 : $d_3 = 0,75$ mm
Valeur médiane : $d = 0,85$ mm		
Écart type : $\sigma = 0,06$ mm		

Aux tableaux 5 et 6, il est observé que l'utilisation du pilotage en déplacement n'affecte pas les résultats de résistance à la fissuration de manière significative. D'autre part, on observe que la dispersion semble réduite avec l'utilisation du pilotage en déplacement.

2.6. Caractérisation initiale de la résistance à la fissuration des produits de revêtement

Pour l'ensemble des essais de caractérisation de la résistance à la fissuration des produits de revêtement, le produit de joint utilisé est le J3. Ce produit de joint possède une résistance à la fissuration suffisamment élevée (0,85 mm) pour étudier la résistance à la fissuration des produits qui seront placés en surcouche de celui-ci (l'objectif étant de classer le produit de revêtement avec pour critère un déplacement au moment de la fissuration de 0,4 mm).

2.6.1. Peintures

Lorsque les peintures sont caractérisées seules, le protocole d'application consiste à respecter les dispositions de la NF DTU 23.4 à savoir :

- un temps de conservation des éprouvettes béton après fabrication de 28 jours minimum (en condition de laboratoire (température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et humidité relative de $50\% \pm 10\%$);
- un temps de conservation des éprouvettes après application du produit de joint de 28 ± 1 jours en condition de laboratoire (température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et humidité relative de $50\% \pm 10\%$).

Ensuite :

- la peinture est ensuite posée directement sur l'éprouvette béton avec le produit de joint, elle est posée en deux couches, espacées au maximum de 24 heures tout en laissant le temps à la peinture de sécher entre les deux couches ;
- l'essai est réalisé 7 jours après la pose de la deuxième couche de peinture.

Les résultats sont présentés au tableau 7 ci-après, trois éprouvettes sont testées par type de peinture.

Tableau 7 - Résultats d'essais : caractérisation de la résistance à la fissuration des peintures

Fournisseur	Peinture	Précisions vis-à-vis du produit	Concentration en liant (en %)	Déplacement médian à l'apparition de la première fissure (mm)
FOURNISSEUR P-B	P1	Peinture haut de gamme	35,9	0,75
	P2	Peinture professionnelle « entrée de gamme »	9,0	0,60
FOURNISSEUR P-C	P3	Peinture théoriquement bas de gamme et pour particuliers – achetée en grande surface	Non connue	0,70

Par rapport au critère fixé, soit un déplacement médian au moment de fissuration minimum au moins égal à 0,40 mm, les trois peintures testées atteignent ce critère. Il est conclu que, les peintures en général ne sont probablement pas à l'origine d'apparition de fissures rectilignes du revêtement au niveau du joint car elles possèdent une capacité de déformation suffisante quelle que soit la gamme du produit.

2.6.2. Enduits

2.6.2.1. Conditions d'essais

Lorsque les enduits sont caractérisés seuls, le protocole d'application consiste à respecter les dispositions de la NF DTU 23.4 à savoir :

- un temps de conservation des éprouvettes béton après fabrication de 28 jours minimum (en condition de laboratoire (température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et humidité relative de $50\% \pm 10\%$);
- un temps de conservation des éprouvettes après application du produit de joint de 28 ± 1 jours en condition de laboratoire (température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et humidité relative de $50\% \pm 10\%$);

Ensuite :

- l'enduit est posé directement sur l'éprouvette béton avec produit de joint en une couche selon l'épaisseur préconisée par les fournisseurs d'enduit, c'est-à-dire 1,5 à 2 mm. En ce qui concerne les enduits en poudre, la quantité d'eau à ajouter est celle précisée dans la fiche technique ;
- l'essai est réalisé 7 jours après la pose de l'enduit.

Les points présentés ci-après détaillent les résultats d'essais de résistance à la fissuration des enduits testés, trois éprouvettes sont testées par type d'enduit. La figure 18 présente un essai de fissuration d'un enduit ainsi que la fissure apparue.

2.6.2.2. Récapitulatif des résultats pour les enduits en poudre

Tableau 8 - Résultats d'essais : caractérisation de la résistance à la fissuration des enduits en poudre

Fournisseur	Enduit	Déplacement médian à l'apparition de la fissure (mm)
FOURNISSEUR E-A	ENDUIT POUDRE - 1	0,20
FOURNISSEUR E-B	ENDUIT POUDRE - 2	0,15
FOURNISSEUR E-C	ENDUIT POUDRE - 3	0,10

2.6.2.3. Récapitulatif des résultats pour les enduits en pâte

Tableau 9 - Résultats d'essais : caractérisation de la résistance à la fissuration des enduits en pâte

Fournisseur	Enduit	Déplacement médian à l'apparition de la première fissure (mm)
FOURNISSEUR E-A	ENDUIT PÂTE -1	0,30
	ENDUIT PÂTE -2	0,30
	ENDUIT PÂTE -3*	0,60
	ENDUIT PÂTE -11*	0,45
FOURNISSEUR E-B	ENDUIT PÂTE -4	0,45
	ENDUIT PÂTE -5	0,35
	ENDUIT PÂTE -6	0,30
	ENDUIT PÂTE-7*	0,55
	ENDUIT PÂTE -12*	0,50
FOURNISSEUR E-C	ENDUIT PÂTE -8	0,40
	ENDUIT PÂTE -9	0,40
	ENDUIT PÂTE -10	0,25
	ENDUIT PÂTE -13	0,40
	ENDUIT PÂTE -14	0,35
FOURNISSEUR E-D	ENDUIT PÂTE -15	0,25
	ENDUIT PÂTE -16	0,70

*Enduit développé spécifiquement pour répondre à la problématique de fissuration rectiligne.



Figure 18 – Fissuration de l'enduit lors d'un essai de flexion

En ce qui concerne les enduits, les conclusions suivantes sont portées :

- les produits en poudre testés présentent les moins hautes résistances à la fissuration parmi les produits testés et aucun enduit en poudre n'atteint le critère de 0,40 mm ;
- parmi les seize produits en pâte testés, trois produits possèdent une résistance à la fissuration égale au critère fixé à 0,40 mm. Sept produits n'atteignent pas ce critère (7/12 en analysant les produits actuellement disponibles sur le marché).
- six produits présentent une résistance à la fissuration strictement supérieure au critère fixé à 0,40 mm :
 - les produits « ENDUIT PÂTE - 3 », « ENDUIT PÂTE - 11 », « ENDUIT PÂTE - 7 », « ENDUIT PÂTE - 12 », développés spécialement par les FOURNISSEUR E-A et FOURNISSEUR E-B pour répondre à la problématique à la suite d'échanges sur le sujet,
 - les produits « ENDUIT PÂTE - 4 » et « ENDUIT PÂTE - 16 » possèdent des spécificités, ce sont respectivement : un produit permettant d'obtenir un aspect « gouttelette » et un produit de couleur grise destiné également à des applications extérieures ;
- de manière générale, il est conclu que les enduits sont les matériaux présentant la moindre résistance à la fissuration parmi le trio : produit de joint souple + enduit + peinture.

2.6.3. Caractérisation de trios « produit de joint + enduit + peinture »

À la suite des essais sur enduit, la question suivante s'est posée : la peinture, en revêtement de l'enduit, ne pourrait-elle pas masquer l'apparition des premières fissures dans l'enduit lors de l'apparition de celles-ci ?

Cette hypothèse repose sur le fait que les résistances à la fissuration des peintures (P4.1) apparaissent supérieures à celles des enduits (P4.2).

De fait, des essais de caractérisation de la résistance à la fissuration sont réalisés sur des trios « produit de joint + enduit + peinture » pour répondre à cette question.

Le protocole d'application des enduits est le même que celui décrit au paragraphe 2.6.2 ci-avant. La peinture est posée en revêtement de l'enduit : en deux couches, espacées au maximum de 24 heures tout en laissant le temps à la peinture de sécher entre les deux couches. L'essai est réalisé 7 jours après la pose de la deuxième couche de peinture.

Les résultats obtenus sont présentés au tableau 10.

Tableau 10 - Résultats d'essais : caractérisation de la résistance à la fissuration des trios « produit de joint/enduit/peinture » et rappel des résultats d'essais pour la caractérisation individuelle de chaque produit

Produits caractérisés seuls			TRIOS
Résistance à la fissuration du produit de joint (mm) – valeur médiane	Résistance à la fissuration (mm) de L'ENDUIT – valeur médiane	Résistance à la fissuration (mm) de la PEINTURE – valeur médiane	Résistance à la fissuration du trio (mm) – valeur médiane
J3 0,80	ENDUIT PÂTE – 1 0,30	P2 0,60	0,35
		P3 0,70	0,25
	ENDUIT PÂTE – 10 0,25	P2 0,60	0,25
		P3 0,70	0,20
	ENDUIT PÂTE – 3 0,60	P3 0,70	0,55
	ENDUIT PÂTE – 4 0,45	P3 0,70	0,40

À la suite de ces essais, il peut être conclu que :

- la peinture ne permet pas de masquer l'apparition de la (des) première(s) fissure(s) dans l'enduit ;
- on peut également conclure que les trios dont l'enduit, lorsqu'il a été caractérisé seul, a atteint le critère de 0,40 mm atteignent également ce critère (ENDUIT PÂTE 3 et 4). Ces produits présentent une résistance à la fissuration jugée satisfaisante.

Il est également vérifié que, lorsque le revêtement du produit de joint fissure (enduit et peinture), le produit de joint placé en-dessous ne fissure pas (figure 19).



Figure 19 – Fissuration du revêtement sans fissuration du produit de joint

2.7. Essais complémentaires : caractérisation de la résistance à la fissuration des produits de revêtements selon la norme NF EN 1062-7

L'essai de détermination de la résistance à la fissuration des produits de revêtements des joints de prédalles, et plus particulièrement des enduits, développé durant cette étude (paragraphe 2.5.2) présente les contraintes suivantes :

- dans la norme NF DTU 23.4, la méthode normalisée est destinée à caractériser les produits de joints (les paramètres de pilotage ont par ailleurs été changés) ;
- il ne concerne donc que peu les professionnels des produits de revêtements que sont les enduits et les peintures ;
- une incorporation dans une norme de « type peinture » ne semble pas envisageable.

La norme d'essai NF EN 1062-7 concerne la caractérisation de la résistance à la fissuration des produits de peinture (dont les enduits). À la suite des essais réalisés conformément à la méthode A de cette norme, le produit est classifié. La classification est présentée au tableau 11 ci-après.

Tableau 11 – Classification des peintures selon la norme NF EN 1062-7, conditions d'essais et précisions associées

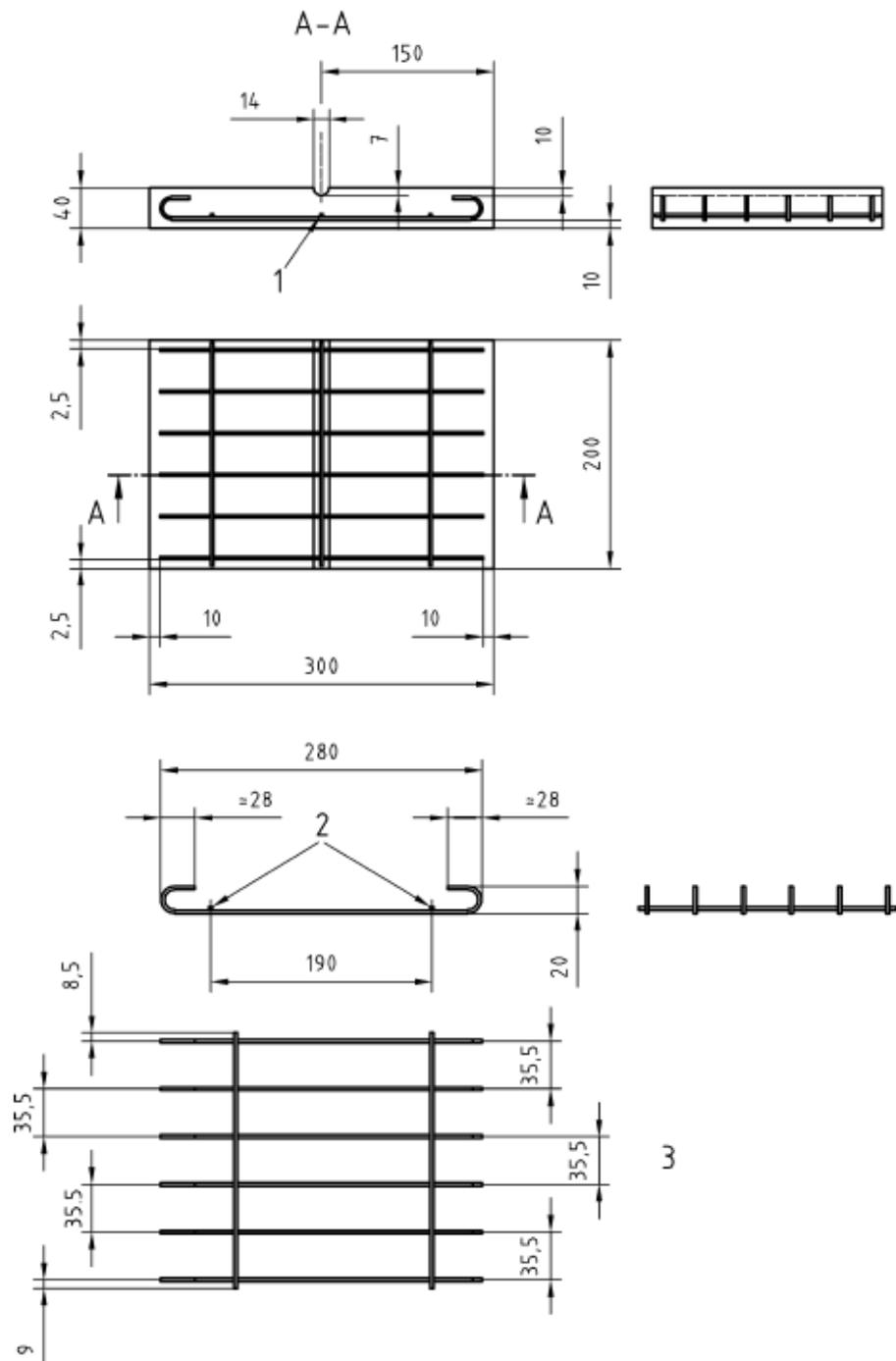
Classe	Largeur de fissure couverte µm	Vitesse mm/min
A1	> 100	— a)
A2	> 250	0,05
A3	> 500	0,05
A4	> 1 250	0,5
A5	> 2 500	0,5

a) Essai de traction statique (voir Annexe C).

La température d'essai pour la classe A1 est de 23 °C. La température d'essai recommandée pour les classes A2 — A5 est de – 10 °C. Les parties intéressées peuvent convenir d'autres températures d'essai, par exemple 10 °C, 0 °C, – 20 °C, – 30 °C et – 40 °C. Dans ce cas la température d'essai doit être indiquée entre parenthèses après la classe, par exemple, A4 (– 20 °C).

À la suite d'échanges avec les professionnels des produits de peinture, il est donc décidé de réaliser des essais complémentaires pour relier les résultats de résistance à la fissuration obtenus pour les essais déjà réalisés à des résultats d'essais normalisés selon la norme NF EN 1062-7.

Pour la réalisation d'essais, des subjectiles béton sont fabriqués, avec une composition conforme aux exigences de la norme NF EN 1766 (mortier de type MC (0,45) et D_{max} de 8 mm). Le plan de ferrailage de ces subjectiles est présenté à la figure 20 ci-après. Les armatures utilisées sont de type HA6. L'entaille est réalisée par une réservation positionnée dans le moule. Après fabrication, les éprouvettes sont conservées pendant au moins 7 jours en atmosphère de laboratoire.



Légende

- 1 Revêtement
- 2 Soudage par points
- 3 Armature en acier $\varnothing 4$

Figure 20 – Plan de ferrailage des éprouvettes pour la caractérisation de la résistance à la fissuration par flexion – Annexe C.2 de la norme NF EN 1062-7

À la suite de la période de conservation des subjectiles bétons, l'enduit est appliqué avec une épaisseur de couche de 1,5 mm sur la face opposée à l'entaille tout en laissant une bande de 25 mm sur chaque bord de l'éprouvette pour y placer le capteur de déplacement (dans la longueur de l'éprouvette) ou les couteaux de chargement lors de l'essai de flexion (dans la largeur de l'éprouvette).

Le montage expérimental de l'essai de flexion statique est présenté à la figure 21 ci-après. L'essai est piloté par un contrôle de la déformation mesurée le long de la surface revêtue sur le côté opposé à l'entaille.

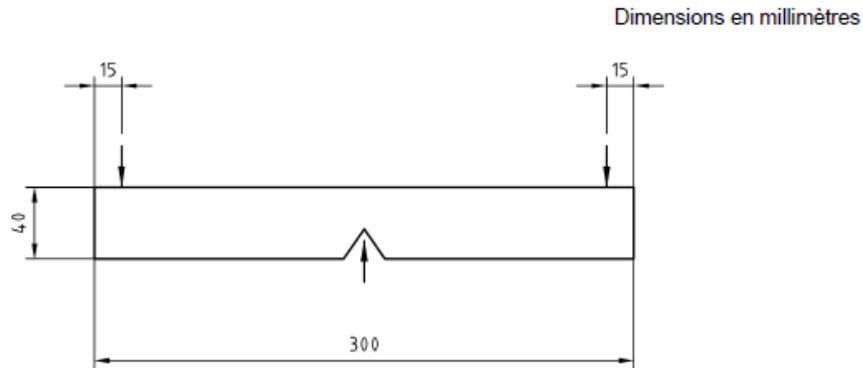


Figure 21 – Montage expérimental pour l'essai de flexion statique

Lors de l'essai, la fissure se propage « au droit » de l'entaille, apparait sous l'enduit, on observe ensuite une propagation de la fissure dans l'enduit. Le pilotage de l'essai est réalisé sur un capteur extensomètre à une vitesse d'ouverture de fissure donnée. L'essai est arrêté lorsque la fissure engendrée traverse totalement l'enduit placé en revêtement.

Pour une meilleure visibilité lors de l'essai, l'orientation de l'essai de flexion a été modifiée par rapport à la figure 16. Le dispositif d'essai est présenté à la figure 22. Trois éprouvettes sont testées par produit à caractériser. Le résultat moyen des trois essais est retenu.



Figure 22 – Montage d'essais - CERIB

Les résultats obtenus et reliés aux résultats obtenus selon la première méthode de caractérisation de la résistance à la fissuration des enduits sont présentés à la figure 23 ci-après.

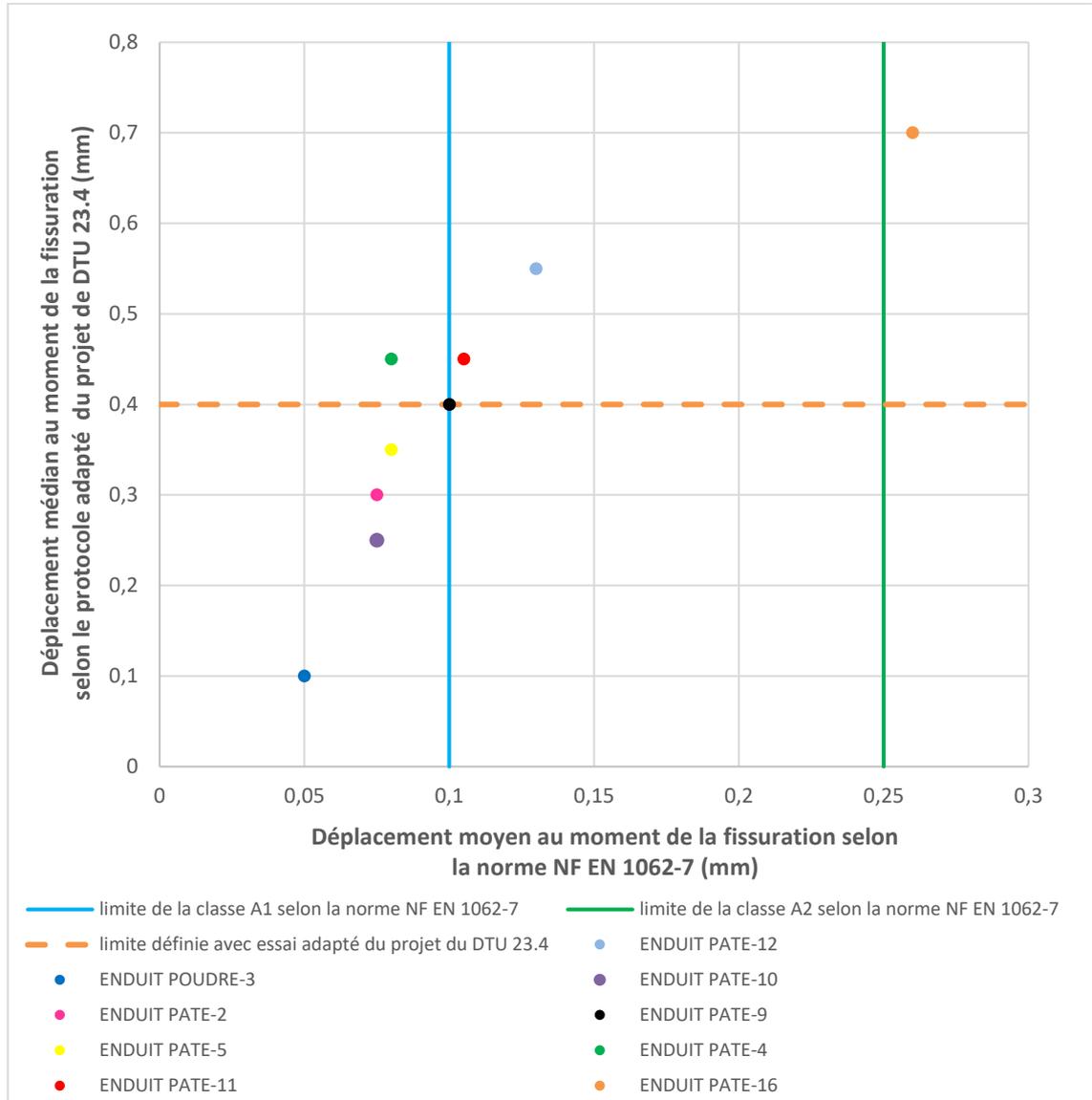


Figure 23 – Relation entre les résultats obtenus (déplacements) de résistance à la fissuration selon le protocole adapté issu de la NF DTU 23.4 et les résultats obtenus selon la norme NF EN 1062-7 et limites associées

Les produits qui présentent un résultat d’essais supérieur à 0,1 mm selon la norme NF EN 1062-7 présentent aussi un résultat d’essai supérieur à 0,4 mm selon le protocole adapté de la NF DTU 23.4.

2.8. Conclusions générales

Au même titre que pour les produits de joint, les propriétés des enduits utilisés apparaissent prépondérantes vis-à-vis des phénomènes de fissuration apparaissant en sous-face de planchers à prédalles.

Les paramètres de premier ordre assurant la qualité des joints de prédalles sont connus. Toutefois, il a pu être observé ponctuellement des désordres au niveau des revêtements au droit de joints souples (les joints eux-mêmes ne fissurent pas). Deux typologies de désordres ont pu être répertoriées : l'écaillage du revêtement et sa fissuration sous forme rectiligne.

L'écaillage du revêtement a été mis en relation avec la capacité d'un produit de joints à se réhumidifier (ou à rester humide) dans des conditions dites « hivernales » pour le séchage des produits de revêtements.

L'essai d'écaillage du revêtement permet de rendre compte de la compatibilité des produits de joints souples avec les revêtements courants et le séchage de ces derniers.

En ce qui concerne l'autre désordre majoritairement observé sur chantier, à savoir l'apparition de fissures rectilignes au niveau du revêtement, celui-ci est mis en relation avec la rigidité de certains enduits existants sur le marché. Les produits de peinture (enduits en particulier) doivent présenter un déplacement au moment de fissuration supérieur ou égal à 0,40 mm (conformément au mode opératoire détaillé dans ce rapport). Les peintures caractérisées lors de cette étude atteignent ce critère. Les enduits ne l'atteignent pas tous.

2.9. Projet de recommandations additionnelles sur les produits de joint de catégorie II

En addition aux exigences de la norme NF DTU 23.4 vis-à-vis du traitement des joints de prédalles, il est recommandé d'utiliser un produit de joint qui constitue un support apte au revêtement. Ainsi, les produits de joint de catégorie II devraient faire l'objet d'une qualification supplémentaire via la réalisation d'un essai d'écaillage du revêtement selon le protocole défini au paragraphe 2.4.2 du présent rapport - conditions d'essais (a) et (b) ; le critère d'acceptation est l'absence de désordre sur la peinture lorsqu'observée visuellement. A titre informatif, les produits de joints de catégorie II pourraient aussi faire l'objet des essais suivants :

- évaluation de l'évolution de la teneur en eau ;
- évaluation de sa capacité d'absorption d'eau à 28 jours et d'une éventuelle modification de la consistance du produit sous l'effet d'une réhumidification.

2.10. Projet de recommandations sur les produits de peinture appliqués pour les revêtements en sous-face de plancher à prédalles industrialisées dans le cas d'utilisation de produit de joint de catégorie II

En revêtement de produits de joint de catégorie II, il est recommandé d'utiliser des enduits suffisamment souples pour éviter l'apparition de fissures rectilignes. Pour cela, les enduits en poudre semblent à proscrire. Les enduits en pâte, devraient faire l'objet d'une caractérisation, qui pourrait être faite :

- soit selon le protocole adapté de la NF DTU 23.4 P1-2 décrit dans le présent document – le critère est alors un déplacement au moment de fissuration supérieur ou égal à 0,40 mm ;
- soit selon l'annexe C.2 de la norme NF EN 1062-7 – le critère est alors la classe A1 selon cette même norme.

Bibliographie

- [1] **Thierry LUCAS**
Dégradation, durabilité des peintures.
Techniques de l'ingénieur (2007)

- [2] **AFNOR**
Travaux de bâtiment – Revêtements de peinture en feuil mince, semi-épais, ou épais
–
Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types (2013)

- [3] **Vangelis Antzoulatos**
Formuler pour protéger. 1 plus 1 font 3.
2018

- [4] **AQC pathologies Dalles-Prédalles**

- [5] **Peintures Gauthier**
« Support, Désordres, Normes ». Pour la décoration et la protection des façades.

- [6] **Stadox**
« Diagnostiquer les défauts de peintures et les éliminer ».

- [7] **Glasurit**
<https://www.glasurit.com/fr/guide-des-defauts-de-peinture>

- [8] **NF DTU 59-1**
Revêtements de peinture en feuil mince, semi-épais ou épais.
Juin 2013

- [9] **Neoformula**
« Peinture bâtiment ».
Formation CERIB (2015)

- [10] **NF EN 1062-1**
Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de revêtements pour maçonnerie
et béton extérieurs - Partie 1 : classification.
Octobre 2004

- [11] **NF EN 16566**
Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de revêtements pour maçonnerie
et béton extérieurs - Partie 1 : classification.
Juillet 2014

Annexes

Annexe 1 – Classification des enduits selon la norme NF EN 16566

Symbole	Propriétés correspondantes	Norme d'essai	Critères de classification
G	Brillant spéculaire	EN ISO 2813 et EN 1062-1	G0 propriété non mesurée, G1 brillant, G2 satin, G3 mat.
S	Granulométrie	EN 1062-1	de S1 « inférieure à 100 µm » à S4 « supérieure à 1 500 µm ».
V	Perméabilité à la vapeur d'eau	EN ISO 7783	V0 soit lorsqu'aucune exigence n'est requise soit propriété non mesurée. V1 « perméabilité forte », V2 « perméabilité moyenne » à V3 « perméabilité faible ».
W	Perméabilité à l'eau liquide	EN 1062-3	W0 soit lorsqu'aucune exigence n'est requise soit propriété non mesurée. W1 « perméabilité supérieure à 0,5 kg/(m ² .h ^{1/2}) », à W3 « perméabilité inférieure à 0,1 kg/(m ² .h ^{1/2}) ». De la façon suivante.
A	Résistance à la fissuration	EN 1062-7	A0 soit lorsqu'aucune exigence n'est requise soit propriété non mesurée. A1 « résistance jusqu'à 100 µm » à A5 « résistance jusqu'à 2 500 µm ».
C	Perméabilité au dioxyde de carbone	EN 1062-6	C0 soit lorsqu'aucune exigence n'est requise soit propriété non mesurée. C1 lorsque la perméabilité est inférieure à 5 g/(m ² .24 h).
R	Résistance au frottement humide	EN ISO 11998	R0 soit lorsqu'aucune exigence n'est requise soit propriété non mesurée. De R _A « perte d'épaisseur inférieure à 50 µm à 200 frottements » à R _D « perte d'épaisseur inférieure à 50 µm à 200 frottements ».

Index des figures

Figure 1 – Phénomène d'écaillage du revêtement.....	9
Figure 2 – Évolution de la teneur en humidité en fonction de la température.....	9
Figure 3 – Fissuration du revêtement	10
Figure 4 - Code de désignation des enduits selon la norme NF EN 16566.....	14
Figure 5 - Support en béton - schéma	15
Figure 6 - Détail de l'évidement où sera serré le produit de joint	15
Figure 7 – Support béton - photographie	15
Figure 8 - Ferrailage du corps d'épreuve	16
Figure 9 – Opération de pré-fissuration de l'éprouvette avant pose du joint	16
Figure 10 - Photographies des éprouvettes après pose des joints	17
Figure 11- Produit J1 sec (gauche) et imbibé d'eau (droite)	18
Figure 12 - Produit J2 sec (gauche) et imbibé d'eau pendant 10 jours (droite)	18
Figure 13 - Produit J2 à gauche, Produit J1 à droite	18
Figure 14 - Représentation graphique de l'évolution de la teneur en eau des produits de joints au cours du temps.....	19
Figure 15 – Évidement rempli par le produit de joint.....	24
Figure 16 - Principe de réalisation de l'essai	25
Figure 17- Consignes de pilotage retenue pour la réalisation de l'essai de flexion avec pilotage en déplacement	26
Figure 18 – Fissuration de l'enduit lors d'un essai de flexion	30
Figure 19 – Fissuration du revêtement sans fissuration du produit de joint.....	32
Figure 20 – Plan de ferrailage des éprouvettes pour la caractérisation de la résistance à la fissuration par flexion – Annexe C.2 de la norme NF EN 1062-7	34
Figure 21 – Montage expérimental pour l'essai de flexion statique	35
Figure 22 – Montage d'essais - CERIB.....	35
Figure 23 – Relation entre les résultats obtenus selon le protocole adapté issu de la NF DTU 23.4 et les résultats obtenus selon la norme NF EN 1062-7 et limites associées	36

Index des tableaux

Tableau 1 - Principaux désordres connus en ce qui concerne les peintures en bâtiment [5][6][7]	8
Tableau 2 - Propriétés d'un produit de peinture corrélées aux composants les favorisant [9]	12
Tableau 3 - Étude de l'impact des conditions « hivernales » sur le phénomène d'écaillage avec le produit de joint J2	21
Tableau 4 - Étude de l'impact des conditions « hivernales » sur le phénomène d'écaillage avec le produit de joint J1	22
Tableau 5 - Résultats d'essais - Pilotage en force - protocole issu de la NF DTU 23.4	27
Tableau 6 - Résultats d'essais - Pilotage en déplacement - protocole adapté de la NF DTU 23.4	27
Tableau 7 - Résultats d'essais : caractérisation de la résistance à la fissuration des peintures	28
Tableau 8 - Résultats d'essais : caractérisation de la résistance à la fissuration des enduits en poudre	29
Tableau 9 - Résultats d'essais : caractérisation de la résistance à la fissuration des enduits en pâte	30
Tableau 10 - Résultats d'essais : caractérisation de la résistance à la fissuration des trios « produit de joint/enduit/peinture » et rappel des résultats d'essais pour la caractérisation individuelle de chaque produit	32
Tableau 11 - Classification des peintures selon la norme NF EN 1062-7, conditions d'essais et précisions associées	33

RAPPORT

ÉTUDES ET RECHERCHES

NORMALISATION
CERTIFICATION

THOMAS DUVAL



/ Cerib - CS 10010
28233 Épernon cedex

/ 02 37 18 48 00
cerib@cerib.com

CHOIX DES PRODUITS DE PEINTURE DESTINÉS AU REVÊTEMENT DE PLAFOND EN SOUS-FACE DE PLANCHER RÉALISÉ À PARTIR DE PRÉDALLES

Les paramètres de premier ordre assurant la qualité des joints de prédalles sont connus. Toutefois, il a pu être observé ponctuellement des désordres au niveau des revêtements au droit de joints souples (les joints eux-mêmes ne fissurent pas). Deux typologies de désordres ont pu être répertoriées : l'écaillage du revêtement et sa fissuration sous forme rectiligne.

L'écaillage du revêtement a été mis en relation avec la capacité d'un produit de joints à se réhumidifier (ou à rester humide) dans des conditions dites « hivernales » pour le séchage des produits de revêtements. Pour prévenir ce type de désordre, il est recommandé d'utiliser un produit de joint qui constitue un support apte au revêtement. Ainsi, les produits de joint de catégorie II devraient faire l'objet d'une qualification supplémentaire via la réalisation d'un essai d'écaillage du revêtement en conditions témoin (20°C et 50% HR) et conditions hivernales (5°C et 100% HR) : le critère d'acceptation est l'absence de désordre sur la peinture lorsqu'observée visuellement.

En ce qui concerne l'apparition de fissures rectilignes au niveau du revêtement, l'étude montre que la rigidité de l'enduit joue un rôle important. En revêtement de produits de joint souples (catégorie II), il semble alors nécessaire d'utiliser des enduits suffisamment souples pour éviter l'apparition de fissures rectilignes. Pour cela, les enduits en poudre semblent à proscrire. Les enduits en pâte, devraient faire l'objet d'une caractérisation, qui pourrait être faite :

- Soit selon le protocole adapté du projet de DTU 23.4 décrit dans le présent document – le critère est alors un déplacement au moment de fissuration supérieur ou égal à 0,40 mm ;

- Soit selon l'annexe C.2 de la norme NF EN 1062-7 – le critère est alors la classe A1 selon cette même norme.