

CDC-ETA

CAHIER DES CHARGES

concernant les

travaux d'

ÉTANCHÉITÉ DES OUVRAGES D'ART

TABLE DES MATIÈRES

1	<i>PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES</i>	5
1.1	<i>Qualification de l'entreprise et du personnel</i>	5
1.2	<i>Produits</i>	5
1.3	<i>Livraison étiquetage</i>	5
1.4	<i>Transport, manutention, stockage</i>	6
1.5	<i>Matériel</i>	6
1.6	<i>Mise en œuvre des produits</i>	6
1.7	<i>Instructions d'exécution</i>	7
1.8	<i>Contrôles</i>	8
1.9	<i>Plan « as-built »</i>	8
1.10	<i>Protections</i>	8
1.11	<i>Sécurité sur chantier</i>	9
1.12	<i>Contrôle interne à la chaîne de fabrication</i>	9
1.13	<i>Pièces à remettre par le soumissionnaire</i>	9
1.14	<i>Pièces à remettre par l'adjudicataire</i>	9
1.15	<i>Décompte</i>	10
1.16	<i>Moins values</i>	10
1.17	<i>Analyse des prix</i>	10
1.18	<i>Remarques</i>	10
2	<i>PRÉPARATION DU SUPPORT</i>	11
2.1	<i>Prescriptions générales</i>	11
2.1.1	Examen des surfaces à préparer, état des lieux	11
2.1.2	Abrasifs	11
2.1.3	Prestations complémentaires	11
2.2	<i>Support béton</i>	11
2.2.1	Procédés	11
2.2.2	Contrôles	12

2.3	<i>Support acier</i>	12
2.3.1	Procédés	12
2.3.2	Contrôles	12
2.4	<i>Acceptation des préparations de support</i>	13
3	<i>IMPRÉGNATION ÉPOXYDIQUE</i>	14
3.1	<i>Prescriptions générales</i>	14
3.2	<i>Produits</i>	14
3.3	<i>Mise en œuvre des produits</i>	14
3.3.1	Monocouche	14
3.3.2	Bicouche	15
3.3.3	Enduit gratté	15
3.3.4	Cure du béton frais à l'aide de résines EP (Grünversiegelung)	15
3.4	<i>Contrôles et essais</i>	16
4	<i>ÉTANCHÉITÉS BITUMINEUSES SUR OUVRAGES D'ART</i>	17
4.1	<i>Prescriptions générales</i>	17
4.2	<i>Produits</i>	17
4.3	<i>Matériel</i>	18
4.4	<i>Mise en œuvre des produits</i>	18
4.5	<i>Contrôles et essais</i>	18
5	<i>ÉTANCHÉITÉS À BASE DE RÉSINES LIQUIDES</i>	20
5.1	<i>Prescriptions générales</i>	20
5.2	<i>Matériel</i>	20
5.3	<i>Type polyuréthane (PU)</i>	20
5.3.1	Produits	20
5.3.2	Mise en œuvre des produits	21
5.3.3	Contrôles	21
5.4	<i>Type polyester (UP)</i>	23
5.4.1	Produits	23
5.4.2	Mise en œuvre des produits	23
5.5	<i>Type époxy-polyuréthane (EP-PU)</i>	24
5.5.1	Produits	24
5.5.2	Mise en œuvre des produits	24
5.5.3	Contrôles	25
5.6	<i>Étanchéités pour supports acier avec protection lourde</i>	26
5.6.1	Produits	26
5.6.2	Mise en œuvre des produits	26
5.6.3	Contrôles	26

6	<i>MEMBRANES SYNTHÉTIQUES</i>	28
6.1	<i>Prescriptions générales</i>	28
6.2	<i>Produits</i>	28
6.2.1	Type PVC-P	28
6.2.2	Type PE	28
6.2.3	Type TPE	28
6.2.4	Type EPDM	28
6.2.5	Sous-couches et voiles de protection	28
6.3	<i>Techniques de mise en œuvre des membranes</i>	29
6.3.1	Généralités	29
6.3.2	Préparation des supports	29
6.3.3	Pose en adhérence	29
6.3.4	Pose libre	30
6.3.5	Techniques d'assemblage aux recouvrements	30
6.3.6	Changements de plan	31
6.3.7	Joints	31
6.3.8	Percements	31
6.3.9	Couches de protection	32
6.4	<i>Contrôles</i>	32
7	<i>CHAPES EN ASPHALTE COULÉ (A.C.)</i>	34
7.1	<i>Prescriptions générales</i>	34
7.2	<i>Matériaux</i>	34
7.3	<i>Matériel</i>	35
7.4	<i>Mise en oeuvre</i>	36
7.4.1	Filets d'eau en asphalte coulé	36
7.4.2	Chapes de reprofilage en asphalte coulé	36
7.4.3	Contre chapes en asphalte coulé	36
7.4.4	Couches de roulement en asphalte coulé	37
7.4.5	Joints d'étanchéité coulés à chaud	37
7.4.6	Joints d'étanchéité coulés à froid (2C)	38
7.5	<i>Contrôles et essais</i>	38
8	<i>ANNEXES</i>	39
8.1	<i>Essais</i>	39
8.1.1	Conditions extérieures d'exécution	39
8.1.2	Adhérence	39
8.1.3	Rugosité du support	39
8.1.4	Humidité du support	40
8.1.5	Épaisseur de couches flexibles	42

8.2	<i>Tableaux</i>	43
8.2.1	Tableau 1 Procédés de préparation en surface de supports béton	43
8.2.2	Tableau 2 Procédés de préparation en surface de supports aciers	44
8.2.3	Tableau 3 Prescriptions techniques de la chape plaquée d'une feuille métallique.	45
8.2.4	Tableau 4 Prescriptions techniques de la chape à base de bitumes polymères armée d'un non tissé posé dans sa partie supérieure.	46
8.2.5	Tableau 5 Prescriptions techniques des membranes synthétiques.	47
8.2.6	Tableau 6 Prescriptions techniques des sous couches et voiles de protection.	48
8.2.7	Tableau 7 Prescriptions pour chapes en asphalte coulé	49
8.2.8	Tableau 8 Courbes granulométriques des asphaltes coulés	50
8.2.9	Analyse des prix Formulaire pour l'indication des données de base	51
8.2.10	Analyse des prix Formulaire pour l'analyse des prix unitaires	52

1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

Le présent cahier des charges définit d'une façon générale les règles applicables pour les travaux d'étanchéité sur ouvrages d'art.

Toutes les couches du complexe d'étanchéité doivent être liées d'une façon homogène et durable à leurs supports sous-jacents (à l'exception des membranes synthétiques visées par le chapitre 6 qui sont généralement posées en indépendance). L'écoulement des eaux pendant chaque phase de travail ainsi qu'à la fin des travaux doit être assuré à tout moment. Aucune flache d'eau stagnante n'est admise. Les travaux d'étanchéité sont à organiser de telle sorte que chaque surface de travail puisse être drainée ou asséchée immédiatement.

Des essais préliminaires sur des surfaces d'essai sont prescrits avant l'exécution de toute couche du complexe d'étanchéité. Ces essais seront poursuivis jusqu'à satisfaction et toutes les consignes et prescriptions supplémentaires ayant pu y être établies sont à respecter strictement lors de l'exécution des travaux proprement dits. Les travaux seront réalisés par le même personnel que celui ayant effectué les essais préliminaires. L'Entrepreneur devra assumer seul, à l'entière décharge de l'Administration, la responsabilité de tout dégât causé à des propriétés publiques ou privées ou de tout accident survenant lors du chantier à des tiers, à des ouvriers et à des préposés.

1.1 Qualification de l'entreprise et du personnel

L'ensemble des travaux d'étanchéité exige un maniement de spécialiste de l'appareillage et des produits utilisés, qui doit être exécuté par une main d'œuvre très spécialisée et en employant un appareillage fiable et de haute qualité. L'exécution des travaux est à surveiller par un responsable confirmé ayant acquis ses qualifications par formation continue spécifique au type des travaux.

1.2 Produits

L'ensemble des différents produits du système d'étanchéité sera couvert par un agrément conforme aux normes indiquées et dont la production doit être contrôlée par un organisme officiel d'un pays membre de la C.E.E..

Les différents produits du système d'étanchéité seront livrés par le même formulateur, d'une part afin d'avoir des garanties concernant la compatibilité entre les matériaux et, d'autre part pour disposer d'informations précises relatives aux modalités d'application des diverses couches du système d'étanchéité. Les différents produits doivent constituer un système d'ensemble compatible et disposant de résultats précis quant aux performances mécaniques, physiques et chimiques.

L'acceptation des produits proposés par l'Entrepreneur est en outre soumise à la production préalable des précisions et renseignements suivants :

- le manuel de qualité ;
- la provenance, dénomination commerciale des produits ;
- la notice technique du fabricant, qui est à joindre impérativement pour tout type de produit utilisé, doit comprendre:
 - o la fiche d'identification;
 - o les caractéristiques d'adhérence sur supports, les autres performances mécaniques et les propriétés physiques;
 - o les conditions de stockage;
 - o les conditions de mélange, et de mise en œuvre;
 - o pour les produits bi composants, le temps d'utilisation à partir du mélange, pour la gamme de température compatible avec une bonne mise en œuvre et une efficacité totale du matériau et de la technique;
 - o les domaines et conditions d'utilisation, le mode d'emploi et les contre-indications, le dosage visé;
 - o les conditions et limites d'emploi des produits ;
- des références et des résultats sur des travaux analogues effectués par l'Entrepreneur avec ces mêmes produits ;
- la description des dispositions envisagées en section courante et aux points singuliers, en tenant compte des conditions géométriques et mécaniques des supports, ainsi que des conditions climatiques ;
- les mesures de sécurité et d'hygiène à respecter.

1.3 Livraison étiquetage

L'étiquetage des résines comprendra les informations et les consignes suivantes :

- dénomination commerciale du produit, nom du fournisseur et du fabricant ;
- nature et utilisation du composant ;

- date limite d'utilisation ;
- masse du composant et mention de constitution de la formulation complète (la formulation complète a un poids net de X et est constituée par le présent composant d'un poids net de Y et par le composant contenu dans l'autre emballage d'un poids net de Z, etc.) ;
- désignation de l'ouvrage et un espace réservé aux références du service de réception de l'Administration ;
- mentions d'inflammabilité, de toxicité, de corrosivité, de sensibilité à la cristallisation, au gel, à la chaleur, au rayonnement solaire et à l'humidité ;
- numéro du lot, code de fabrication, normes internes d'étiquetage et sceau du contrôle externe.

Les membranes sont livrées debout dans leur emballage d'origine du fabricant. Elles doivent, au moment de leur mise en œuvre, être sèches.

L'étiquetage des membranes comprendra les informations et les consignes suivantes:

- dénomination commerciale du produit
- nom du fournisseur et du fabricant
- numéro du lot, code de fabrication, normes internes d'étiquetage et sceau du contrôle externe
- longueur des membranes

1.4 Transport, manutention, stockage

Les produits thermodurcissables sont entre stockés dans un endroit clos et tempéré à une température supérieure à 5°C et sous faible humidité, sans contact avec le sol et rangés proprement. Toutes les opérations de transport, de stockage et de manutention sont organisées et effectuées de manière à éviter toute altération des matériaux. Le registre des stocks est à tenir à jour. Les informations relatives à l'heure du prélèvement et à l'endroit d'application, entre autres, devront y figurer. La traçabilité des opérations est requise.

La gestion des stocks est à conduire de façon à ce que l'Administration soit prévenue de la livraison d'un certain lot (au moins 5 jours ouvrables à l'avance). Les réceptions des produits et du matériel font partie du P.A.Q. Pour l'Administration, elles sont ainsi soumises à la production de l'attestation établie par le responsable du contrôle interne de l'Entrepreneur, indiquant que les vérifications d'identification, de conformité à la commande et aux prescriptions du marché, etc. ont été effectuées et qu'elles correspondent aux spécifications demandées.

Tout produit endommagé et, en général, tout produit ou matériel non conforme aux prescriptions du présent C.D.C. sera rebuté.

1.5 Matériel

L'acceptation des appareillages proposés par l'Entrepreneur est en outre soumise à la production préalable des précisions et renseignements suivants :

- notice et fiche techniques de l'appareillage utilisé ;
- la description des moyens en personnel et en matériel prévus pour l'exécution des travaux ;
- le délai d'exécution résultant du rendement de ces équipements ;
- les répercussions de l'exécution de ces travaux sur les autres travaux ;
- les prescriptions relatives à la sécurité du personnel ;
- les résultats des essais préliminaires prescrits.

D'une façon générale, le matériel est entreposé dans un endroit clos et à l'abri des intempéries. Il est à nettoyer et à contrôler soigneusement après chaque usage. L'ensemble du matériel et des instruments de contrôle nécessaire à l'exécution des travaux restera la propriété de l'Entrepreneur et sera fourni par lui.

1.6 Mise en œuvre des produits

Immédiatement après décapage, les surfaces traitées doivent être débarrassées de tous les corps étrangers non adhérents par un dépoussiérage soigné réalisé par aspiration.

Avant chaque nouvelle opération il sera procédé à un dépoussiérage réalisé dans les mêmes conditions.

Les surfaces et endroits traités sont à protéger contre tout ce qui pourrait nuire à l'application des couches suivantes. Complémentairement l'Entrepreneur doit organiser son travail de telle sorte que les distances séparant l'emplacement où est effectué la préparation des supports et des emplacements où est effectuée la mise en œuvre des produits ou des parties d'ouvrage en cours de séchage, soient telles qu'il n'y ait à craindre aucune interférence. Si tel n'est pas le cas, les surfaces polluées doivent être reprises par l'Entrepreneur et ceci à ses frais. L'Entrepreneur est tenu d'avertir l'Administration, au plus tard 24 heures à l'avance, du début et de la fin des travaux de mise en œuvre de l'étanchéité, de façon à ce que les réceptions (retenues par écrit dans le rapport de

chantier et dans les fiches PAQ) des différentes couches, obligatoires avant la suite des travaux, puissent être effectuées conjointement et que l'Entrepreneur puisse procéder, le cas échéant, aux réparations. Les temps d'attente entre l'application des imprégnations époxydiques et la mise en œuvre de la couche d'étanchéité sont à respecter. Ils seront conformes aux prescriptions de pose du fournisseur et en fonction des températures ambiantes.

Les différents composants sont à livrer et les travaux sont à organiser de façon à exclure les erreurs de dosage sur chantier et à garantir une bonne homogénéité des produits. Le projet d'exécution est à soumettre à l'approbation de l'ingénieur dirigeant, les supports sont à réceptionner avant et après exécution des travaux et les données utiles sont à transférer sur site et dans les plans. Les différentes couches successives sont à nettoyer, dépoussiérer et assécher, ainsi à préparer et à réparer dans le cas où elles ne seraient plus aptes à recevoir la couche suivante (influence de l'humidité, saleté, taches d'huile, dépassement de temps d'attente, formation de bulles, inhomogénéité de teinte, perturbation du durcissement). Les parements, les pierres de taille, etc., sont à protéger pour éviter tous risques de coulures et de salissures en provenance des travaux.

Les étanchéités synthétiques sont d'une façon générale à appliquer dans leur état liquide sur supports, préalablement imprégnés aux résines époxydiques. Les différentes étapes de la mise en œuvre du complexe d'étanchéité, depuis la préparation du support jusqu'à l'application des couches de protection sont à exécuter dans un temps aussi court que possible.

Il est interdit de fractionner les emballages prédosés. Il est également interdit de modifier la formulation sur chantier. Tout ajout de solvants, non prévu par les instructions de pose du formulateur, est strictement proscrit. Le respect du rapport de mélange tel que prévu dans les instructions du fournisseur est à vérifier (Attention aux rapports « par poids » et « par volume »). L'homogénéité des mélanges est à surveiller en permanence. Les récipients vides sont à stocker de façon à ce qu'aucune coulure ne puisse souiller les subjectiles.

Les prescriptions de dosage, de mélange et de mise en œuvre, éventuellement supplémentaires, données par le formulateur sont à suivre rigoureusement. Tout sable non adhérent sur imprégnations ou autres couches intermédiaires est à éliminer au plus tôt possible, tout en respectant les temps de durcissement prévus par le fournisseur. Au cas où les surfaces à revêtir seront fractionnées en plusieurs phases, les différentes couches seront, afin de garantir un raccord ultérieur dans les règles de l'art, exécutées en marches décalées de minimum 10 cm chacune sans laisser de traces.

Les travaux seront obligatoirement suspendus par temps de pluie, brouillard, formation de rosée, humidité relative supérieure à 75% (sauf indication contraire du formulateur, avec résultats d'études d'épreuves agréés à l'appui), températures du support supérieures à +35°C ou inférieures à +8°C (12°C pour les supports en acier.). Un matériel particulièrement adapté est à utiliser pour la réalisation des mélanges. La durée de malaxage des différents composants et mélanges est fixée dans les instructions d'exécution. Le mélange ne peut être mis en œuvre que dans un laps de temps limité et imposé.

Les parties métalliques ou en fonte tels que avaloirs, barres de scellement, dispositifs de transition etc. , qui seront en contact avec le nouveau complexe d'étanchéité sont à traiter selon les instructions de mise en œuvre du fournisseur. Les parties en matière synthétique (CPV, PE, PP, etc....) tels que tuyaux de drainage et d'aération sont à raccorder sans jointure au nouveau complexe d'étanchéité.

La circulation et le stationnement de personnes, de véhicules, d'engins de chantier, ainsi que le dépôt d'objets sans que des mesures de protection spéciales et adéquates n'aient été prises, ne sont pas permis sur les différentes couches du complexe d'étanchéité. La circulation sur la surface des membranes d'étanchéité doit se limiter aux besoins de la mise en œuvre de cette couche et de la contre chape en asphalte coulé. Seuls les engins équipés de pneus en caoutchouc sont acceptés. Tout freinage brusque ou braquage est strictement défendu.

La mise en œuvre des chapes de protection en asphalte coulé doit se faire aussi tôt que possible tout en respectant les temps d'attente prévus au manuel du fournisseur.

1.7 Instructions d'exécution

Avant le début du chantier, l'applicateur présentera son manuel d'instructions d'exécution détaillé à l'approbation de l'ingénieur responsable de l'Administration dans le cadre du P.A.Q.

Ce manuel de qualité comprendra le manuel des règles et le recueil des procédures.

Ce document sera tenu à jour et doit donc rassembler toutes les informations et instructions relatives au "Système Qualité" de l'Entreprise, dont notamment (énumération non limitative) :

- les conditions d'utilisation;
- les procédés, produits et le matériel à utiliser pour les travaux d'étanchéité, y compris les agréments et certificats de contrôle ;
- les prescriptions, modalités et conditions de préparation, d'exécution et de contrôle de l'ensemble des opérations nécessaires à ces travaux. ;
- les délais de recouvrement minimaux et maximaux entre types de traitement et entre les différentes couches du système d'ensemble ;
- les travaux de finition et d'évacuation ;
- les tableaux types des contrôles à effectuer ;

- les modalités du contrôle interne.

1.8 Contrôles

Avant le début, pendant et après chaque phase des travaux, l'Entrepreneur procède aux contrôles, qui sont spécifiés dans ses prescriptions d'exécution approuvées. Les contrôles font partie du P.A.Q. et sont donc à charge de l'Entrepreneur. Les travaux d'étanchéité réalisés sont à documenter sous forme de rapports, de tableaux récapitulatifs et plans représentatifs et de façon à ce que la traçabilité des opérations soit donnée. Les résultats des contrôles sont à transférer en outre dans les plans et à soumettre au Visa de l'Administration.

Le début de chaque phase de préparation et d'application est soumis à la production des résultats concluants des contrôles de l'Entrepreneur. Pendant l'application, l'Entrepreneur réalisera régulièrement des échantillons du matériau appliqué, afin de permettre l'exécution des essais nécessaires sur le matériau.

L'Administration doit être mise en mesure de s'assurer du bon déroulement des contrôles et les moyens doivent être mis en place afin qu'elle puisse procéder à des contrôles par sondage. En cas de résultats non satisfaisants, les frais d'analyse que l'Administration serait éventuellement amenée à effectuer, ainsi que les traitements complémentaires seront à charge de l'Entrepreneur et celui-ci soumet à l'approbation de l'ingénieur dirigeant, les mesures et remèdes qu'il compte apporter.

Les contrôles généraux à effectuer par l'Entrepreneur, sont énumérés ci-dessous d'une manière non exhaustive :

- Contrôle des conditions d'exécution (voir annexe 8.1.1).
- Contrôle des protections.
- Contrôle des préparations de support.
- Contrôle et réception des produits et du matériel, livraison, étiquetage, transport, manutention, stockage, dosage, mélange et mise en œuvre inclus.
- Contrôle des travaux de préparation et des différentes couches appliquées.
- Contrôle des travaux de finition et des qualités d'aspect.
- Contrôle des épaisseurs en fonction des quantités appliquées.
- Contrôle de la propreté et de la sécurité des travaux et du chantier, ainsi que des conditions d'évacuation des déchets.
- Réception des supports et des travaux.

Les contrôles suivants sont à exécuter d'une façon générale avant l'application des complexes d'étanchéité :

- Conformité des matériaux livrés avec leur commande respective. (Bon de livraison avec les numéros de charge et étiquettes)
- Conformité des emballages.
- Conformité des conditions de stockage.
- Contrôle de la date limite d'utilisation, la date de fabrication, et la durée maximale de stockage.

En supplément aux contrôles généraux, les contrôles spécifiques, énumérés et spécifiés dans les sous-chapitres, sont à effectuer également et à inclure dans le planning et dans le manuel de qualité de l'Entrepreneur.

1.9 Plan « as-built »

Les travaux d'étanchéité réalisés sont à transférer avec tous les détails d'exécution dans les plans existants, respectivement ces derniers sont à corriger en fonction des travaux effectivement réalisés, ou à défaut de plan approprié, ils sont à présenter dans un plan à dresser dans une échelle appropriée et par une personne qualifiée.

1.10 Protections

Le procédé et le matériel de protection, les mesures de sécurité et de précaution, toutes dispositions y relatives, ainsi que toute modalité d'emploi et de contrôle, figurent de manière explicative dans les instructions d'exécution (sub. chapitre 1.7) et sont à soumettre à l'approbation préalable de l'Administration dans le cadre du P.A.Q.

L'Entrepreneur est tenu d'aménager temporairement des protections robustes et efficaces afin d'éviter tout risque, de chute, de salissure, de projection d'abrasifs ou d'autre matériau en provenance de ses travaux. Les abrasifs doivent être évacués rapidement de manière à éviter qu'il ne se forme des dépôts sur certaines parties d'Ouvrage ou des surcharges inutiles sur les O.P. En outre, des clôtures, barrières et passages protégés sont à aménager par l'Entrepreneur afin de protéger tout trafic contre les effets énumérés ci-dessus.

Il doit prendre également toute précaution nécessaire afin que les appareils d'appui, joints d'Ouvrage, gaine

apparente et autre équipement d'Ouvrage ne soient pas abîmés et que notamment aucune poussière d'abrasif ne puisse les atteindre. Des protections sont à installer par l'Entrepreneur, relatives aux sujétions inhérentes à la présence d'instruments de mesure et de contrôle, d'installations, de panneaux, etc.

L'Entrepreneur est tenu d'organiser son travail et d'aménager les protections nécessaires de telle sorte que des parties ou tranches traitées, ainsi que toute partie, élément et équipement non destinés à être traités ne soient pas abîmés par d'autres travaux. Les O.P. doivent obligatoirement être rendus étanches à l'eau, aux poussières et aux pulvérisations.

Toutes les protections sont à entretenir et leur nettoyage doit se faire au minimum 2 fois par semaine, dont la veille d'un jour chômé.

Toutes les précautions, contraintes, travaux supplémentaires et sujétions qui résultent du maintien du ou d'un certain trafic, tous les frais relatifs aux réparations et aux remplacements qui s'imposent, toute remise en état ou remplacement en cas de détérioration par l'Entrepreneur, ou causés par son manque de gardiennage du chantier, ainsi que la reprise de toute surface polluée et de toute couche endommagée sont à charge entière de l'Entrepreneur.

1.11 Sécurité sur chantier

L'Entrepreneur doit prendre toutes les mesures de sécurité et de protection, de même qu'il doit équiper son chantier et son personnel de tout dispositif et équipement de sécurité et de protection de manière à assurer la sécurité et à prévenir les accidents sur chantier. A cet effet, les travaux sont soumis à un PPS.

Un écriteau contenant les dispositions de sécurité à prendre par le personnel, à tenir à jour et muni du visa de l'Entrepreneur, est à afficher sur le chantier.

1.12 Contrôle interne à la chaîne de fabrication

L'exécution des essais de réception et de laboratoire, le personnel mis à la disposition de l'Administration pour des essais "in situ", la production des tableaux et des rapports des contrôles effectués, le respect et le contrôle de toute autre prescription du présent C.D.C. et des instructions d'exécution approuvées, la rédaction des rapports de chantier et des rapports de réunions ayant trait à l'ensemble des travaux d'étanchéité, de même que la production des rapports journaliers du schéma d'avancement, du rapport hebdomadaire, et du rapport final, et en général tout le personnel, tous les instruments de contrôle et de mesure, tous les frais, sujétions et obligations résultant du PAQ font également parti du contrôle interne de l'Entrepreneur et sont à sa charge.

Les contrôles à effectuer figureront dans les instructions d'exécutions approuvées. Ils sont d'ailleurs déjà prescrits d'une manière non exhaustive dans le présent C.D.C. Les résultats de ces contrôles internes sont à protocoler et à soumettre au visa de l'Administration.

1.13 Pièces à remettre par le soumissionnaire

Au moment de son offre, le soumissionnaire doit remettre :

- Les fiches techniques des produits (comprenant les références et la date d'établissement de l'agrément de contrôle de l'organisme agréé).
- Les fiches d'identification (renseignant sur les performances mécaniques et les propriétés physiques des produits et du système d'ensemble).
- Le descriptif du matériel et des procédés choisis pour l'exécution de l'ensemble des travaux prévus au marché.
- Références de travaux analogues effectués avec ces mêmes produits, matériaux et procédés.
- Les coordonnées de l'applicateur.
- L'information écrite concernant l'incompatibilité éventuelle de son système d'ensemble ou d'un certain produit avec des ragréages, des matériaux ou des couches existantes qui ne sont pas destinés à être éliminés par le marché, faute de quoi, les décapages et traitements supplémentaires seront à sa charge s'il était déclaré adjudicataire.

1.14 Pièces à remettre par l'adjudicataire

L'acceptation des produits, du matériel et des appareillages proposés par l'Entrepreneur est soumise à la production préalable des précisions et renseignements suivants :

- Les conditions et limites d'emploi des produits.
- La description des dispositions envisagées en section courante et aux points singuliers, en tenant compte des conditions géométriques et mécaniques des supports, ainsi que des conditions climatiques.
- Les moyens en personnel et en matériel prévus pour l'exécution de ces travaux.

- Le délai d'exécution par type de travail ou de traitement.
- Les répercussions de l'exécution de ces travaux sur les autres.
- Les prescriptions relatives à la sécurité du personnel.
- Les résultats des essais préliminaires.

1.15 Décompte

L'envergure des prestations est à déterminer sur plans pourvu qu'ils existent et que les travaux exécutés correspondent à ces plans ; sinon par métré. Au cas où l'Entrepreneur ne présenterait, dans un délai raisonnable, pas de facture contrôlable, l'Administration se réserve le droit de procéder elle-même à l'établissement du décompte aux frais de l'Entrepreneur.

Que ce soit suivant plans ou suivant métré, la détermination des travaux réalisés s'effectue de la façon suivante:

- pour des surfaces délimitées par d'autres éléments de construction, est mis en compte la surface courante jusqu'aux éléments adjacents, bruts de construction ;
- pour des surfaces non délimitées, est mise en compte la surface d'étanchéité réalisée;
- pour établir la longueur de l'étanchéité ou des armatures de renforcement mis en œuvre au niveau des joints, de transition, des raccords, des terminaisons, des bords, et des noues, est prise en considération la plus grande longueur .

Ne sont pas décomptés :

- si le métré s'effectue au m², les joints et évidements tels que ouvertures et percements pour autant que leurs dimensions ne dépassent pas 2,5 m² chacun ;
- si le métré s'effectue au mètre linéaire, des interruptions isolées ne dépassant pas 1 m de long.

1.16 Moins values

Dans le cas de constatation du non-respect des épaisseurs et/ou quantités appliquées tel que prévu au bordereau ou défini lors des essais préliminaires, le pourcentage de moins-value suivant (exprimé en %) sera retenu sur le prix unitaire des surfaces où les valeurs sont insuffisantes:

$$\frac{(\text{épaisseur exigée [mm]} - \text{épaisseur constatée [mm]})^2}{(\text{épaisseur exigée [mm]})^2} \times 2 \times 1000$$

La même moins-value sera également appliquée sur la fourniture si celle-ci est réglée séparément.

Tout endroit où surface ou l'épaisseur constatée est inférieure à la valeur minimale exigée, est à décaper et à reconstituer aux frais entiers de l'Entrepreneur.

1.17 Analyse des prix

Le Soumissionnaire est obligé de fournir, sur simple demande de l'Administration et endéans la huitaine une analyse des prix détaillée en utilisant les formulaires 8.2.9 et 8.2.10 ci-joints.

1.18 Remarques

Ce document ne peut être diffusé, copié ou transmis sans l'autorisation écrite préalable de l'Administration des Ponts et Chaussées.

Il est évident que le bureau d'études RW Consult, ayant participé à l'élaboration du présent CDC, n'aura pas besoin de cette autorisation.

2 PRÉPARATION DU SUPPORT

Le présent chapitre définit en complément aux prescriptions générales, les règles applicables pour les travaux de préparation du support sur ouvrages d'art.

2.1 Prescriptions générales

2.1.1 Examen des surfaces à préparer, état des lieux

L'exécution des travaux doit faire l'objet d'une analyse préalable des endroits à traiter, l'aptitude pour l'exécution des traitements envisagés. L'Entrepreneur est donc tenu de s'assurer de la qualité des supports.

Les résultats des essais et des investigations sont à représenter sous forme de tableaux et de diagrammes appropriés, séparés par éléments ou parties d'Ouvrage en y marquant toutes les données relevées et utiles.

L'Administration se réserve le droit de laisser procéder à d'autres examens qui pourraient se révéler nécessaires le cas échéant.

Les travaux ne peuvent pas se faire dans des conditions climatiques défavorables.

2.1.2 Abrasifs

Les abrasifs sont soumis à l'agrément de l'Administration, en particulier à la législation luxembourgeoise en vigueur. L'emploi de produits contenant plus de 5 % de silice libre et l'utilisation de scories de cuivres sont interdits.

L'attention de l'Entrepreneur est attirée sur le fait que la nature et la granulométrie de ces abrasifs doivent être adaptées aux travaux à effectuer.

Chaque livraison d'abrasif doit être constatée et réceptionnée qualitativement et quantitativement par l'Administration qui peut rebuter systématiquement tous les produits dont les emballages sont détériorés. L'Entrepreneur doit tenir un livre ou fichier chronologique de magasin ou inventaire permanent sur lequel seront consignées toutes les entrées et toutes les sorties. Ce fichier doit être communiqué, sur sa demande, à tout représentant de l'Administration. Il est visé chaque jour par l'Administration.

2.1.3 Prestations complémentaires

L'Entrepreneur doit également procéder au meulage des parties en saillie et des arêtes, et à l'arasement de toutes les balèvres. Il doit notamment éliminer les désaffleures et autres crêtes ponctuelles, linéaires ou surfaciques, si leur présence n'est pas compatible avec l'épaisseur de la couche rapportée prévue au marché. Il doit aussi procéder au biseautage des arêtes aigues de coffrage. Les surfaces préparées présenteront impérativement des plans rugueux.

En outre, le degré de préparation des supports doit être tel qu'une application irréprochable des produits puisse être garantie. Dans le cas où, après les travaux de préparation, le support aurait été souillé ou à nouveau corrodé, ces travaux sont à répéter aux frais de l'Entrepreneur.

2.2 Support béton

2.2.1 Procédés

La préparation des supports béton nécessite :

- l'élimination totale de la laitance et de la peau du béton, des produits de cure, des huiles de décoffrage, des graisses, des salissures, des inscriptions, des efflorescences, des peintures, de toute trace de rouille et de produit bitumineux, ainsi que de tout corps étranger (inclusion de restes d'éléments de coffrage, etc.);
- l'élimination du béton, mortier ou couche rapportée dégradés et endommagés, jusqu'à mise à nu d'un béton, propre et compact dans sa masse, le contrôle au marteau, afin de déceler les parties encore non adhérentes, ainsi que toutes reprises;
- l'élimination totale des fils de ligature, des clous et autres débris métalliques apparents en surface des supports ;
- et, en général, l'élimination de tout produit pouvant nuire à l'adhérence du revêtement ultérieur.

Les travaux de préparation des supports en béton sont à poursuivre jusqu'à obtention d'une résistance minimale d'adhérence par traction de 1,5 N/mm², en veillant toutefois à ne pas créer inutilement des aspérités. En outre, le degré de préparation des supports doit être tel qu'une application irréprochable des produits puisse être garantie.

La préparation en surface des bétons doit être effectuée par un ou plusieurs moyens parmi ceux énumérés au tableau 1 en annexe.

2.2.2 Contrôles

Adhérence

Essais d'adhérence selon annexe 8.1.2. Minimum 3 essais par partie d'ouvrage.

Support non préparé	:	1 essai par tranche de 400 m ² .
Support préparé	:	1 essai par tranche de 200 m ² .
Couche rapportée	:	1 essai par tranche de 200 m ² .

Rugosité

La rugosité de subjectiles horizontaux est à vérifier selon annexe 8.1.3.

La valeur maximale acceptable est de 1,5 mm. Les supports présentant une rugosité plus élevée sont à meuler, respectivement à reprofiler, à l'aide d'un enduit gratté pour les inégalités allant jusqu'à 5 mm et à l'aide de mortier LHM respectivement époxydique pour les inégalités supérieures à 5 mm.

2.3 Support acier

2.3.1 Procédés

Les travaux de préparation de l'acier sont destinés à rendre le support, du point de vue du degré de propreté et de la rugosité, apte à recevoir les revêtements ultérieurs et à garantir leur adhérence.

Les travaux de décapage de revêtements existants et de préparation de support ne doivent en aucun cas abîmer les éléments de la construction. Toute irrégularité et/ou endommagement est à signaler immédiatement au maître d'œuvre.

La préparation des supports en acier nécessite :

- l'élimination des traces d'huile, des graisses, des salissures, des inscriptions, des peintures, de toute trace de rouille et de produit bitumineux, ainsi que de tout corps étranger ;
- et, en général, l'élimination de tout produit pouvant nuire à l'adhérence du revêtement ultérieur.

Les dépôts de corrosion ainsi que les salissures et/ou anciens revêtements peuvent être éliminés en une seule passe si leur nature et épaisseur le permettent.

La préparation en surface des tabliers en acier et autres pièces métalliques doit être effectuée par un ou plusieurs moyens parmi ceux énumérés au tableau 2 en annexe.

Les surfaces et endroits préparés sont à protéger contre tout ce qui pourrait nuire à l'application des produits de protection des aciers.

La préparation des supports en acier doit être suivie de l'application de leur 1^{ère} couche de protection dans un délai de 6 heures si le degré hygrométrique relatif de l'atmosphère ambiante ne dépasse pas les 60%, respectivement de 4 heures s'il ne dépasse pas les 75% et de 2 heures s'il ne dépasse pas les 85%.

2.3.2 Contrôles

Degré de propreté

Les travaux de préparation des supports en acier sont à poursuivre jusqu'à l'obtention du degré de propreté minimal SA 2½ (selon la norme suédoise SIS 05.5900-1967) respectivement celui tel que prévu dans la position correspondante du bordereau. Toute calamine, peau de laminage rouille et revêtements sont à éliminer jusqu'à obtention d'une surface métallique. Un aspect nuageux, provenant d'une légère coloration des fonds des pores de l'acier, est accepté. Le respect du degré de propreté est à confirmer par comparaison des surfaces préparées avec des clichés normalisés.

Rugosité

La rugosité du support sera mesurée au rugosimètre.

Le critère de rugosité résultant des essais préalables de convenance est à respecter. Il sera conforme à la norme française n° E05-015 ou à des normes équivalentes reconnues par l'Administration.

Adhérence

Essais d'adhérence selon annexe 8.1.2. Minimum 3 essais par partie d'ouvrage.

La résistance minimale d'adhérence entre le support acier et un système d'étanchéité est fixé à : 2,0 N/mm² pour les étanchéités avec couche d'imprégnation et d'accrochage à base de résines réactives 1,5 N/mm² pour les

étanchéités à base de produits bitumineux non réactifs 0,5 N/mm² pour les étanchéités avec couches d'imprégnation bitumineuses et couches d'accrochages bitumineuses sans imprégnation.

2.4 Acceptation des préparations de support

Toutes les surfaces et endroits préparés seront soumis par l'Entrepreneur à l'acceptation de l'ingénieur dirigeant de l'Administration dans le cadre du P.A.Q., ceci avant toute suite des travaux.

Le contrôle est effectué d'une part, par examen viso-tactile et comparaison avec les surfaces témoins (réalisées lors des essais de convenance préalables) ou leurs clichés qui seront annexés au journal de chantier et d'autre part, par exécution des essais en présence de l'Administration avec comparaison des résultats obtenus avec ceux sur support non préparé.

3 IMPRÉGNATION ÉPOXYDIQUE

Le présent chapitre définit en complément aux prescriptions générales, les règles applicables pour les travaux d'imprégnations époxydiques sur ouvrages d'art.

3.1 Prescriptions générales

Les instructions de pose actuelles du fournisseur doivent être disponibles sur chantier et sont à respecter.

L'âge du béton du tablier doit être :

- supérieur à 21 jours pour l'application d'une imprégnation monocouche.
- supérieur à 14 jours pour l'application d'une imprégnation bicouche
- pour l'application d'une imprégnation bicouche et à l'aide d'une résine conforme aux stipulations de la TL-BEL-EP tableau 3 ligne 19 le temps d'attente peut être réduit à 7 jours (le degré d'humidité superficielle doit néanmoins être inférieur à 4% par poids.)
- environ 4-5 h pour l'application d'un produit de cure à base de résines EP
- 24 h pour l'application de résines spéciales à viscosité ultra basse (<40 mPas)

L'état lieux des supports, avant et après exécution fait partie intégrante du PAQ de l'Entrepreneur.

3.2 Produits

La résine réactive employée doit être une résine époxy, exempte de solvants, de basse viscosité, non chargée (seulement composants A et B, pas de composant C), de grandeur moléculaire assez petite (à l'état initial) de façon à pénétrer dans les pores les plus petits du support, de tension superficielle peu élevée, d'une tensio-activité et d'une hydrophilie élevée, résistante aux hautes températures (application des étanchéités et des couches d'asphaltes coulés) et spécialement formulée pour ce genre d'application. Elle ne doit pas contenir des composants susceptibles de gonfler au contact de l'eau et l'humidité ne doit pas entraver l'adhérence au support.

En outre, la résine doit répondre aux "Technischen Lieferbedingungen für Reaktionsharze für Grundierungen, Versiegelungen und Kratzspachtelungen unter Asphaltbelägen auf Beton (TL-BEL-EP)" ou toute autre norme équivalente et originaire d'un pays membre de la communauté européenne et reconnue par l'Administration.

Le volume d'époxy nécessaire à la saturation des supports (et au recouvrement du matériau de saupoudrage) est à déterminer (en présence du responsable de l'Administration) sur une surface d'essai de 10 m², fixée conjointement (où la moyenne de 3 essais au minimum est à faire), ce qui ne modifie en rien la responsabilité de l'Entrepreneur. Ces essais préliminaires seront poursuivis jusqu'à satisfaction et toutes les consignes et prescriptions supplémentaires ayant pu y être établies sont à respecter strictement lors de l'exécution des travaux proprement dits. Ces travaux seront réalisés par le même personnel que celui ayant effectué les essais préliminaires.

En complément aux propriétés énumérées ci-dessus l'Entrepreneur doit présenter, pour les résines applicables sur bétons frais (4-5h) et/ou jeune (24h), des références avec essais de contrôle à l'appui prouvant leur efficacité pour cette application. Ces résines doivent en outre résister à l'alcalinité et être compatible au degré d'humidité élevée du béton frais.

3.3 Mise en œuvre des produits

Les travaux seront à exécuter de façon à constituer un film continu d'époxy sur la surface du support. La mise en œuvre de l'imprégnation doit se faire l'après-midi, lorsque les températures du support en béton baissent le saupoudrage à refus est interdit. L'Entrepreneur devra prendre à sa charge l'élimination de tout excès de matériau de saupoudrage, y compris toute remise en état et toute fourniture.

3.3.1 Monocouche

L'application de l'imprégnation se fera en une couche, avec un saupoudrage au sable de Quartz et comprend notamment les opérations suivantes:

Mise en œuvre d'une première couche de résine époxy (env. 300-500 g/m²) jusqu'à saturation du support, à appliquer par bandes, en évitant de marcher dessus (l'emploi de chaussures spéciales est obligatoire), l'égalisation soignée à la raclette en caoutchouc, l'égalisation et l'élimination de tous les excès locaux de produit, ainsi que le repassage, après un temps d'attente de env. 15 min., au rouleau à peau d'agneau.

Le saupoudrage avec du sable siliceux sec (séché au feu), de granulométrie 0,5 à 0,8 mm, à effectuer uniformément sur la résine non encore durcie à raison d'environ 0,5 à 0,8 kg/m², ainsi que l'enlèvement et l'élimination des grains non adhérents après durcissement.

3.3.2 Bicouche

L'imprégnation sera appliquée en deux couches séparées, avec un saupoudrage intermédiaire.

Mise en œuvre d'une première couche de résine époxy (min. 400 g/m²) jusqu'à saturation du support, à appliquer par bandes, en évitant de marcher dessus (l'emploi de chaussures spéciales est obligatoire), l'égalisage soigné à la raclette en caoutchouc, l'égalisage et l'élimination de tous les excès locaux de produit, ainsi que le repassage, après un temps d'attente de env. 15 min., au rouleau à peau d'agneau.

Le saupoudrage de la première couche avec du sable siliceux sec (séché au feu), de granulométrie 0,7 à 1,2 mm, à effectuer uniformément sur la résine non encore durcie à raison d'environ 1,5 à 2,0 kg/m², ainsi que l'enlèvement et l'élimination des grains non adhérents après durcissement. Mise en œuvre de la deuxième couche de résine époxy, enrobant totalement les grains du saupoudrage, à effectuer après que la première couche soit praticable et suivant le même procédé que pour cette dernière. La quantité minimale de résine à mettre en œuvre est de 800 g/m².

En combinaison avec les membranes bitumineuses- sans saupoudrage de la deuxième couche.

Pour les systèmes à base de résines PU respectivement UP le saupoudrage avec du sable siliceux sec (séché au feu), de granulométrie 0,5 à 0,8 mm, à effectuer uniformément sur la résine non encore durcie à raison d'environ 0,5 à 0,8 kg/m², ainsi que l'enlèvement et l'élimination des grains non adhérents après durcissement.

3.3.3 Enduit gratté

Les supports en béton préparés présentant une rugosité supérieure à 1,5 mm sont à égaliser à l'aide d'un enduit gratté. Les creux locaux inférieurs à 5 mm et d'une surface ≤ 500 cm² peuvent également être comblés par un enduit gratté. Toute irrégularité supérieure à 5 mm est à traiter selon les prescriptions du CDC-LHM.

La mise en œuvre de l'enduit gratté comprend les opérations suivantes:

Surfaces horizontales

Mélange des produits: mélanger composant A et B de l'époxy; ajout charge (composant C). L'époxy (composants A et B) sera le même que celui précisé sub. 3.2. Composition de l'enduit: 1:3-4 en poids (époxy: charges); 1 part époxy, 3-4 part sable quartz séché au feu de granulométrie 0,09 à 2 mm.

L'enduit gratté est à appliquer sur la (1ère) couche d'imprégnation époxy fraîche (et non saupoudrée) ou sur une imprégnation monocouche saupoudrée. La masse est à appliquer et à tirer à zéro sur le support au moyen de spatules appropriées, tout en remplissant complètement les trous et bullages des supports.

Surfaces verticales

Mélange des produits: mélanger composant A et B de l'époxy; ajouter le produit thixotrope; mélanger; ajout charge (composant C). L'époxy (composants A et B) sera le même que celui précisé sub. 3.2.. Composition de l'enduit: 1:1,5 en poids (époxy: charges); respectivement en volume: 1 part époxy, 1 part sable quartz séché au feu de granulométrie 0,09 à 2 mm et environ 1 part de produit thixotrope.

Les prescriptions et prestations de l'article 3.1, ainsi que celles stipulées pour la (1ère) couche d'imprégnation EP sont d'application.

3.3.4 Cure du béton frais à l'aide de résines EP (Grünversiegelung)

Les bétons frais ayant un rapport eau/ciment inférieur à 0,50 sont généralement circulables à pied, sans laisser des empreintes, après 2-4 h (température ambiante 23°C). Dès que le film d'eau superficielle a disparu et l'aspect du béton est devenu matte, la surface peut être talochée manuellement ou mécaniquement à l'aide de lisseuses équipées d'un plateau (les lisseuses à hélices étant proscrites pour cette application) tout en limitant la formation de laitance superficielle. Le lissage sera poursuivi d'un balayage à l'aide de balais en acier ou à fibres synthétiques afin de rendre le support plus rugueux et d'éliminer les laitances.

L'application de la résine de cure en EP se fera analogue à la procédure décrite sub. 3.3.1. Au cas où l'application monocouche serait insuffisante à combler toutes les pores superficielles (en fonction du pouvoir absorbant du béton et des températures ambiantes), une deuxième couche est à appliquer frais dans frais jusqu'à saturation du support. La résine non encore polymérisée est à saupoudrer au sable de Quartz 0,3-0,8 mm à raison d'env. 1 kg/m².

Un temps minimal d'attente de 5 jours est à respecter avant l'application du complexe d'étanchéité.

3.4 Contrôles et essais

Conditions extérieures

Les conditions extérieures d'exécution sont à vérifier et documenter selon annexe 8.1.1. Les valeurs suivantes sont à respecter :

Température du support supérieure à 8°C et 3 K au-dessus du point de rosé

Température de l'air supérieure à 8°C et inférieure à 30°C

Humidité relative de l'air inférieure à 85%

Préparation des mélanges

Le respect du rapport de mélange tel que prévu dans les instructions du fournisseur est à vérifier (Attention aux rapports « par poids » et « par volumes ». L'homogénéité des mélanges est à surveiller en permanence.

Mise en œuvre

Contrôle de la technique d'application des couches en respectant les stipulations du manuel de qualité. Respect des temps maximaux de mise en œuvre et des temps d'attente. Aspect visuel des différentes couches au point de vue uniformité, couverture et défauts.

Saupoudrage

Contrôle des agrégats au point de vue granulométrie, composition et siccité. Mise en œuvre dans les délais et avec les quantités prévues.

Rugosité

La rugosité du support préparé est à contrôler et à documenter selon annexe 8.1.3. La valeur maximale acceptée est de 1,5 mm pour les supports préparés et 1,0 mm pour les supports imprégnés ou reprofilés à l'aide d'un enduit gratté.

Humidité du support

L'humidité du support est à déterminer et à documenter selon annexe 8.1.4. La valeur maximale acceptée est de 4% par poids.

Adhérence

La détermination de l'adhérence est à effectuer selon annexe 8.1.2. 1 un essai par 100 m² de support préparé et de même sur l'imprégnation durcie, avec un minimum de 3 essais chaque fois, y compris les travaux de réfection impeccables. Résistance d'adhérence minimale par traction de l'imprégnation durcie: 1,5 N/mm². De plus, la rupture doit se faire dans le support.

Etanchéité

Les contrôles de l'absence de pores dans l'imprégnation durcie, par conductrométrie électrique (domaine de mesure de l'appareillage utilisé: min 2000 MOhm, correspondant à 0,5 nS; la valeur de mesure doit être supérieure à 200 MOhm, respectivement en dessous de 5 nS), font partie du PAQ. Si ces valeurs ne sont pas obtenues: application couche supplémentaire, toute fourniture et sujétion comprises à charge de l'Adjudicataire et ceci jusqu'à obtention sans réserve des valeurs prescrites

4 ÉTANCHÉITÉS BITUMINEUSES SUR OUVRAGES D'ART

Le présent chapitre définit en complément aux prescriptions générales, les règles applicables pour les travaux d'étanchéité bitumineuse sur ouvrages d'art et recouvertes par une chape de protection en asphalte coulé.

4.1 Prescriptions générales

Les prescriptions du C.D.C. sur les préparations des supports ainsi que celles sur les imprégnations à base de liants résineux sont également d'application. Les différentes étapes de la mise en œuvre du complexe d'étanchéité, depuis la préparation du support béton jusqu'à l'application de la contre chape en asphalte coulé sont à exécuter dans un temps aussi court que possible. L'Entrepreneur est tenu d'avertir l'Administration, au plus tard 24 heures à l'avance, du début et de la fin des travaux de mise en œuvre de l'étanchéité, de façon à ce que les réceptions (retenues par écrit dans les fiches PAQ et dans le rapport de chantier) des différentes couches, obligatoires avant la suite des travaux, puissent être effectués conjointement et que l'Entrepreneur puisse procéder, le cas échéant, aux réparations

Toute pose d'enrobés bitumineux en dessous de la membrane d'étanchéité est interdite. Les temps d'attente entre l'application des imprégnations époxydiques et le soudage des membranes sont à respecter. Ils seront conformes aux prescriptions de pose du fournisseur et en fonction des températures ambiantes. La circulation et le stationnement de personnes, de véhicules, d'engins de chantier, ainsi que le dépôt d'objets sans que des mesures de protection spéciales et adéquates n'aient été prises, ne sont pas permis sur les différentes couches du complexe d'étanchéité. La circulation sur la surface de la membrane d'étanchéité doit se limiter aux besoins de la mise en œuvre de cette couche et de la contre chape en asphalte- coulé. Seuls les engins équipés de pneus en caoutchouc sont acceptés. Tout freinage brusque ou braquage est strictement défendu.

4.2 Produits

Les membranes bitumineuses sur ouvrages d'art et recouvertes d'une chape en asphalte coulé doivent répondre aux critères énumérés ci-après.

On diffère entre les membranes bitumineuses plaquées d'une feuille métallique et les membranes à base de bitumes polymères armées d'un non tissé posé dans leur partie supérieure.

- Les membranes bitumineuses plaquées d'une feuille métallique sont composées d'une chape bitumineuse de base, armée d'un voile de verre renforcé au fil de verre ou d'un treillis de verre et plaquée d'une feuille métallique dont la surface est gaufrée. Le placage métallique peut être en aluminium ou en acier inoxydable. Performances techniques suivant tableau 3 en annexe.
- Les membranes à base de bitumes polymères sont composées d'une chape bitumineuse de base, améliorée aux résines synthétiques du type SBS ou APP, d'une armature en non tissé de polyester résistante aux températures et posée dans la partie supérieure de la membrane et d'une chape bitumineuse de couverture sablée grésée ou recouverte d'une feuille thermofusible,
- Performances techniques suivant tableau 4 en annexe.

La constitution de la surface inférieure de la chape de bitume armé, respectivement la surface supérieure doit être telle que l'adhérence au support respectivement à la contre chape en asphalte coulé soit garantie. La facilité d'application de toute membrane, adaptée aux conditions de chantier, doit impérativement être assurée.

Le complexe d'étanchéité, c.à.d. l'imprégnation époxydique du support, la chape d'étanchéité et sa contre chape en asphalte coulé doivent répondre aux critères suivants :

- résister à la fissuration, c.à.d. qu'il doit conserver ses qualités lors de l'apparition d'une fissure et de son battement dans des conditions normalement prévisibles sur le support ;
- résister au vieillissement, ainsi qu'aux agressions chimiques et biologiques dans des conditions normales de service ;
- être "imperméable" à l'eau ;
- assurer la transmission des efforts dus au trafic ;
- résister aux chocs divers (notamment avant la mise en place du revêtement définitif) ;
- résister au poinçonnement dû à la circulation et ayant comme origine les irrégularités du support et les granulats constituant la couche de roulement ;
- conserver ses performances à la suite de l'application des couches de protection ou de roulement, ainsi que dans la fourchette de températures de service de l'ouvrage ;
- supporter sans déformation, glissement ou décohéson les efforts horizontaux, verticaux et centrifuges

- provenant du trafic et/ou de la géométrie de l'ouvrage ;
- supporter sans déformation, glissement ou décohésion les températures dans des conditions normales de service.

4.3 Matériel

La mise en œuvre des membranes doit se faire impérativement à l'aide de chalumeaux guidés qui développent une source de chaleur uniforme sur toute la largeur du rouleau. Ils sont munis d'une protection latérale contre le vent. L'utilisation de bec ou de brûleur à gaz individuel n'est admise qu'exceptionnellement pour des cas particuliers tels que raccords et relevés d'étanchéité aux droits des avaloirs, des éléments d'aération, etc., ainsi que pour l'exécution de petits travaux de réparation. Le marouflage des membranes doit se faire à l'aide d'outils spécialement adaptés à ces fins tel que bois à maroufler (bois dur en forme de bêche avec bords arrondis), rouleaux en caoutchouc ou, sur les machines à souder, des roues en caoutchouc souple avec suspension individuelle.

4.4 Mise en œuvre des produits

Les surfaces du support, traitées aux résines réactives par imprégnation, imprégnation bicouche ou enduit gratté, doivent avoir suffisamment polymérisés avant l'application des membranes. Les temps d'attente, prévus dans les instructions de pose du fournisseur sont à respecter. La mise en œuvre des membranes ne peut se faire que sur un support propre et sec. Un dépoussiérage soigné du support par soufflage à l'air comprimé déshuilé ou, de préférence, par aspiration, est à effectuer immédiatement avant la mise en œuvre des différentes couches de l'étanchéité. Les travaux de préparation du support sont à poursuivre jusqu'à élimination de toute saleté, impureté, matière non cohésive, corps étranger et, en général de tout ce qui pourrait nuire à une bonne adhérence du complexe d'étanchéité.

Les températures minimales, mesurées sur chantier, pour la mise en œuvre de la membrane d'étanchéité sont de 5°C pour l'air et les membranes et 0°C pour le support. Les membranes sont à poser, en règle générale dans le sens de la longueur de l'ouvrage, selon le principe des tuiles de toiture. Les membranes sont à appliquer par soudage à la flamme respectivement à l'air chaud. Les rouleaux sont à dérouler sur le support, à aligner aux bandes déjà posées et à réenrouler avant le début du soudage. Le jet de flammes est à diriger d'une manière à chauffer le support et les membranes d'une façon uniforme. Il faut faire fondre juste assez de masse de la chape en bitume armé pour que lors du déroulement de la bande, il se forme, au pied du rouleau, un fin coulis de bitume fondu, en évitant cependant tout excès de chaleur (le bitume doit fondre et non brûler). Toute surchauffe des supports imprégnés est à éviter.

Immédiatement après plastification de la chape de bitume, les bandes bitumineuses sont à maroufler, à l'aide des outils décrits sub.4.3, de façon à obtenir un contact intime et uniforme avec le support. En outre, il ne doit pas se former de vides dans les surfaces de recouvrement et elles sont à traiter avec une attention particulière. La colle bitumineuse débordant sur les côtés doit être égalisée, respectivement éliminée pendant qu'elle est encore chaude.

Le recouvrement minimum des bandes sera :

- pour les chapes plaquées d'une feuille métallique de 10 cm pour les bords longitudinaux et de 20 cm pour les bords transversaux. Les recouvrements se feront bitume sur bitume. De plus, les bandes seront conçues de façon à ce qu'un bord longitudinal soit dépourvu, au minimum sur la largeur de recouvrement prescrite, de la feuille de protection métallique.
- pour les chapes à base de bitumes polymères de 8 cm pour les bords longitudinaux et de 10 cm pour les bords transversaux.

Les différents lés doivent être décalés de minimum 50 cm latéralement. La dernière membrane en amont du tablier est à protéger, à la fin d'une journée ou en cas de risque d'averses, d'une manière spéciale. Les joints sont à reprendre à la spatule et au chalumeau à gaz de façon à parfaire leur soudure et afin de leur donner un profil en biais. Les instructions complémentaires du fabricant sont à respecter également.

4.5 Contrôles et essais

Les contrôles à effectuer par l'Entrepreneur complémentaires aux contrôles généraux (chapitre 1.8), sont énumérés d'une manière non exhaustive ci-après :

Contrôles en relation avec les matériaux :

- Bons de livraison et étiquetage

- Aspect visuel des membranes
- Stockage approprié
- Prélèvement d'échantillons de la membrane min. 3 échantillons par ouvrage et/ou tranche de 1000 m² provenant de trois rouleaux différents; format DIN A4.

Contrôles en relation avec la mise en œuvre:

Conditions extérieures

Les conditions extérieures d'exécution sont à vérifier et documenter selon annexe 8.1.1. Les valeurs suivantes sont à respecter :

Température du support supérieure à 0°C

Température de l'air supérieure à 5°C

Temps sec

Réception de l'étanchéité

Vérification par percussion légère de la membrane (p.ex. manche à balai ou chaîne) Les endroits donnant un son creux sont celles où la membrane manque d'adhérence au support. Les zones creuses sont à inciser en forme de croix, à soulever et à ressouder. Les emplacements de ces réparations sont à renforcer à l'aide d'une rustine les dépassant de 10 cm dans toutes les directions. Les bords de la rustine sont à biseauter.

Adhérence

Adhérence au support de la membrane. L'Entrepreneur doit procéder à un essai d'adhérence par arrachement par ouvrage et/ou par tranche de 500 m². Un essai complet se compose de trois essais partiels. A ces fins, la membrane est à inciser jusqu'au support sur une longueur de env. 20 cm en trois bandes d'une largeur de env. 3 cm. Ensuite les membranes sont décollées une par une à partir d'une de leurs extrémités et arrachées à deux mains perpendiculaires au support. Les différents cas de décollement sont à juger comme suit :

Acceptable

- Rupture de la membrane.
- Décollement de la membrane du support avec traces de bitume sur l'imprégnation. La surface recouverte de bitume doit être majoritaire.

L'emplacement de l'essai est à réparer à l'aide d'une rustine dépassant la zone de 10 cm dans toutes les directions. Les bords de la rustine sont à biseauter.

Non acceptable

- Séparation entre la membrane et le support
- Rupture dans, ou en dessous de la surface béton imprégnée.

La surface défectueuse est à délimiter et à refaire

5 ÉTANCHÉITÉS À BASE DE RÉSINES LIQUIDES

Le présent chapitre définit en complément aux prescriptions générales, les règles applicables pour les travaux de mise en œuvre d'étanchéités à base de résines liquides sur ouvrages d'art.

5.1 Prescriptions générales

Les prescriptions du C.D.C. sur les préparations des supports (chapitre 2), ainsi que celles sur les imprégnations à base de liants résineux (chapitre 3) sont également d'application.

Le présent CDC diffère entre quatre systèmes d'étanchéité à base de résines liquides :

Matériau	Application
Résines PU	Etanchéité tablier et protégé par chape en asphalte
Résines UP	Etanchéité tablier et protégé par chape en asphalte et revêtements trottoirs auto-protégés
Résines EP-PU	Revêtements trottoirs auto-protégés
Résines pour supports acier	Etanchéité tablier en acier et protégé par chape en asphalte

5.2 Matériel

Les mélangeurs électriques ou pneumatiques seront équipés d'hélices de malaxage adaptées au produit et aux dimensions des récipients, leur vitesse de rotation doit être limitée à 300 rpm.

Les installations de dosage et de projection des résines à deux composants doivent être munies impérativement des instruments de mesure permettant un contrôle permanent et continu du rapport de mélange, de la température des composants et du débit. Le procédé doit être tel que les erreurs de dosage et/ou malaxage soient exclues et les inclusions d'air minimisées.

5.3 Type polyuréthane (PU)

5.3.1 Produits

Les produits d'étanchéité à base de PU doivent correspondre à la norme allemande TL-BEL-B 3/95 ou une autre norme équivalente originaire d'un pays membre de la CE. En outre ils doivent résister au choc thermique de la mise en œuvre de la chape de protection, ils seront compatibles au bitume, résistant au vieillissement et à base de Polyuréthanes élastomères.

Les étanchéités ayant une base chimique différente sont admises pour tant que leurs performances correspondent aux stipulations de la norme et leur efficacité a été prouvée par des chantiers témoins.

Le système d'étanchéité se compose des éléments suivants :

- Imprégnation époxydique (bicouche ou enduit gratté voir chapitre 3).
- Couche d'accrochage
- Couche flexible d'étanchéité
- Couche de liaison
- Contre chape en asphalte coulé 35 mm

La nature chimique des couches d'accrochage et des couches de liaison sont au choix du formulateur. Toute résine employée doit être compatible avec sa couche sous-jacente.

5.3.2 Mise en œuvre des produits

La couche flexible d'étanchéité pigmentée, à deux composants, exempte de solvants, non chargée, à base de polyuréthane, est à appliquer par pulvérisation sur le support préalablement imprégné en respectant les temps d'attente tels que prévus par le formulateur.

Au cas où les instructions du fournisseur le préconisent, l'application de la membrane sera précédée par une couche d'accrochage. Cette couche est à appliquer par pulvérisation (par bandes, tout en évitant de marcher dessus, l'emploi de chaussures à clous est obligatoire) en couche mince à raison d'env. 100 g/m². Les excès locaux de produit sont à éliminer.

L'épaisseur requise d_s est à déterminer avant la projection de la couche flexible d'étanchéité et en fonction de la rugosité du support. Les stipulations de la norme allemande ZTV-BEL B3 Annexe 2.2 sont d'application. L'épaisseur requise d_s se calcule en fonction de l'épaisseur minimale demandée $d_{\min p} = 2,5 \text{ mm}$ majorée d'un facteur d_z en fonction de la rugosité selon le tableau ci-dessous.

$$d_s = d_{\min p} + d_z$$

Rugosité [mm]	0,2	0,5	1,0	1,5
d_z [mm]	0,6	0,85	1,4	2,0

Le facteur d_z tient compte de la dispersion de l'épaisseur en fonction de la rugosité du support, du comportement de coulage de la résine à son état liquide, des variations de mise en œuvre ainsi que des erreurs de mesure.

L'épaisseur de la couche flexible d'étanchéité doit être supérieure à l'épaisseur minimale de **2,5 mm** sans dépasser l'épaisseur maximale de 6 mm. L'épaisseur moyenne doit être supérieure à l'épaisseur requise. Les conditions extérieures d'exécution, l'épaisseur, la densité et la résistance à l'arrachement sont à vérifier suivant annexe 8.1 d'une façon continue.

Les sous épaisseurs ou malfaçons constatées sont à égaliser respectivement à retravailler immédiatement.

Les surfaces de reprise sont à recouvrir sur minimum 20 cm tout en garantissant l'épaisseur minimale de 2,5 mm dans les deux couches, les bords des recouvrements étant rectilignes. Si les instructions de mise en œuvre le prévoient et en fonction de l'âge de la surface de reprise les recouvrements sont à traiter par une couche d'accrochage.

Les blessures locales sont à réparer avant l'application de la couche suivante. Les surfaces inférieures à 25 cm² peuvent être réparées à l'aide d'une masse, faisant partie du système d'ensemble, à application manuelle.

La couche de liaison est à appliquer suivant les instructions de pose du fournisseur. Cette couche est à appliquer par pulvérisation ou au rouleau (par bandes, tout en évitant de marcher dessus, l'emploi de chaussures à clous est obligatoire). Les excès locaux de produit sont à éliminer.

5.3.3 Contrôles

Les résultats des essais décrits ci-dessus sont à documenter par l'Entrepreneur et font partie intégrante de son PAQ :

Conditions extérieures d'exécution

Les conditions extérieures sont à contrôler selon annexe 8.1.1.

Les valeurs suivantes sont à respecter :

Température du support supérieure à 8°C et 3 K au-dessus du point de rosé

Température de l'air supérieure à 8°C et inférieure à 35°C

Humidité de l'air inférieure à 75%

Rugosité

La rugosité du support préparé est à contrôler et à documenter selon annexe 8.1.3. La valeur maximale acceptée est de 1,5 mm.

Préparation des mélanges

Le respect du rapport de mélange tel que prévu dans les instructions du fournisseur est à vérifier (Attention aux rapports « par poids » et « par volume »). L'homogénéité des mélanges est à surveiller en permanence.

Mise en œuvre

Contrôle de la technique d'application des couches en respectant les stipulations du manuel de qualité. Respect des temps maximaux de mise en œuvre et des temps d'attente. Respect des recouvrements des armatures de feutre. Aspect visuel des différentes couches au point de vue uniformité, couverture et défauts.

Saupoudrage

Contrôle des agrégats au point de vue granulométrie, composition et siccité. Mise en œuvre dans les délais et avec les quantités prévues.

Épaisseur

L'épaisseur de la couche flexible d'étanchéité est à vérifier pendant la mise en œuvre à l'aide d'une jauge graduée ou d'un pied à coulisse à épingle. Les perforations locales de la membrane causées par l'épingle ne demandent aucune réparation. Les valeurs mesurées doivent être supérieures ou égales à l'épaisseur minimale $d_{\min p}$

$$d_n \geq d_{\min p}$$

Toute valeur inférieure à l'épaisseur minimale est $d_{\min p}$ est à vérifier, par trois mesures supplémentaires à proximité (env. 1 m²) de la première. Au cas où les trois mesures sont satisfaisantes, la première peut être écartée, au cas contraire, la surface défectueuse est à délimiter par un quadrillage et à retravailler immédiatement.

L'épaisseur de la couche flexible achevée est à vérifier, à l'aide d'un pied à coulisse à épingle selon annexe 8.1.5 par 30 mesures par tranche de 250 m². Les points de mesure sont à répartir d'une façon régulière. La valeur moyenne des 30 mesures d_m doit être supérieure ou égale à l'épaisseur requise.

$$d_m \geq d_s$$

Le fait qu'une mesure sur trente soit inférieure de 0,5 mm à l'épaisseur minimale $d_{\min p}$ est accepté. Pour le calcul de la moyenne, les mesures dépassant $d_s + d_z$ (épaisseur requise + facteur de majoration) sont à prendre en compte avec la valeur de $d_s + d_z$ (c.à.d. la surépaisseur dépassant $d_s + d_z$ ne sera pas prise en compte).

Dureté

Une éprouvette \varnothing 70 mm d'une épaisseur de 10 mm est à produire par journée de travail, ou poste de travail et après chaque interruption due à des conditions météorologiques défavorables. L'éprouvette est à stocker sur site dans les mêmes conditions que la membrane. Le durcissement de la couche flexible est à déterminer par mesure de la dureté Shore A suivant DIN 53505 par 5 mesures dans une zone ayant une épaisseur minimale de 3 mm. Les valeurs mesurées doivent, au moment de la mise en œuvre de la chape de protection en asphalte coulé, correspondre à celles définies dans les fiches techniques du formateur.

Densité

La densité de la membrane est à contrôler au début et à la fin d'une journée, pendant l'exécution et par tranche de 250 m². Les éprouvettes, d'une épaisseur de \approx 3 mm, seront fabriquées par projection de la résine, dans les conditions normales du chantier, sur une feuille de séparation propre et plane de env. 50X50 cm². Plusieurs spécimens de \approx 5X5 cm² seront découpés de chaque éprouvette et immergés dans une solution de contrôle, fournie par le formateur et spécifique à la membrane. La conformité de la densité est démontrée quand le spécimen coule au fond du récipient. Le tableau suivant définit le nombre maximal d'éprouvettes non conformes acceptées.

Nombre total d'éprouvettes	Éprouvettes non-conformes
4	0
7	1
10	2

Le respect des conditions décrites ci-dessus démontre la conformité de la densité.

Adhérence

Les essais d'adhérence sont à exécuter selon annexe 8.1.2

La vitesse d'augmentation de la tension est fixée, d'une façon générale pour les revêtements élastiques et thermoplastiques, à 300 N/s. Un essai complet, composé de 3 essais partiels, répartis uniformément sur la surface en question, est à exécuter par tranche de 250 m² de membrane.

La valeur moyenne des trois essais partiels doit être supérieure ou égale à 1,3 N/mm² et aucune des valeurs

partielles ne doit être inférieure à 0,7 N/mm². Toute valeur inférieure à 0,7 N/mm² est à vérifier par minimum deux mesures supplémentaires à proximité (env. 1 m²) de la première.

Au cas où les mesures complémentaires sont satisfaisantes, la première peut être écartée, au cas contraire, la surface défectueuse est à délimiter par un quadrillage et à retravailler immédiatement. Les endroits suspects d'être défectueux sont à contrôler de la même manière. Les blessures de la membrane au droit des essais d'arrachement peuvent être réparées à l'aide d'une masse, faisant partie du système d'ensemble, à application manuelle.

5.4 Type polyester (UP)

5.4.1 Produits

Les performances techniques des produits d'étanchéité pour les applications sous protection lourde et à base de résines UP à 3 composants doivent correspondre aux stipulations de la norme allemande TL-BEL-B 3/95. En outre ils doivent résister au choc thermique de la mise en œuvre de la chape de protection, ils seront compatibles au bitume et résistant au vieillissement. Pour les applications en tant que revêtements circulables elles doivent être conformes aux exigences de la norme allemande TL-OS-F 96 ou une autre norme équivalente originaire d'un pays membre de la CE.

Le système d'étanchéité sous protection lourde en asphalte coulé se compose des éléments suivants :

- Imprégnation époxydique (bicouche ou enduit gratté voir chapitre 3).
- Couche flexible d'étanchéité
- Armature en non tissé de Polyester 200 g/m²
- Couche de liaison (optionnelle)
- Contre chape en asphalte coulé 35 mm

Le système d'étanchéité auto-protégée pour surfaces circulables se compose des éléments suivants :

- Imprégnation époxydique (bicouche ou enduit gratté voir chapitre 3).
- Couche flexible d'étanchéité
- Armature en non tissé de Polyester 200 g/m²
- Saupoudrage
- Couche de protection

5.4.2 Mise en œuvre des produits

Les mélanges sont à préparer selon les instructions du fournisseur tout en respectant les stipulations du chapitre 5.1. La DPU du mélange peut être modifiée ; pour les températures inférieures à 10°C par l'ajout d'un accélérateur de prise et pour celles supérieures à 25°C par l'ajout d'un retardateur de prise.

La couche flexible est à appliquer en versant 2,4 kg/m² de résine sur le support préparé qui est à étaler à l'aide de raclettes en caoutchouc. Un feutre en non tissé de Polyester 200 g/m² est à dérouler immédiatement dans la résine fraîche, tout en évitant d'emprisonner des poches d'air. Le recouvrement entre les différents lés est de 5 cm minimum dans tous les sens. Le feutre est à maroufler à l'aide de rouleaux en Perlon jusqu'à élimination totale de l'air et un mariage parfait avec le support. Une quantité supplémentaire de 1,2kg/m² est ensuite appliquée « frais dans frais » sur le feutre et repassé au rouleau à peau d'agneau jusqu'à saturation totale. Les surplus de résine sont à éviter.

Système d'étanchéité sous protection lourde

La mise en œuvre des chapes de protection en asphalte coulé doit se faire aussi tôt que possible (tout en respectant les temps d'attente prévus au manuel du fournisseur). Les stipulations du chapitre 7 sont d'application. Au cas où une résistance au cisaillement supérieure à 0,35 N/mm² serait exigée, la couche flexible d'étanchéité est à revêtir d'une imprégnation époxydique monocouche, saupoudrée au sable de Quartz 0,7-1,2 mm.

Système d'étanchéité pour surfaces circulables

Saupoudrage à refus de la surface non encore polymérisée à l'aide d'un sable 0,4-0,8 mm.

La couche de protection flexible est à base de polyuréthane mono composant (extrait sec supérieur à 65% en poids) non pigmentée et résistant au jaunissement. La mise en œuvre de la couche de protection se fait par pulvérisation ou au rouleau en deux passes de 200 g/m² chacune minimum, tout en respectant les temps d'attente prévus par le fournisseur. Tout excès de résine est à éliminer avant le début de la polymérisation.

Contrôles

Les résultats des essais décrits ci-dessus sont à documenter par l'Entrepreneur et font partie intégrante de son PAQ :

Conditions extérieures d'exécution

Les conditions extérieures sont à contrôler selon annexe 8.1.1.

Les valeurs suivantes sont à respecter :

Température du support supérieure à 5°C et 3 K au-dessus du point de rosé

Température de l'air supérieure à 5°C et inférieure à 35°C

Humidité de l'air inférieure à 75%

Préparation des mélanges

Le respect du rapport de mélange tel que prévu dans les instructions du fournisseur est à vérifier (Attention aux rapports « par poids » et « par volume ». L'homogénéité des mélanges est à surveiller en permanence.

Mise en œuvre

Contrôle de la technique d'application des couches en respectant les stipulations du manuel de qualité. Respect des temps maximaux de mise en œuvre et des temps d'attente. Aspect visuel des différentes couches au point de vue uniformité, couverture et défauts.

Saupoudrage

Contrôle des agrégats au point de vue granulométrie, composition et siccité. Mise en œuvre dans les délais et avec les quantités prévues.

Épaisseur

L'épaisseur de la couche flexible d'étanchéité est à vérifier le plus tôt possible à l'aide d'une jauge graduée ou d'un pied à coulisse à épingle. Les valeurs mesurées doivent être supérieures ou égales à l'épaisseur minimale d_{minp} telle que définie dans les instructions du formulateur. Toute valeur inférieure à l'épaisseur minimale d_{minp} est à vérifier, par trois mesures supplémentaires à proximité (env. 1 m²) de la première. Au cas où les trois mesures sont satisfaisantes, la première peut être écartée, au cas contraire, la surface défectueuse est à délimiter par un quadrillage et à retravailler immédiatement.

5.5 Type époxy-polyuréthane (EP-PU)

5.5.1 Produits

Les produits d'étanchéité à base de EP-PU doivent bénéficier d'un certificat de contrôle d'un organisme approuvé par l'Administration. Ils doivent correspondre aux prescriptions de la norme allemande TL-OS-F 96 ou une autre norme équivalente originaire d'un pays membre de la CE.

Leur capacité de pontage de fissures doit être supérieure ou égale aux critères II_{T+V} c.à.d. 0,30 mm pour fissures statiques et 0,10 mm pour fissures dynamiques à -20°C. Les étanchéités ayant une base chimique différente sont admises pour tant que leurs performances correspondent aux stipulations de la norme et leur efficacité a été prouvée par des chantiers témoins.

Le système d'étanchéité se compose des éléments suivants :

- Imprégnation époxydique (bicouche ou enduit gratté voir chapitre 2).
- Couche flexible d'étanchéité
- Revêtement antidérapant
- Couche de protection

5.5.2 Mise en œuvre des produits

Les mélanges sont à préparer dans une consistance adaptée à l'inclinaison des surfaces à recouvrir. La couche flexible d'étanchéité pure, est à appliquer à raison de 2,5 mm d'épaisseur minimum, à l'aide de spatules crantées sur les surfaces verticales, horizontales et inclinées. La résine non encore polymérisée est à désaérer en passes croisées à l'aide d'un rouleau débulleur. Les surfaces seront ensuite saupoudrées (à effectuer uniformément et uniquement après un temps d'attente approprié, de façon que les grains du saupoudrage ne puissent pas pénétrer dans cette couche d'étanchéité et qu'ils constituent quand même une nette amélioration pour l'adhérence de la couche ultérieure), avec du sable silicieux sec (séché au feu), de granulométrie 0,1 à 0,5 mm, à raison d'environ 500 gr/m². Les grains non adhérents sont à enlever et l'éliminer après durcissement de cette couche. En cas d'insuffisance de saupoudrage, les manquants sont à compléter à charge de l'Entrepreneur.

Le mortier du revêtement antidérapant est constitué d'une part en poids de résine époxy polyuréthane de la

couche flexible d'étanchéité et d'une demi part de sable siliceux sec (séché au feu) de granulométrie 0,3 à 0,8 mm.

Le mortier est à appliquer à raison de 2,0 mm d'épaisseur minimum, à l'aide de spatules crantées sur les surfaces verticales, horizontales et inclinées. La résine non encore polymérisée est à désaérer en passes croisées à l'aide d'un rouleau débulleur. Les surfaces seront ensuite saupoudrées (à effectuer uniformément et à refus), avec du sable siliceux sec (séché au feu), de granulométrie 0,6 à 1,2 mm et de teinte claire, à raison d'environ 3500 gr/m². Les grains non adhérents sont à enlever et éliminer après durcissement de cette couche. En cas d'insuffisance de saupoudrage, les manquants sont à compléter à charge de l'Entrepreneur.

La couche de protection flexible est à base de polyuréthane mono composant (extrait sec supérieur à 65% en poids) pigmentée et résistant au jaunissement UV. La couleur sera déterminée par l'Administration sur présentation du catalogue RAL. L'homogénéité de teinte de cette couche, qui est appliquée sur des surfaces faiblement sollicitées mécaniquement, doit être garantie. La mise en œuvre de la couche de protection se fait par pulvérisation ou au rouleau en deux passes de 200 g/m² minimum, tout en respectant les temps d'attente prévus par le fournisseur. Tout excès de résine est à éliminer avant le début de la polymérisation.

5.5.3 Contrôles

Les résultats des essais décrits ci-dessus sont à documenter par l'Entrepreneur et font partie intégrante de son PAQ :

Préparation des mélanges

Le respect du rapport de mélange tel que prévu dans les instructions du fournisseur est à vérifier. Attention aux rapports « par poids » et « par volume ». L'homogénéité des mélanges est à surveiller en permanence.

Mise en œuvre

Contrôle de la technique d'application des couches en respectant les stipulations du manuel de qualité. Respect des temps maximaux de mise en œuvre et des temps d'attente. Respect des recouvrements des armatures de feutre. Aspect visuel des différentes couches au point de vue uniformité, couverture et défauts.

Saupoudrage

Contrôle des agrégats au point de vue granulométrie, composition et siccité. Mise en œuvre dans les délais et avec les quantités prévues.

Conditions extérieures d'exécution

Les conditions extérieures sont à contrôler selon annexe 8.1.1., les valeurs suivantes sont à respecter :

Température du support supérieure à 8°C et 3 K au-dessus du point de rosé

Température de l'air supérieure à 8°C et inférieure à 35°C

Humidité de l'air inférieure à 75%

Rugosité

La rugosité du support préparé est à contrôler et à documenter selon 8.1.3. La valeur maximale acceptée est de 1,5 mm.

Épaisseur

L'épaisseur de la couche flexible d'étanchéité est à vérifier le plus tôt possible à l'aide d'une jauge graduée ou d'un pied à coulisse à épingle. Les perforations locales de la membrane causées par l'épingle ne demandent aucune réparation. Les valeurs mesurées doivent être supérieures ou égales à l'épaisseur minimale $d_{\min p}$ et inférieures à l'épaisseur maximale $d_{\max p}$ telle que définie dans les instructions du formulateur.

$$d_{\max p} \leq d_n \leq d_{\min p}$$

Toute valeur inférieure à l'épaisseur minimale est $d_{\min p}$ est à vérifier, par trois mesures supplémentaires à proximité (env. 1 m²) de la première. Au cas où les trois mesures sont satisfaisantes, la première peut être écartée, au cas contraire, la surface défectueuse est à délimiter par un quadrillage et à retravailler immédiatement.

5.6 Etanchéités pour supports acier avec protection lourde

5.6.1 Produits

Les produits d'étanchéité pour tabliers en acier doivent correspondre aux prescriptions de la norme allemande ZTV-BEL-ST 92 ou une autre norme équivalente originaire d'un pays membre de la CE.

Le système d'étanchéité se compose des éléments suivants :

- Imprégnation époxydique (généralement époxy-zinc bicouche ou monocouche)
- Couche d'étanchéité
- Saupoudrage ou couche d'accrochage
- Couche de tampon thermique
- Chape de protection en asphalte coulé

Les graviers de saupoudrage doivent correspondre aux stipulations du formulateur. En outre ils doivent être hors poussière et le degré d'humidité inférieur à 0,3% par poids.

Les chapes de protection et de roulement sont de préférence à exécuter en asphalte coulé (2 X 35 mm avec un minimum local de 25 mm). Au cas où la construction ne supporterait pas les contraintes thermiques provoquées par la mise en œuvre d'un asphalte coulé, les deux chapes bitumineuses peuvent exceptionnellement être exécutées en Splittmastix avec un degré de compactage $\leq 4\%$ de vides. (2 X 40 mm avec un minimum local de 30 mm). Les couches de roulement sont à formuler avec des agrégats clairs.

5.6.2 Mise en œuvre des produits

Les mélanges sont à préparer et leur application est à exécuter selon les instructions du fournisseur tout en respectant les stipulations du chapitre 5.1. Les différentes couches du système d'étanchéité sont à exécuter avec une épaisseur uniforme.

La première couche d'imprégnation, appliquée à raison d'env. 300 g/m², à l'aide de rouleaux à poils courts en passes croisées et d'une façon uniforme, sera toujours exécutée sans saupoudrage. En fonction du système choisi, une deuxième couche sera à appliquer tout en respectant les temps d'attente entre couches. La consommation exacte de résine nécessaire pour atteindre les épaisseurs demandées (en fonction de la rugosité du support), est à déterminer sur surfaces de référence avant le début des travaux.

La couche d'étanchéité est à poser à l'aide de spatules crantées adaptées à l'épaisseur préconisée par l'agrément et à désaérer en passes croisées à l'aide d'un rouleau débulleur. La résine non encore polymérisée est à saupoudrer avec les granulats et dans les quantités telles que prévus par le formulateur. Tout saupoudrage non adhérent est à éliminer après le durcissement de l'étanchéité.

La couche de tampon thermique, qui est à base de bitumes modifiés aux polymères et charges minérales, est à chauffer dans un fondoir à chauffage indirect (double paroi ou bain d'huile) et équipé d'un malaxeur. Le fondoir sera équipé d'au moins d'un dispositif de prise et d'indication des températures, d'une précision minimale de plus ou moins huit degrés Celsius, situé à la partie basse de la cuve du malaxeur, au droit d'une brasse. En outre, ces malaxeurs sont équipés de façon à garantir l'homogénéité des températures du mélange. La température d'application de la masse bitumineuse se situe entre 190°C et 240°C. Toute surchauffe est strictement à éviter car elle résulte en la destruction des polymères et ainsi la perte des propriétés techniques demandées. La couche de tampon thermique est à transporter à l'aide de seaux et/ou brouettes (non traitées à l'huile de démoulage) à l'endroit de pose et à mettre en œuvre à l'aide de raclettes en caoutchouc à raison de 4-5 kg/m². La masse est à égaliser en la grattant sur les pointes des granulats de la couche sous-jacente. La couche chaude sera immédiatement saupoudrée au gravier prélaqué et préchauffé 2/5 à raison d'env. 2,0 kg/m². Tout saupoudrage non adhérent est à éliminer après le durcissement de l'étanchéité.

5.6.3 Contrôles

Les résultats des essais décrits ci-dessus sont à documenter par l'Entrepreneur et font partie intégrante de son PAQ :

Conditions extérieures d'exécution

Les conditions extérieures sont à contrôler selon annexe 8.1.1. ; les valeurs suivantes sont à respecter :

Température du support supérieure à 12°C et 3 K au-dessus du point de rosé

Température de l'air supérieure à 12°C et inférieure à 40°C

Humidité de l'air inférieure à 75%

Préparation des mélanges

Le respect des rapports de mélange tel que prévu dans les instructions du fournisseur est à vérifier (Attention aux rapports « par poids » et « par volume »). L'homogénéité des mélanges ainsi que la vidange complète des récipients sont à surveiller en permanence.

Degré de propreté du support

Le degré de propreté SA 2½ est à contrôler immédiatement avant l'application de la première couche.

Mise en œuvre

Contrôle de la technique d'application des couches en respectant les stipulations du manuel de qualité. Respect des temps maximaux de mise en œuvre et des temps d'attente. Aspect visuel des différentes couches au point de vue uniformité, couverture et défauts.

Saupoudrage

Contrôle des agrégats au point de vue granulométrie, composition et siccité. Mise en œuvre dans les délais et avec les quantités prévues. L'adhérence des couches de saupoudrage est à vérifier par tranche de 250/m² par trois essais composés de 5 essais individuels. Le test se fera à l'aide d'une boule en acier Ø 50 mm d'un poids de 500 g, qui est à lâcher à d'une hauteur de 1 m au-dessus du support. Résultat demandé : Aucun décollement de la pierraille ; la casse de la pierraille étant acceptée.

Épaisseur

L'épaisseur des couches d'étanchéité est à vérifier à l'état frais à l'aide d'une jauge graduée. La valeur moyenne doit être supérieure à 90% de la valeur demandée (les valeurs supérieures à la valeur demandée ne seront prises en compte que pour un maximum d'un facteur 1,30). 5% des valeurs peuvent être inférieures à 90% de la valeur demandée avec un minimum absolu de 80%. L'épaisseur des différentes couches est à contrôler après leur durcissement à l'aide d'un appareil électromagnétique. Toute valeur inférieure à l'épaisseur minimale est à vérifier par trois mesures supplémentaires à proximité (env. 1 m²) de la première. Au cas où les trois mesures sont satisfaisantes, la première peut être écartée, au cas contraire, la surface défectueuse est à délimiter par un quadrillage et à retravailler immédiatement.

Nota : Afin de faciliter les mesures il est recommandé de réserver des zones sans saupoudrage.

Adhérence

Les essais d'adhérence sont à exécuter selon le mode opératoire décrit au chapitre 8.1.2. avec des pastilles Ø20 mm et une vitesse d'augmentation de la tension de 100 N/s. Un essai complet, composé de 9 essais particuliers est à faire par tranche de 1000 m² d'étanchéité. La valeur minimale demandée est de 2,0 N/mm². Les épaisseurs des différentes couches sont à inscrire sur le rapport d'essai. Pour les chantiers de moindre envergure (< 100 m²) l'Entrepreneur peut également produire sur site et en parallèle au chantier des plaques témoins qui pourront servir à la réalisation de tests destructifs des couches appliquées ceci tout en évitant l'endommagement du système installé. En cas de non-conformité, les tests sont à répéter pour contrôle sur l'étanchéité du tablier.

6 MEMBRANES SYNTHÉTIQUES

Le présent chapitre définit en complément aux prescriptions générales, les règles applicables pour les travaux d'étanchéité à l'aide de membranes synthétiques sur ouvrages d'art en béton, enterrés ou ayant une couverture supérieure à 60 cm à l'exception des ouvrages tunnels creusés.

6.1 Prescriptions générales

Les différentes étapes de la mise en œuvre du complexe d'étanchéité, depuis la préparation du support béton jusqu'à la mise en œuvre des couches de protection sont à exécuter dans un temps aussi court que possible. L'Entrepreneur est tenu d'avertir l'Administration, au plus tard 24 heures à l'avance, du début et de la fin des travaux de mise en œuvre de l'étanchéité, de façon à ce que les réceptions (retenues par écrit dans les fiches PAQ et dans le rapport de chantier) des différentes couches, obligatoires avant la suite des travaux, puissent être effectués conjointement et que l'Entrepreneur puisse procéder, le cas échéant, aux réparations.

La circulation et le stationnement de personnes, de véhicules, d'engins de chantier, ainsi que le dépôt d'objets sans que des mesures de protection spéciales et adéquates n'aient été prises, ne sont pas permis sur les différentes couches du complexe d'étanchéité. La circulation sur la surface de la membrane d'étanchéité doit se limiter aux besoins de la mise en œuvre de cette couche et du remblai. Seuls les engins équipés de pneus en caoutchouc sont acceptés. Les membranes installées sont à protéger dès que possible contre tout endommagement à l'aide de couches de protections adaptées et conformes à l'article 6.3.9

L'Entrepreneur doit prendre toutes les mesures nécessaires pour éviter la formation de plis dans le complexe d'étanchéité après la pose.

6.2 Produits

Les membranes proposées doivent résister aux agressions chimiques des eaux souterraines et aux contraintes mécaniques résultants des dilatations, déformations, du retrait de l'ouvrage, des différences de température ou des tassements. La perte de performance de la membrane due au vieillissement dans le temps ne doit en aucun moment compromettre l'efficacité de l'étanchéité de l'ouvrage. Le respect des propriétés techniques conforme aux normes de production est à assurer par un contrôle interne et externe de la fabrication.

Les performances requises sont reprises au tableau 8.2.5

6.2.1 Type PVC-P

Polychlorure de vinyle plastifié homogène ou avec armature.

6.2.2 Type PE

Polyéthylène haute densité comporte 2 à 3 % de noir de carbone, le reste étant composé de résine vierge et de stabilisants.

6.2.3 Type TPE

Elastomère thermoplastique: une famille différente de matériaux évoquant le caoutchouc qui, contrairement aux caoutchoucs vulcanisés classiques, peuvent être transformés et recyclés à l'instar des matériaux thermoplastiques.

6.2.4 Type EPDM

Ethylène - Propylène - Diène - Monomère: matériau terpolymère (caoutchouc).

Les étanchéités ayant une base chimique différente que celles décrites ci avant sont admises pour autant que leurs performances correspondent aux spécifications techniques du tableau 8.2.5 et leur efficacité a été prouvée par des chantiers témoins. Toutefois leur acceptation est soumise au visa de l'Administration.

6.2.5 Sous-couches et voiles de protection

Les sous-couches et les voiles de protection sont des géotextiles qui correspondent aux spécifications du tableau 8.2.6. Le matériau de base doit être imputrescible et résister aux attaques chimiques pour des valeurs pH comprises entre 2 et 13. Leur résistance au feu doit être supérieure ou égale à celle des membranes.

6.3 Techniques de mise en œuvre des membranes

Les instructions de pose actuelles du fournisseur doivent être disponibles sur chantier et sont à respecter.

6.3.1 Généralités

Les membranes synthétiques sont, d'une façon générale à poser selon les stipulations des articles 6.3.3 et 6.3.4, à l'exception des bâches préfabriquées en usine qui sont toujours à poser selon article 6.3.4 Les températures minimales, mesurées sur chantier, pour la mise en œuvre de membranes synthétiques sont de 5°C pour l'air et les supports. Les membranes sont à poser, en règle générale, dans le sens de la longueur de l'ouvrage, selon le principe des tuiles de toiture.

La mise en œuvre des membranes doit se faire impérativement à l'aide d'automates de soudage équipés d'un réglage automatique de la température en fonction de la température ambiante, de la vitesse d'avancement et des courants d'air. L'utilisation d'appareils à souder manuels n'est admise qu'exceptionnellement pour des cas particuliers tels que raccords et relevés d'étanchéité, ainsi que pour l'exécution de petits travaux de réparation.

Les recouvrements minimaux suivants sont à respecter pour les transversaux et longitudinaux :

- Membranes du type PVC- P, TPE ou PE 50 mm si collage au bitume → 80 mm
- Membranes du type EPDM 50 mm
- Les joints transversaux et longitudinaux sont à exécuter selon article 6.3.5.

Les différents lés de l'étanchéité, des sous-couches et des voiles de protection sont à décaler de minimum 50 mm à chaque interruption des travaux.

Les reprises se feront de préférence sur les bandes de compartimentage.

6.3.2 Préparation des supports

Les supports destinés à recevoir une étanchéité en membranes synthétiques doivent être:

- hors gel
- stables
- plans
- exempts de nids de gravier, fissures, arêtes, substances pouvant nuire au complexe d'étanchéité
- au cas où la pose se fait en adhérence ils doivent être secs

Toute inégalité > 5 mm sur 100 mm comme p.ex. joints de maçonnerie, arêtes, cassures etc. est à égaliser à l'aide d'un mortier approprié respectivement à meuler jusqu'à obtention d'un support convenable. Les arêtes sont à chanfreiner sur minimum 20 mm et les angles intérieurs sont à arrondir à l'aide d'un mortier. Les changements de plan sont à réduire à un minimum.

6.3.3 Pose en adhérence

Généralités

Au cas où la pose des membranes synthétiques se fait en adhérence, leur collage doit se faire sur la totalité de la surface de contact (sans sous-couche). Le collage aux masses bitumineuses est limité aux membranes compatibles au bitume.

Les membranes synthétiques sont à poser selon un des procédés décrits ci-après. Les zones de recouvrement sont à protéger contre toute projection de bitume.

Les rouleaux sont à dérouler sur le support, à aligner aux bandes déjà posées et à réenrouler avant le début du collage.

Collage au bitume appliqué à la brosse

La pose se fait en appliquant sur le support préparé un film uniforme de bitume à chaud à l'aide d'une brosse, devant la membrane enroulée. La membrane est à dérouler aussitôt dans le film encore chaud et à maroufler de façon à chasser toute bulle ou vide et pour obtenir un contact intime et uniforme avec le support.

Collage au bain de bitume

La pose au bain de bitume se fait en déroulant les membranes synthétiques dans un bain de bitume pur (les masses chargées de fines ne sont pas acceptées).

Surfaces horizontales ou à pente faible:

Le bitume fondu est à verser à l'aide d'un arrosoir sur le support préparé. La membrane est à dérouler aussitôt dans la masse bitumineuse de façon à ce qu'il se forme, au pied du rouleau, un fin coulis de bitume fondu.

Surfaces verticales ou à forte pente:

Les travaux de pose doivent se faire impérativement à deux personnes. Le bitume fondu est à verser à l'aide d'un

arrosoir, en prenant toutes précautions, dans l'écoinçon formé par le support et le rouleau qui est à dérouler continuellement et sous pression. En outre, il ne doit pas se former de vides dans les surfaces de recouvrement et elles sont à traiter avec une attention particulière. La colle bitumineuse débordant sur les côtés doit être égalisée, respectivement éliminée pendant qu'elle est encore chaude

Collage par fusion de bitume à la flamme

La pose se fait en deux étapes:

1. Application, sur le support préparé, d'une couche de bitume à chaud, à étaler le plus uniformément possible.
2. Collage en réchauffant la couche de bitume devant le rouleau et en déroulant la membrane bien tendue dans le bitume fondu. Cette technique peut également être appliquée sur des membranes bitumineuses.

Membranes synthétiques autocollantes

La pose des membranes autocollantes se fait en déroulant les rouleaux avec pelage simultané du papier ou de la feuille de séparation et en les marouflant à l'aide d'outils appropriés sur les supports préparés. Les joints de recouvrement longitudinaux et transversaux sont à exécuter suivant une des techniques décrites sub. 6.3.5.

6.3.4 Pose libre

Généralités

Les complexes d'étanchéité conçus à la pose libre se composent d'une sous-couche, de la membrane (généralement monocouche), d'un voile de protection et d'une couche de protection. L'utilisation des étanchéités à base de membranes synthétiques, posées en indépendance et soumises à l'eau sous pression est limitée à une profondeur d'immersion du complexe de 4 m. Les supports préparés peuvent être légèrement mouillés au moment de la pose des membranes, il est tout de même recommandé de travailler sur supports secs.

Vu que la pose en indépendance des membranes synthétiques est soumise au risque de la perforation accidentelle et/ou d'une défaillance des joints, des mesures complémentaires de sécurité s'imposent. Une de ces mesures est le compartimentage en surfaces inférieures à 100 m². A cet effet, les membranes sont à souder sur des demies bandes d'arrêt d'eau du type AR (pour fonds de coffrages), encastrées dans le béton ou des profils fixés mécaniquement après bétonnage. Le type des fixations ainsi que leur entre-distance sont à choisir de façon à éviter toute formation de plis dans le complexe d'étanchéité. L'écartement vertical des fixations est à limiter à 4 m. Le détail est à étudier en fonction du type de membrane, de la composition du complexe, du phasage du chantier et de la géométrie du support à étancher. Tout contact direct des membranes avec les vis ou chevilles de fixation des profils est à éviter. L'emploi de fixations mécaniques perforant les membranes, est interdit.

Pose libre avec fixation mécanique ou collage partiel

Les membranes synthétiques ou les bâches préfabriquées à l'aide de ces membranes sont à poser librement sur une sous-couche en géotextile (conforme aux exigences du tableau 8.2.6) et à fixer mécaniquement au support. Le type, nombre et emplacement des fixations sont à déterminer en fonction du substrat, des membranes employées et des sollicitations envisagées. Les éléments de fixation peuvent être, soit des systèmes à fers plats soit à brides métalliques, métaux plastifiés, ou matières synthétiques. L'ancrage se fait par rivets, vis, chevilles ou profilés métalliques ou métaux plastifiés à encastrer dans le béton. Les fixations ne doivent en aucun cas endommager les membranes par action chimique ou mécanique. Les colles à froid compatibles aux membranes sont permises en tant que aide à la mise en place.

Les membranes synthétiques ainsi que les éléments de fixation doivent impérativement être agréées par un organisme reconnu et faire partie d'un système d'ensemble.

Pose libre avec lestage

Les membranes synthétiques ou les bâches préfabriquées à l'aide de ces membranes sont à poser librement sur les supports nettoyés et à lester d'une façon permanente.

6.3.5 Techniques d'assemblage aux recouvrements

Généralités

L'assemblage en atelier ou à l'usine est à favoriser autant que possible. Le nombre de joints à exécuter sur site est à limiter au strict minimum et la qualité de l'intégralité des jointures est à documenter obligatoirement.

La technique de soudage est à choisir en fonction des membranes employées et des procédures de pose du fabricant. Le soudage chimique et le collage des joints sont interdits. Les zones de chevauchement doivent être sèches, propres et exemptes de toute substance pouvant nuire à la liaison des différents lés. Toute couche de séparation ou revêtement superficiel ayant un effet négatif à la durabilité des joints, est à décaper. Aux joints T, les bords des membranes synthétiques d'une épaisseur supérieure ou égale à 1,5 mm sont à aplatir avant leur assemblage par des moyens thermiques ou mécaniques. La plage de température de soudage autorisée et spécifique au matériau est à respecter à tout moment.

Soudage à l'air chaud

La technique de soudage à l'air chaud consiste à plastifier les deux faces du chevauchement à l'aide d'air chaud et à les assembler immédiatement après fusion par un marouflage uniforme et intensif.

Soudage au coin chauffant

La technique de soudage au coin chauffant consiste à plastifier les deux faces du chevauchement à l'aide d'un fer à souder, spécialement conçu pour cette application et à les assembler immédiatement après fusion par un marouflage uniforme et intensif.

6.3.6 Changements de plan

Changements de plan entre radier et voiles:

Les étanchéités sous radiers sont dans une première phase à faire dépasser hors les limites de l'ouvrage et à protéger provisoirement contre tout endommagement par les travaux de gros œuvre. La protection est à démonter en prenant toutes les précautions nécessaires, après l'achèvement du radier et des voiles. Ensuite l'étanchéité est à relever et à fixer sur la surface verticale. Une chanfrein souple (p.ex. Styropor) de section triangulaire et dans un matériau souple est à installer avant bétonnage au droit du changement de plan. Cette bande sert à atténuer le coin intérieur et à éviter toute dégradation de la membrane au moment du relèvement.

Pour les changements de plan entre voiles et surfaces horizontales deux cas possibles se présentent:

avec espace de travail

les membranes, y compris les sous-couches et voiles de protection, sont à remonter sur le plan horizontal et à fixer par soudure à une tôle colaminée ou une demie bande d'arrêt d'eau du type AR (pour fonds de coffrages), encastrée dans le béton. Ceci élimine le risque d'infiltrations entre l'ouvrage et l'étanchéité.

sans espace de travail

les membranes sont à remonter d'env. 25 cm au-dessus du niveau projeté de la dalle sur un support provisoire à fixer mécaniquement et à protéger contre infiltrations par un soufflet de membrane soudé étanche. Les membranes sont tranchées en dessous de la fixation mécanique après coulage de la dalle et rabattues sur le support horizontal.

Les membranes sont d'office à renforcer au droit des changements de plans par une bande supplémentaire d'une largeur minimale de 200 mm.

Le bon fonctionnement du complexe dépend entre autre d'une étanchéité parfaite des extrémités libres des membranes. Seule le soudage étanche sur des tôles colaminée ou une demie bande d'arrêt d'eau du type AR (pour fonds de coffrages), encastré dans le béton, est permis. Toute fixation à l'aide de profils légers en aluminium, l'application de bandes de recouvrement ou encore le masticage des bords sont strictement interdits.

6.3.7 Joints

On distingue deux types de joints:

Type 1

Joint de dilatation soumis à des mouvements lents tels que saisonniers et/ou uniques tels que tassements. Ces joints sont généralement enterrés.

Type 2

Joint de dilatation soumis à des mouvements rapides ou avec une grande fréquence de répétitions tels que provoqués par la circulation et les différences de température journalières. Ces joints sont généralement exposés au ciel ouvert.

Les étanchéités en membranes synthétiques sont à renforcer aux joints. Les détails sont à planifier en collaboration avec les fabricants, tout en tenant compte des dernières recommandations de recherche en la matière.

Solutions types:

Pour les joints du type 1 l'espace du joint est à ponter à l'aide d'une tôle avec plastification unilatérale ou par une bande d'arrêt d'eau du type AR (pour fonds de coffrages) d'une largeur de minimum 24 cm. Les joints du type 2 ainsi que les joints aux dilatations importantes sont à ponter par bande d'arrêt d'eau tel que décrit ci avant ou par constructions spéciales qui sont soumises au visa de l'Administration.

6.3.8 Percements

Les percements (par conduites de service, câbles etc.) des étanchéités à l'aide de membranes synthétiques et posées en indépendance se composent typiquement de constructions rigides métalliques ou en matériaux

synthétiques (manchons préfabriqués) qui doivent être étanches en elles-mêmes.

Les pièces métalliques exposées aux intempéries sont à protéger contre la corrosion ou à fabriquer dans un matériau inoxydable adapté aux sollicitations réelles. Dans les conditions « humidité de sol » ou « eau non soumise à une pression » le raccord des membranes peut se faire par brides à coller, brides de serrage, ou par soudage direct s'il s'agit d'un tuyau ayant la même base chimique. Dans les conditions « eau soumise à une pression » les raccords se font d'office à l'aide de brides de serrage dont les dimensions minimales doivent correspondre au tableau 8.2.7. Le couple de serrage des brides est à indiquer par le fabricant des membranes (pression env. 2,5 N/mm²). Les sous-couches ainsi que les voiles de protection ne doivent pas être prises entre les brides et sont à fixer en dehors de celles-ci.

Au droit des brides, l'épaisseur des membranes est à renforcer par l'adjonction de deux lés supplémentaires qui peuvent être posés librement ou fixés par collage respectivement par soudure. Les recouvrements de lés au droit des brides sont à éviter. Au cas où les dimensions ou la géométrie des brides l'imposent, l'Entrepreneur doit exécuter des joints meulés en biais.

6.3.9 Couches de protection

Généralités

En supplément aux voiles de protection souples nommés sous rubrique les membranes synthétiques posées en indépendance sont à couvrir par des couches de protection qui doivent être compatibles avec le complexe d'étanchéité et qui doivent le protéger d'une façon durable et définitive contre les agressions mécaniques, thermiques et chimiques qui le sollicitent (p.ex. maçonnerie, béton coulé en place, mortier, plaques en béton, caoutchouc ou mousses synthétiques). Les déformations et/ou déplacements des couches de protection doivent se faire sans endommager les membranes. Ainsi les couches de protection rigides sont à délimiter par un nombre suffisant de joints; entre autre aux changements de pentes. Des réservations de largeur adéquate sont à créer aux émergences et pénétrations et à remplir à l'aide de masses à élasticité permanente ou par profils souples. Les joints de dilatation de l'ouvrage sont à reprendre dans les couches de protection rigides.

L'Entrepreneur doit prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter l'endommagement des membranes lors de la mise en œuvre des couches de protection, entre autre le nettoyage au préalable.

Couches de protection verticales en maçonnerie

Les maçonneries de protection sont à confectionner à l'aide de briques pleines et de mortier de ciment d'une épaisseur de 11,5 cm. Les couches de protections verticales sont à séparer des couches de protection horizontales par joints qui sont à combler par des profilés adaptés ou des mousses souples. Les maçonneries verticales sont à subdiviser par des joints verticaux écartés de 7 m au maximum, les coins qui sont à séparer des surfaces courantes. La maçonnerie est à ériger à un écart de env. 4 cm de l'étanchéité et le vide entre les deux est à remplir au fur et à mesure de l'avancement de la construction à l'aide de mortier de ciment tout en veillant à ne créer aucune cavité.

Couches de protection en béton

Les couches de protection en béton sont d'une épaisseur minimale de 5 cm. Sur les supports présentant des pentes supérieures à 33% les bétons sont à munir d'une armature.

Les couches de protection en béton doivent être au minimum de la qualité C12/15, au cas où elles sont armées.

Couches de protection en asphalte coulé

La résistance de l'étanchéité aux températures de pose de l'asphalte coulé est à confirmer par essais à l'appui. Les couches de protection en asphalte coulé sont d'une épaisseur minimale de 25 mm. Leur composition est à formuler de façon à résister aux sollicitations projetées. Un essai de convenance est à soumettre au visa de l'Administration. Les chapes en asphalte coulé sont à séparer de leur support d'étanchéité synthétique par un voile de verre.

Couches de protection de nature différente

Les couches de protection de nature différente que celles énumérées ci avant p.ex. feuilles synthétiques, mousses synthétiques, nattes en caoutchouc granulé etc. doivent répondre aux critères générales. Elles doivent être compatibles avec le complexe d'étanchéité et le protéger d'une façon durable et définitive contre les agressions mécaniques, thermiques et chimiques qui le sollicitent. Leur équivalence est à démontrer par essais et références à l'appui, leur acceptation définitive est soumise au visa de l'Administration.

6.4 Contrôles

Généralités

L'étanchéité des joints assemblés sur chantier est à contrôler en permanence par un ou une combinaison des procédés décrits ci-après:

Procédé A - Contrôle dite à la pointe émoussée

Cette méthode permet la vérification de la bonne tenue mécanique de la soudure (absence de décollement). La pointe émoussée (ou la lame du tournevis) est placée dans le plan de la membrane, parallèlement à la membrane et perpendiculairement à la soudure.

Une pression dépendant du type de membrane utilisée est alors appliquée avec l'outil. Des allées et venues sont effectuées sur de petites distances (5 à 10 cm) le long de la soudure.

Lorsque la pointe émoussée ou l'objet utilisé reste bloqué et/ou s'enfonce, on est en présence d'un défaut dans la soudure.

Cette méthode est potentiellement destructive car elle peut endommager une soudure qui ne présentait pas de défaut avec fuite. Elle est insuffisante pour la qualification des défauts. En effet, elle s'insère entre une inspection visuelle et l'utilisation d'une méthode plus performante qui permet de tester les points singuliers.

Procédé B - Contrôle par soufflement

Le contrôle par soufflement consiste à souffler à l'aide d'un appareil de soudage à air chaud manuel, perpendiculaire au bord du lé supérieur. La température de l'air doit être réglée à 150°C

(mesurée à 5 mm de la buse). La buse doit être du type rond ou plat avec une largeur maximale de 20 mm. Lorsque les différents lés se séparent à l'endroit souillé, on est en présence d'un défaut dans la soudure.

Procédé C - Contrôle optique

Les joints sont à vérifier en les inspectant visuellement, d'une façon systématique afin de détecter des défauts d'assemblage éventuels.

Procédé D - Contrôle sous pression

Ce contrôle s'effectue sur les doubles soudures automatiques à canal central. Il permet de vérifier l'étanchéité ainsi que la continuité de la soudure. Il consiste en une mise en pression d'air du canal central à l'aide, d'une aiguille (si possible conique, qui de par sa forme assurera l'étanchéité lorsqu'elle sera piquée en force dans le canal au travers de l'une des deux membranes) reliée à un système permettant d'obtenir et de mesurer la pression de contrôle.

Cette dernière est de l'ordre de 0,2 à 0,4 MPa (2 à 4 bars) selon les matériaux et les conditions de température.

L'aiguille peut être plantée dans le canal central, au travers de l'une des deux membranes, les deux extrémités du canal étant obturées, ou entrée en force et maintenue à l'une de ses extrémités (système dit "à pinces") l'autre étant obturée. Selon les conditions, en particulier les fortes températures et la longueur des soudures, il peut être nécessaire de réajuster une à deux fois la pression. En effet, il faut que la pression s'installe sur toute la longueur de la soudure et de plus le matériau peut légèrement fluer. Dans ce cas, le canal central augmente légèrement de volume et le système étant fermé, cela se traduit par une chute de pression sur le manomètre de contrôle. En principe, un à deux ajustements sont nécessaires pour un linéaire de 100 m.

La pression est maintenue pendant une durée de 5 minutes après stabilisation. Si la stabilisation ne se fait pas ou s'il apparaît une chute de pression, c'est qu'il existe une fuite.

Celle-ci peut être repérée soit au bruit pour le cordon intérieur (sifflement), soit à l'aide d'eau savonneuse pour le cordon extérieur. Si le défaut ne peut pas être repéré de cette manière, on procède par tronçons. On ouvre la soudure au centre et on teste la soudure de part et d'autre de cette ouverture. Cette procédure est répétée autant de fois que nécessaire jusqu'à repérage de la fuite.

Une fois le défaut réparé, on réitère la procédure pour déterminer s'il existe ou non d'autres défauts. Lorsque la pression peut être maintenue pendant 5 minutes ou que la perte de pression est inférieure à 10% (cette perte de pression tient compte du fluage encore possible des matériaux), on ouvre le cordon à l'extrémité de la soudure. Si la pression ne chute pas cela indique que le canal n'est pas continu (canal obturé). Dans ce cas, il faut tester indépendamment les uns des autres les différents tronçons continus de la soudure.

Procédé E - Contrôle sous vide

A l'aide d'une cloche à vide transparente (circulaire ou rectangulaire), on crée une dépression sur une portion de zone à tester, préalablement nettoyée et enduite d'un liquide savonneux. La présence d'un défaut entraîne l'apparition de bulles. La dépression est maintenue pendant 30 secondes minimum.

Pour les matériaux rigides, la dépression est de l'ordre de 0,05 MPa tandis qu'elle est de 0,02 MPa pour les matériaux plus souples. Par temps froid ou très chaud, l'intégrité de la membrane est à surveiller avec attention lors de la déformation induite par la mise en dépression. Cette remarque est en particulier valable par temps chaud pour les membranes qui ont tendance à fluer.

7 CHAPES EN ASPHALTE COULÉ (A.C.)

Le présent chapitre définit en complément aux prescriptions générales, les règles applicables pour les travaux de mise en œuvre de chapes de protection en asphalte coulé sur étanchéités bitumineuses à base de PU ou UP sur ouvrages d'art.

7.1 Prescriptions générales

Les asphaltes coulés seront fabriqués en centrale. Celle-ci doit figurer sur la liste d'aptitude et/ou bénéficier d'une autorisation de fabrication de la part de l'Administration pour la qualité d'asphalte demandée par le marché. L'épaisseur totale des couches d'asphalte coulé ne doit dépasser en aucun endroit les 8 cm à l'exception des filets d'eau.

Les attestations et renseignements relatifs à la composition des A.C. et qui sont à produire en temps utile préalablement à toute exécution pour chaque qualité et catégorie d'A.C., les contrôles de la fabrication à l'usine et au chantier, les prescriptions relatives à la commande des A.C., la vérification de la conformité des produits, des niveaux et de la planéité des surfaces finies aux exigences du marché, le contrôle et le respect des températures de l'asphalte, la production préalable du programme et des dessins d'exécution, les prestations et les frais relatifs aux essais prescrits en Centrale, ainsi que la confection et l'expédition des éprouvettes d'essai, font également partie du PAQ.

Les joints bitumineux d'étanchéité sont destinés à empêcher une pénétration d'eau jusqu'au niveau de l'étanchéité et d'obturer d'une façon plastique, les volumes réservés à la libre dilatation des chapes en asphalte.

Les joints de dilatation, à envisager en nombre nécessaire dans la couche d'asphalte si celle-ci démontre des étendues importantes, seront découpés ou fraisés en joints ouverts après finition de toute la couche en suivant rigoureusement une ligne de reprise.

Les joints d'étanchéité entre asphalte et autres matériaux contigus (bordures, murs, corniches, enrobés hydrocarbonés, avaloirs ou drains, dispositifs de dilatation, etc.) seront traités en joints ouverts verticaux, de largeur strictement parallèle, au moyen de règles en acier. L'application d'huiles de décoffrage sur ces règles est interdite. Les joints sont à couler au plus vite possible après l'achèvement de la chape de protection respectivement des couches de roulement.

7.2 Matériaux

Asphalte coulé

Les asphaltes coulés doivent correspondre aux prescriptions de la norme ZTV-Asphalt StB 94 (ou une autre norme équivalente d'un état membre de la communauté européenne) et à celles des tableaux 8.2.7 et 8.2.8.

Dans le cas de contradictions, celles figurant ci-après sont prépondérantes.

La composition des asphaltes coulés sera telle qu'ils résistent à l'orniérage et qu'ils supportent sans déformation, glissement ou décohésion les efforts provenant de la géométrie de l'Ouvrage et du trafic dans les conditions normales de service.

Les épreuves de convenance font partie du PAQ et indiqueront :

- La composition du mélange
 - : Teneur en bitume
 - Teneur en asphalte naturel
 - Teneur en filler
 - Composition granulométrique
 - Pénétration, ainsi que bille et anneau du bitume
 - Origine et caractéristiques de l'asphalte naturel
 - Origine et caractéristiques du filler
 - Origine et caractéristiques des granulats
- Les caractéristiques de l'asphalte coulé, dont notamment, l'empreinte suivant DIN 1996 conforme à la ZTV-Asphalt StB 94
- Le cas échéant, l'origine et les caractéristiques du granulats pré enrobé de cloutage.

L'Entrepreneur est tenu de fournir les résultats des essais suivants, avec un minimum d'un contrôle complet par qualité d'asphalte et comprenant les essais énumérés, à effectuer en centrale sur les composants, au fur et à mesure de leur exécution, à l'ingénieur responsable de l'Administration.

- Gravillons → Granulométrie
- Sables → Granulométrie
- Essai sur l'équivalent de sable
- Essai de friabilité thermique
- Bitume → T° bille et anneau
- Pénétration
- Asphaltes → Épreuve de convenue
- Valeur de l'empreinte suivant DIN 1996

La composition définitive des asphaltes coulés sera arrêtée après l'exécution obligatoire d'un essai de convenue prouvant sa stabilité et sa conformité à l'essai d'empreinte énoncé ci-dessus.

Joint bitumineux

Les masses bitumineuses, à mettre en œuvre pour les joints d'étanchéité à chaud, doivent correspondre aux prescriptions de la norme allemande TL Fug-StB01 (ou une autre norme équivalente d'un état membre de la communauté européenne) et à celles figurant ci-après. Ces joints, constitués d'une masse bitumineuse caoutchoutée, élastoplastique et monocomposante doivent présenter une étanchéité parfaite et répondre aux exigences suivantes :

- Allongement et compressibilité pour les joints
 - Circulables → élasticité 25%. Application entre bandes d'asphalte ou joints transversaux.
 - Non circulables → élasticité 35%. Application contre émergences, trottoirs, avaloirs etc.
- Point de ramollissement minimum 75°C
- Supporter sans décohésion et sans déformation excessive les efforts provenant des dilatations de l'ouvrage.

Les températures ainsi que les temps maximaux de chauffage, prévus dans les fiches techniques du fournisseur, sont à respecter. Toute masse bitumineuse caoutchoutée chauffée et non utilisée à la fin de la journée est à éliminer. Un réchauffage des masses non utilisées est proscrit.

Afin d'éviter la formation de fissures, due à une adhérence sur trois faces, les fonds de joints doivent posséder des propriétés élastiques ou glissantes. Une adhérence à la base du joint peut provoquer des efforts de coin et la propagation de fissures dans la masse jusqu'à la rupture totale.

Les fonds de joints doivent résister aux températures de coulage ($\pm 180^{\circ}\text{C}$), être imputrescible, compressible et élastique. Ils doivent en outre posséder une valeur d'absorption d'eau inférieure à 5 % par volume, résister au retrait et être compatible avec les masses bitumineuses et leurs vernis d'accrochage.

Joint à 2 composants

Ces joints élastomères, à base d'une résine polyuréthane à deux composants doivent posséder les propriétés et répondre aux exigences suivantes :

- allongement et compressibilité minimum 20 % ;
- dureté « shore A » minimum 20 ;
- supporter sans décohésion les efforts provenant des dilatations de l'Ouvrage ;
- élongation à la rupture >300% ;
- propriétés physiques garanties de -20°C à 60°C .

7.3 Matériel

Les malaxeurs de transport et de stockage provisoire sur chantier seront équipés au moins d'un dispositif de prise et d'indication des températures de l'asphalte, d'une précision minimale de plus ou moins huit degrés Celsius, situé à la partie basse de la cuve du malaxeur, au droit d'une brasse. En outre, ces malaxeurs sont équipés de façon à garantir l'homogénéité des températures du mélange d'asphalte.

Le finisseur que l'Entrepreneur compte utiliser doit être à même de répartir l'asphalte sans produire de ségrégation, tout en respectant l'alignement, les largeurs, les profils et les épaisseurs fixées.

Les conducteurs des rouleaux compresseurs doivent être qualifiés et capables de réaliser un travail selon les règles de l'art. Le surveillant des Ponts et Chaussées renverra tout conducteur qui ne donnera pas satisfaction. L'Entrepreneur doit prévoir obligatoirement un rouleau à pneus par finisseur.

Les fondoirs de transport et de stockage des masses bitumineuses pour joints coulés à chaud seront

impérativement à double paroi et équipés d'un malaxeur. L'utilisation des cuves à chauffage direct est strictement interdite. Les fondoirs seront pourvus d'au moins un dispositif de prise et d'indication des températures d'une précision de plus ou moins 8°C. Ils seront équipés de façon à garantir l'homogénéité des températures du mélange.

7.4 Mise en œuvre

L'Entrepreneur est en outre tenu d'assurer un approvisionnement continu du finisseur, compte tenu de la vitesse minimale de répandage, de la capacité et de l'éloignement de la centrale de fabrication, au moyen d'un nombre suffisant de malaxeurs. Cependant, il faut éviter tout excès de matériaux devant la finisseuse. La mise en œuvre d'asphalte coulé à l'aide de finisseuses à chenilles est interdite si les engins circulent directement sur l'étanchéité.

La chute de température, due à la mise en œuvre manuelle de l'asphalte devra être compensée dans le malaxeur, pour qu'au moment de son application, le matériau présente une température supérieure ou égale à la température minimale d'application, sans cependant dépasser la température maximale d'application. Les joints et reprises suivront une ligne parfaite. Les joints longitudinaux sont à décaler par rapport à l'axe de roulement des roues. Les joints de couches d'asphalte superposées doivent être décalés de 10 cm minimum. Les reprises transversales d'asphalte seront traitées en joints secs sans balèvres, soudés avec préchauffage infrarouge ou recouvrement d'asphalte chaud sur la bande la plus ancienne, suivis d'un repressage soigné à la palette.

Pour la pose d'asphalte coulé sur membranes plaquées d'une feuille métallique, les joints en long et en large seront protégés au moyen d'un ruban auto-adhésif approprié, immédiatement avant la mise en œuvre de la contre chape en asphalte coulé, de façon à ce qu'il ne se produise point de mélange avec le bitume de la chape d'étanchéité.

Pour les couches de roulement en béton asphaltique ou Splittmastix, la chape de protection en asphalte coulé encore chaude est à saupoudrer au gravier concassé et prélaqué 2/5 ou 5/8 à raison de 2-3 kg/m². Les chapes sur supports avec des pentes supérieures à 6% demandent l'ajout d'un produit thixotropisant (p.ex. Lucobite). Les limites et les hauteurs rapportées sont à tracer d'une façon indélébile sur les supports. Les coffrages latéraux seront réalisés à l'aide de règles en acier de section appropriée qui serviront en même temps de dispositif de guidage et de nivelage. Ils seront réglés de façon à garantir le respect des profils en long et en travers définitif. L'écoulement des eaux de chaque couche doit être assuré, aucune flache d'eau stagnante n'est admise.

7.4.1 Filets d'eau en asphalte coulé

La surface encore chaude de l'asphalte coulé est à saupoudrer au sable siliceux et sec, à lisser et à talocher soigneusement. Après refroidissement du filet d'eau, les rejets de sable non adhérent sont à éliminer, les avaloirs et siphons sont à nettoyer. De plus, la surface finie de ces caniveaux doit être telle que les eaux ne puissent stagner en aucun endroit, si petit soit-il.

Les tolérances de planéité de surfaces finies des caniveaux en A.C. sont fixées comme suit :

- 4 mm, rapportés à la règle de 4 m
- 2 mm, rapportés à la règle de 20 cm

7.4.2 Chapes de reprofilage en asphalte coulé

Les modalités du contrôle et du respect des niveaux, sont à soumettre à l'approbation préalable de l'Administration. Toutes les surlargeurs et toutes les surhauteurs mises en œuvre sans nécessité reconnue par l'Administration sont à charge de l'Entrepreneur. Le fraisage, l'élimination et le comblement de toutes les sur- et sous épaisseurs résultant de dénivellations de la sous-couche et dépassant les tolérances fixées dans les marchés, sont à charge de l'Entrepreneur, y compris toutes fournitures. Les épaisseurs et les surfaces d'application de ces couches seront communiquées après nivellement par l'Entrepreneur (=PAQ), à l'Administration.

- L'épaisseur minimale de la couche de reprofilage est de 15 mm et l'épaisseur maximale est de 40 mm.

Dans les cas où l'application d'asphalte coulé comme reprofilage est nécessaire afin d'obtenir ces valeurs de planéité prescrites et si ces dénivellations proviennent d'imprécisions de mise en œuvre de couche(s) subjacentes, ce reprofilage sera entièrement à charge de l'Entrepreneur.

7.4.3 Contre chapes en asphalte coulé

La contre chape d'étanchéité est à mettre en œuvre dès réception (=PAQ) sans réserve (visa requis de l'ingénieur dirigeant le chantier) de l'étanchéité. L'étanchéité ne peut être blessée en aucun endroit. Ces travaux sont à organiser, en outre, de façon à éviter un échauffement excessif du complexe d'étanchéité (coulage uniforme de petites quantités d'asphalte coulé ; température de mise en œuvre de l'asphalte coulé inférieure à 240°C, etc...). Toute circulation sur l'étanchéité non protégée est soumise à l'accord de l'ingénieur dirigeant.

S'il y avait circulation tolérée et avant la mise en œuvre de la chape de protection, l'Entrepreneur doit procéder à nouveau à la réception de l'étanchéité. L'écoulement des eaux sur contre-chape doit être assuré, aucune flache d'eau stagnante n'est admise.

L'épaisseur de la chape de protection en asphalte coulé ne peut être, à l'exception des zones de recouvrement des membranes d'étanchéité, inférieure à 25 mm. L'épaisseur maximale applicable en une seule couche est de 5 cm.

La valeur maximale de défaut de planéité de la surface finie des contre chapes en asphalte coulé ainsi que la valeur maximale du défaut de dénivellation tolérées par rapport aux profils prescrits sont fixées à :

- 8 mm, rapportés à la règle de 4m
- 4 mm, rapportés à la règle de 20 cm

7.4.4 Couches de roulement en asphalte coulé

Les couches de roulement en asphalte coulé sont à mettre en œuvre pour autant que possible par un finisseur réglé à vis calées. Ainsi, toute inégalité du support nécessite un raclage ou une prépas. La valeur maximale du défaut de planéité de la surface finie de la couche de roulement ainsi que de la valeur maximale du défaut de dénivellation tolérées par rapport au profil prescrits sont fixées à :

- 6 mm, rapportés à la règle de 4 m
- 3 mm, rapportés à la règle de 20 cm

7.4.5 Joints d'étanchéité coulés à chaud

Les joints longitudinaux et transversaux circulables sont à remplir complètement à l'aide de masses ayant des propriétés plutôt plastiques (élasticité 25%) et conforme aux stipulations du chapitre 7.2. Les joints non circulés, par exemple contre trottoirs ou autres émergences seront coulés à l'aide de masses ayant des propriétés plutôt élastiques (élasticité $\geq 35\%$) et conforme aux stipulations du chapitre 7.2.

Les joints contre trottoirs et bordures seront coulés à refus au niveau de la chape de protection. Avant le coulage du joint au niveau de la couche de roulement, un fond de joint ou une bande de séparation sera insérée à l'aide d'un outil adapté tout en évitant de blesser le fond de joint.

La relation hauteur : largeur du joint de la couche de roulement sera de 1,75 : 1, la section du fond de joint sera choisie en fonction. Le fond de joint dans joints longitudinaux est à supprimer sur une longueur d'env. 20 cm contre avaloirs et autres émergences. Au cas où les joints de deux couches d'asphalte superposées sont décalés, les joints de la chape de protection sont à couvrir à l'aide d'une bande auto adhésive en aluminium.

Mise en œuvre

Les éléments d'ouvrage contigu sont à protéger contre tout risque de coulure et de salissure. Les réservations créées par coffrage ou sciage sont à nettoyer soigneusement à l'aide de brosses métalliques rotatives. Les poussières sont à éliminer par aspiration ou à l'air comprimé déshuilé. Les supports sont à sécher, le cas échéant, à l'aide de lances thermiques avant l'application du primaire d'accrochage.

Le primaire est à appliquer à refus sur les flancs et sur une largeur d'env. 1 cm de part et d'autre de la réservation. Les temps de séchage tel que prévu dans les instructions de pose des fournisseurs sont strictement à observer, le primaire doit être sec au toucher. Les travaux de coulage se feront par temps sec et à des températures supérieures à 5°C. La fusion des masses se fera exclusivement dans des installations telles décrites au chapitre 7.3.

La chute de température, due à la mise en œuvre manuelle des joints devra être compensée dans le malaxeur, pour qu'au moment de son application, le matériau présente une température supérieure ou égale à la température minimale d'application, sans cependant dépasser la température maximale d'application. Toute surchauffe des masses bitumineuses améliorées aux polymères réduit les performances élastiques du produit et provoque une baisse substantielle de la température de ramollissement. Le refroidissement de la masse de rejointoiement provoque un rétrécissement qui est à combler par une deuxième coulée à exécuter au plus tôt possible. La coulée doit se faire d'une façon à ne pas faire déborder le bitume, car toute égalisation après mise en œuvre à l'aide d'un outil tranchant risque de perturber l'adhérence aux flancs du joint.

En aucun cas, la température de mise en œuvre de ces joints ne doit provoquer une diminution de leur élasticité ou une altération des étanchéités. Un certificat de compatibilité est à soumettre au visa de l'Administration.

7.4.6 Joints d'étanchéité coulés à froid (2C)

La préparation des réservations du joint, la mise en place du fond de joint ainsi que l'application des couches d'accrochages se fait analogue aux stipulations du chapitre 7.4.5. et conforme aux prescriptions du fournisseur. La masse polyuréthane est à mélanger en respectant les stipulations du chapitre 5.1 et à couler dans les réservations pendant la DPU du produit et avant le séchage du primaire d'accrochage (30-90 min. à 23°C). Au cas où le primaire ne serait plus collant, l'imprégnation des flancs est à répéter. La température minimale d'application est de 8°C ; néanmoins une température supérieure à 15°C et inférieure à 30°C est recommandable. Les joints frais sont à protéger jusqu'au durcissement de la résine contre les effets nocifs dus aux températures, à l'humidité, à la saleté et à l'endommagement.

7.5 Contrôles et essais

Conditions extérieures d'exécution

Les conditions extérieures sont à contrôler selon annexe 8.1.1.

Température du support supérieure à 5°C et temps sec.

Température des mélanges

L'Entrepreneur est tenu de contrôler la température de l'asphalte, dans chaque camion malaxeur, à l'arrivée sur le chantier et régulièrement par la suite, ainsi que dans les récipients de transport sur le chantier.

Essais d'identification

L'Entrepreneur doit permettre à l'Administration de procéder à un minimum de 2 prélèvements par 2 camions malaxeurs pour les asphaltes coulés et 1 prélèvement par 100 m de joints, en vue de la réalisation des essais d'identification, du contrôle de la granulométrie, de la teneur en bitume, etc.. La confection et l'expédition (en colis plombés à la marque de l'ingénieur réceptionnaire) de ces prélèvements sont à charge de l'Entrepreneur.

Si les résultats des essais d'identification sont satisfaisants, les frais y relatifs sont à charge de l'Administration. Dans le cas contraire, ils sont à charge de l'Entrepreneur y compris tous les frais, fournitures main d'œuvre etc., nécessaires à un rétablissement des travaux correspondants en tous points aux prescriptions du marché. Ces essais d'identification éventuels ne modifient en rien la responsabilité de l'Entrepreneur.

8 ANNEXES

8.1 Essais

L'ensemble des essais à exécuter dans le cadre du PAQ font partie du contrôle interne de l'Entrepreneur et sont intégralement à sa charge

8.1.1 Conditions extérieures d'exécution

L'Entrepreneur doit se prémunir journalièrement des prévisions météorologiques de l'aéroport de Luxembourg, qui seront reportées dans le journal du chantier. Pour le relevé des valeurs des conditions extérieures, l'Entrepreneur doit tenir sur chantier, en nombre suffisant, les appareils étalonnés suivants:

- hygrothermographe (autonomie minimale: 8 jours)
- hygrothermomètre
- thermomètre digital à secondes
- appareil CM

La température et l'humidité relative de l'air sont à enregistrer en continu, à proximité immédiate de chaque emplacement des travaux. Les enregistrements doivent débuter avant l'exécution et sont à poursuivre jusqu'à ce que les produits et couches appliquées ne puissent plus être lésés par les conditions extérieures. Pour les travaux d'une durée supérieure à 10 jours, l'Entrepreneur devra installer un poste météorologique fixe avec enregistrement digital. Chaque semaine, les enregistrements sont récupérés, vérifiés conjointement et remis après acceptation, avec ou sans réserve, au responsable de l'Administration.

Les températures et l'humidité relative de l'air, le point de rosée, les températures et l'humidité du subjectile, les températures des produits de décapage et d'application sont à relever et à contrôler:

- au minimum 1 heure avant tout début d'un travail
- au début d'un travail
- plusieurs fois la journée par travail posté, par temps variable et par T° évoluant à proximité des valeurs limites
- minimum 1 heure après toute fin d'un travail

Les valeurs sont à protocoler (PAQ) dans un tableau représentatif. L'Entrepreneur doit veiller (contrôle interne) à ce que les valeurs limites, définies dans l'instruction d'exécution ayant reçu le visa de l'Administration, ne soient pas dépassées.

8.1.2 Adhérence

La qualité de résistance superficielle des supports préparés ainsi que l'adhérence des complexes d'étanchéité est à vérifier par essais d'adhérence.

A ces fins, l'Entrepreneur doit procéder à des essais d'adhérence par arrachement, de pastilles $\varnothing 50$ mm préalablement collées sur les supports et sur les couches rapportées, à effectuer d'après un mode opératoire normalisé (vitesse d'arrachement constante de 100 N/s dans le cas de support béton et de couches dures, respectivement de 300 N/s pour les couches élastiques et thermoplastiques), et un rythme comme indiqué dans les articles correspondants, avec cependant chaque fois un minimum de 3 essais par partie d'ouvrage.

Les résultats de ces essais sont à inscrire dans des tableaux appropriés, analogues à celui figurant en annexe 2 de la ZTV-SIB 90.

8.1.3 Rugosité du support

La rugosité de subjectiles horizontaux en béton est à définir sur le support préparé après confirmation des résultats d'essais d'adhérence.

Les macrocreux du support sont à combler à l'aide d'une quantité définie de sable qui est à étaler d'une façon régulière et circulaire. La définition de la rugosité R_t est la hauteur imaginaire d'un cylindre de diamètre d et de volume de sable V .

Outils et accessoires :

- Récipient avec un volume V entre 25 cm³ et 50 cm³
- Sable silicieux sec, granulométrie 0,1-0,5 mm
- Rondelle en bois dur (\varnothing 5 cm, épaisseur 1cm) avec manchon central
- Mètre

Mode opératoire :

- Remplir le récipient au sable et vider sur le support propre et sec
- Etaler le sable à l'aide de la rondelle d'un mouvement rotatif en spirale et combler les macrocreux du support, le tout sans exercer une pression
- Mesurer le diamètre du cercle de sable

Evaluation :

La rugosité [mm] se calcule pour le volume de sable V [cm³] et le diamètre d [cm] du cercle de sable à :

$$R_t = \frac{40V}{\pi d^2}$$

Pour une rugosité maximale $R_t = 1,5$ mm, le diamètre d doit, en fonction du volume de sable utilisé, avoir au minimum les valeurs suivantes :

V [cm ³]	25	30	35	40	45	50
d _{min} [cm]	15	16	18	19	20	21

8.1.4 Humidité du support

L'Entrepreneur doit déterminer l'humidité du support à l'aide d'un appareil CM.

Un échantillon de morceaux de béton est à pulvériser dans un mortier, à tamiser et à peser. L'épreuve est à placer avec une ampoule de carbure de calcium (5g) et des billes en acier dans un vase de pression. En secouant vigoureusement le vase, les billes cassent l'ampoule et la réaction chimique entre la poudre de carbure de calcium et l'humidité de l'échantillon produit du gaz acétylène. La pression résultante indiquée au manomètre est proportionnelle à la quantité d'eau de l'échantillon.

Outils et accessoires :

- Vase CM avec Manomètre
- Balance électronique (Précision 0,1g)
- Tamis de laboratoire 2 mm
- Mortier
- Billes en acier, ampoules de carbure de calcium, chronomètre
- Marteau et burin

Mode opératoire :

- Décaper des morceaux de béton (env. 100-150 g voir tableau) du subjectile à vérifier jusqu'à une profondeur de env. 2 cm.
- Concasser l'échantillon à l'aide du marteau et du mortier en évitant d'écraser les pierres isolées.
- Tamiser la poudre à l'aide du tamis de 2 mm.
- Peser, à l'aide d'une balance électronique, la quantité demandée suivant le tableau ci-annexé.
- Placer d'abord les billes d'acier et ensuite l'échantillon dans le vase.
- Insérer, avec toutes précautions, l'ampoule de carbure de calcium dans le vase incliné.
- Fermer le vase à l'aide de son couvercle muni du manomètre.

Afin d'éviter tout changement du degré d'humidité, les manipulations ci-dessus sont à exécuter dans le délai le plus court possible.

- Casser l'ampoule en secouant vigoureusement le vase et d'une façon rotative.
- Répéter les secousses toutes les 5 minutes jusqu'à la lecture finale.
- Déterminer le degré d'humidité de l'échantillon à l'aide des tableaux ci-annexés et en fonction de son poids, de sa granulométrie maximale et de la pression.
- Ouvrir doucement le vase de pression à la fin de l'essai et laisser échapper le gaz. (ATTENTION ! pression et gaz explosif ! Pas de flamme)
- Vider le vase (ATTENTION ! éclats de verre et substances fortement alcalines), nettoyer à l'aide d'une brosse à bouteilles sèche.
- Nettoyer les billes, le couvercle du manomètre ainsi que le joint en caoutchouc à l'aide d'un chiffon sec.

Erreurs potentielles :

Grande différence de température entre l'air ambiante et le vase de pression
Vase non étanche (joint défectueux ou débris entre joint et vase).

Ampoule non étanche et/ou périmée (coloration brun clair).

Humidité relative

Granulométrie maximale de l'échantillon ≤ 4 mm			
Pression en [bar] pour un échantillon 50 g			Degré d'humidité [%]
après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
-	-	0,330	1,0
-	-	0,495	1,5
-	-	0,655	2,0
-	-	0,820	2,5
Pression en [bar] un échantillon 20 g			Degré d'humidité [%]
après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
-	0,380	0,390	3,0
-	0,500	0,510	3,5
-	0,615	0,625	4,0
-	0,735	0,745	4,5
-	0,855	0,865	5,0
-	0,970	0,980	5,5
-	1,090	1,100	6,0
-	1,325	1,335	7,0
Pression en [bar] pour un échantillon 10 g			Degré d'humidité [%]
après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
0,825	0,830	0,895	8,0

Granulométrie maximale de l'échantillon ≤ 8 mm			
Pression en [bar] pour un échantillon 50 g			Degré d'humidité [%]
après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
-	-	0,335	1,0
-	-	0,510	1,5
-	-	0,685	2,0
-	-	0,860	2,5
Pression en [bar] pour un échantillon 20 g			Degré d'humidité [%]
après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
-	0,405	0,415	3,0
-	0,550	0,560	3,5
-	0,690	0,700	4,0
-	0,835	0,845	4,5
-	0,975	0,985	5,0
-	1,120	1,130	5,5
Pression en [bar] pour un échantillon 10 g			Degré d'humidité [%]
après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
0,475	0,480	0,895	5,5
0,530	0,535	0,540	6,0

Granulométrie maximale de l'échantillon ≤ 16 mm			
Pression en [bar] pour un échantillon 50 g			Degré d'humidité [%]
après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
-	-	0,340	1,0
-	-	0,605	1,5
-	-	0,870	2,0
-	-	1,130	2,5
Pression en [bar] pour un échantillon 20 g			Degré d'humidité [%]
après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
-	0,580	0,585	3,0
-	0,750	0,755	3,5
-	0,915	0,925	4,0
-	1,085	1,095	4,5
-	1,255	1,270	5,0
Pression en [bar] pour un échantillon 10 g			Degré d'humidité [%]
Après 15 min.	après 20 min.	après 25 min.	
0,715	0,725	0,730	5,5
0,845	0,850	0,855	6,0

Degré d'humidité estimé	Poids de l'échantillon	
	Granulométrie maximale ≤ 4 mm	Granulométrie maximale ≤ 16 mm
1,0% - 2,5 %	50 g	50 g
3,0% - 5,0%	20 g	20 g
5,5% - 7,0%	20 g	10 g
$\geq 7\%$	10 g	10 g

8.1.5 Épaisseur de couches flexibles

Le contrôle de l'épaisseur de couches flexibles d'étanchéité polymérisées se fait à l'aide d'un pied à coulisse à épingle qui aura une précision de 10 μm . La mesure se fait par perforation de la membrane.

L'appareil est à ajuster avant chaque série de mesures sur une plaque plane en verre. La mesure se fait perpendiculairement au support. La membrane est à transpercer en exerçant une légère pression avec l'aiguille se trouvant en position saillante. Au contact de l'épingle avec le support sous-jacent, la surface de contact de l'appareil est doucement abaissée sur le support, ensuite la lecture de l'épaisseur de la couche se fait sur le cadran.

L'évaluation des mesures se fait en utilisant le formulaire 2 de la norme ZTV-SIB 90.

8.2 Tableaux

8.2.1 Tableau 1 Procédés de préparation en surface de supports béton

*(origine du tableau →ZTV SIB 90)

1	2		3					4	5	6	
	Procédé	Matériel, Matériaux		1	2	3	4				5
Type			1	2	3	4	5	Champ d'application	Caractéristiques exigées	Traitement supplémentaire minimal	
1	Décapage	Marteau Burin	Manuel	X	X	X			Localement Petites surfaces	Les blessures aux armatures sont à éviter ; attention particulière aux câbles de précontrainte	Sablage
		Burin	Air comprimé, électrique						*a		
		Pistolet à aiguilles		X	X		(X) *g				
2	Brossage	Brosse métallique rotative	X	X		(X) *g		Applications en fonction du matériel		Nettoyage	
3	Fraisage	Fraiseuse à tambour	X	X	X			Décapage étendu sur surfaces horizontales	Décapage par passe ≤5 mm, recouvrement des bandes de fraisage ≤ 5 cm ; guidage électronique	Sablage, y compris le traitement de petites surfaces non traitées par fraisage	
4	Ponçage	Ponceuse	X	X				Localement Petites surfaces	Propulsion mécanique ; vitesse d'avancement ≤1m/min	Nettoyage	
5	Sablage à circuit fermé, grenailage	Sablage avec aspiration simultanée. Grenailleuse	X	X	(X) *c	X		Surfaces horizontales et/ou verticales en fonction du matériel			
6	Hydro démolition	Lavage à très haute pression ≥800 bar	X	X	(X) *e	(X) *h		Surfaces horizontales et verticales		Nettoyage	
7a	Sablage	Sablage à sec	X	X	(X) *c	X		Surfaces horizontales et verticales	Protection antipoussière ; respect législation environnementale ; air déshuilé ! *d	Nettoyage	
7b		Sablage humide	X	X	(X) *c	(X) *h		Surfaces horizontales et verticales	Protection antipoussière peut être supprimée	Nettoyage	
7c		Sablage à l'eau	X	X	(X) *c	(X) *h		Surfaces horizontales et verticales	air déshuilé ! *d	Nettoyage	
8a	Nettoyage	A l'air comprimé					X	Surfaces horizontales et verticales	Protection antipoussière ; air déshuilé ! *d		
8b		Aspiration par aspirateurs industriels					X	Procédé recommandé pour surfaces horizontales étendues	Aspirateurs industriels aspirant eau et déchets grossiers		
8c		Lavage sous pression Lavage à l'eau chaude	(X) *f				X	Elimination de souillures atmosphériques			

1=élimination de restants de revêtements et produits de cure ainsi que souillures superficielles

2=décapage de laitance et de couches non adhérentes

3=décapage de béton et/ou LHM malsain ainsi que dégagement des armatures

4=élimination de produits de corrosions sur armatures et autres pièces métalliques

5=élimination de poussière, eau et particules non adhérents du support béton

a=danger de destruction en profondeur du béton

c=degré de décapage en fonction de la pression d'air, du dosage et du type de scories

d=déshuilé : les compresseurs employés doivent être équipés d'un déshuileur certifié garantissant un degré d'élimination ≤0,01 ppm

e=profondeur de décapage en fonction de la pression d'eau

f=le décapage parfait des restes de revêtements n'est pas toujours garanti

g=exclus comme préparation pour l'application de peintures et revêtements

h=éventuellement à faire suivre par un sablage à sec

8.2.2 Tableau 2 Procédés de préparation en surface de supports aciers

*(origine du tableau →ZTV BEL ST)

	1	2	3			4	5	6
	Procédé	Matériel, Matériaux	Application			Champ d'application	Caractéristiques exigées	Traitement supplémentaire minimal
Type	1		2	3				
1	Sablage à circuit fermé, grenaillage	Sablage avec aspiration simultanée. Grenailleuse	X	X		Surfaces horizontales et/ou verticales en fonction du matériel		
2	Hydro démolition	Lavage à très haute pression ≥800 bar	X	(X) *a		Surfaces horizontales et verticales		Nettoyage
3	Sablage	Sablage à sec *c	X	X		Surfaces horizontales et verticales	Protection antipoussière ; respect législation environnementale ; air déshuilé ! *d	Nettoyage
4a	Nettoyage	A l'air comprimé			X	Surfaces horizontales et verticales	Protection antipoussière ; air déshuilé ! *d	
4b		Aspiration par aspirateurs industriels			X	Procédé recommandé pour surfaces horizontales étendues	Aspirateurs industriels	

1=élimination de restants de revêtements et souillures superficielles

2=élimination de produits de corrosions sur tabliers en acier et autres pièces métalliques

3=élimination de poussière, eau et particules non adhérents du support acier

a=éventuellement à faire suivre par un sablage à sec

c=degré de décapage en fonction de la pression d'air, du dosage et du type de scories voir 2.1.3.

d=déshuilé : les compresseurs employés doivent être équipés d'un déshuileur certifié garantissant un degré d'élimination ≤0,01 ppm

8.2.3 Tableau 3 Prescriptions techniques de la chape plaquée d'une feuille métallique.

*(origine du tableau → ZTV BEL B1)

Ligne	Type de l'essai/Unité de l'essai	Prescriptions
1	Masse surfacique de la bande	≥5000 g/m ²
2	Masse surfacique de l'armature	80-150 g/m ²
3	Masse surfacique de la feuille métallique	Al : ≥320 g/m ² Fe : ≥380 g/m ²
4	Teneur en bitume de la chape de base sans armature et sans placage en aluminium	≥60 % en poids
5	Teneur en filler de la masse bitumineuse	≤ 40 % en poids
6	Type de l'armature	voile de verre renforcé au fil de verre ou treillis de verre
7	Type du placage métallique	Al : -99,5 ; gaufré DIN EN 573 Fe : WS 1.4401, calotté ou gaufré selon DIN 17441
8	Profondeur d'empreinte	Sens longitudinal ≤ 1,1 mm Sens transversal ≤ 1,5 mm
9	Apparence de la membrane	Surface : feuille métallique gaufrée Sous face : feuille thermofusible ou talcumée sans défauts apparents, sans inclusions de particules ≥0,7 mm, armature dans la partie médiane
10	Epaisseur de la membrane	≥ 4,5 mm ≤ 5,5 mm
11	Epaisseur de la couche bitumineuse en dessous de l'armature	≥ 2 mm
12	Largeur des membranes	100 cm
13	Largeur de la bande de recouvrement non plaquée dans le sens de la longueur	Al : 5 – 8 cm Fe : 0-5 cm
14	Tolérance d'alignement longitudinal	≤1cm pour 5 m de longueur
15	Résistance maximale à la traction	Long./transv. Al : ≥700 N Fe : ≥900 N
16	Allongement à la rupture	Long./transv. Al : ≥2,5 % Fe : ≥2,5 %
17	Imperméabilité à l'eau sous 1bar/24 h	Imperméable
18	Altération après mise sous eau	Changement en volume : ≤5% Changement en poids : ≤5%
19	Pliage à froid 0°C	Sans fissure
20	Point de ramollissement bille et anneau de la couche bitumineuse en dessous de l'armature	≥100°C
21	Point de ramollissement de l'extrait	≥90°C
22	Résistance à l'arrachement sur support imprégné	≥0,7 N/mm ² à 8°C ≥0,4 N/mm ² à 23°C
23	Résistance à la fissuration provoquée	La bande doit résister à une fissure provoquée du support : de 0,2 mm à -10°C (essai dynamique) de 1,0 mm à 70°C (essai statique)
24	Transmission des efforts de cisaillement à 23°C	S ≥ 0,15 N/mm ² γ ≤ 1,3

8.2.4 Tableau 4 Prescriptions techniques de la chape à base de bitumes polymères armée d'un non tissé posé dans sa partie supérieure.

*(origine du tableau →ZTV BEL B1)

Ligne	Type de l'essai/Unité de l'essai	Prescriptions
1	Masse surfacique de la bande	≥4500 g/m ²
2	Masse surfacique de l'armature	≥ 175 g/m ²
3	Teneur en bitume de la chape de base sans armature	≥60 % en poids
5	Teneur en filler de la masse bitumineuse	≤ 40% en poids
6	Type de l'armature	Armature en voile non tissé de Polyester selon DIN18192
7	Répartition des polymères dans la masse	Répartition fine et homogène, sans inclusions de particules ≥0,7 mm
9	Apparence de la membrane	Surface : grésée ou talcumée, homogène Sous face : feuille thermofusible ou talcumée sans défauts apparents, sans inclusions de particules ≥0,7 mm, armature dans la partie supérieure
10	Epaisseur de la membrane	≥ 4,5 mm ≤ 5,5 mm
11	Epaisseur de la couche bitumineuse en dessous de l'armature	≥ 3 mm
12	Epaisseur de la couche bitumineuse au-dessus de l'armature	≤ 0,5 mm
12	Largeur des membranes	100 cm
14	Alignement longitudinal	≤1cm pour 5 m de longueur
15	Résistance maximale à la traction	Long./transv./diagon. ≥550 N
16	Allongement à la rupture	Long./transv./diagon. ≥30%
17	Imperméabilité à l'eau sous 2bar/24 h	Imperméable
18	Altération après mise sous eau	Changement en volume : ≤5% Changement en poids : ≤5%
19	Pliage à froid 0°C	Sans fissure
20	Point de ramollissement bille et anneau de la couche bitumineuse en dessous de l'armature	SBS >125°C APP >150°C
22	Résistance à l'arrachement sur support imprégné	≥0,7 N/mm ² à 8°C ≥0,4 N/mm ² à 23°C
23	Résistance à la fissuration provoquée	La bande doit résister à une fissure provoquée du support : de 0,2 mm à -10°C (essai dynamique) de 1,0 mm à 70°C (essai statique)
24	Transmission des efforts de cisaillement à 23°C	S ≥ 0,15 N/mm ² γ ≤ 1,3

8.2.5 Tableau 5 Prescriptions techniques des membranes synthétiques.

*(origine du tableau → ZTV-ING 5.1. et DIN 7864-1)

Ligne	Type de l'essai/Unité de l'essai	Prescriptions		
		PVC-P	PE, TPE	EPDM
1	Dénomination	Fabricant, dénomination commerciale, épaisseur, date de fabrication.		
2	Qualité	Sans bulles, fissures ou porosités		
3	Tolérance d'alignement (g) Tolérance de planéité (p)	g ≤ 50 mm p ≤ 10 mm		
4	Épaisseur totale hors la couche signalétique Épaisseur nominale Épaisseur moyenne Épaisseur minimale	2,0 mm ; 3,0 mm ; 4,0 mm ≥ épaisseur nominale épaisseur moyenne - 5% épaisseur moyenne + 5% ≤ 0,20 mm		
5	Variation de la densité	±0,03 g/cm ³	±0,005 g/cm ³	±0,02 g/cm ³
6	Index de fusion	-	≤ 10%	-
7	Résistance au déchirement dans le sens transversal et longitudinal	≥ 12 N/mm ²	≥ 15 N/mm ²	≥ 6 N/mm ²
8	Allongement à la rupture	≥ 300%	≥ 500%	≥ 300%
9	Module d'élasticité à l'allongement entre 1 % et 2%	≤ 20 N/mm ²	≤ 100 N/mm ²	
10	Allongement à la traction bi-dimensionnelle	≥ 50%		
11	Qualité du joint de chevauchement	Sans défauts		
12	Comportement du joint de chevauchement à l'essai de cisaillement	La rupture doit se produire en dehors du joint. Il ne doit se produire ni glissement ni décollement.		
13	Comportement du joint de chevauchement à l'essai de pelage	-	rupture en dehors du chevauchement	-
14	Résistance au pelage	≥ 0,5 N/mm ²	≥ 0,5 X σ_s (joint de recouvrement) ≥ 0,75 X σ_s (joint de chevauchement)	≥ 1,0 N/mm
15	Résistance à la pression d'eau	étanche à 6 bar et 72 h		
16	Résistance à la perforation	étanche à une hauteur de chute de 750 mm		
17	Variation dimensionnelle après exposition thermique	± 2% (6h / 80°C)	± 2% (1h / 100°C)	
18	Aspect après exposition thermique	Sans bulles		
19	Pliage à basses températures (-20°C)	Sans fissures		
20	Performances après immersion dans l'eau chaude mois / 50°C Modification de la résistance et de déformation à la rupture Réduction de la densité	≤ 20 % ≤ 4 %		
21	Performances après immersion dans aqueuses (lait de chaux ; acide sulfurique) Modification de la résistance à la rupture Modification de déformation à la rupture Pliage à froid (-20°C)	≤ 20% ≤ 20% sans fissures		

8.2.6 Tableau 6 Prescriptions techniques des sous couches et voiles de protection.

*(origine du tableau →ZTV-ING 5.2.)

Ligne	Paramètre	Référence normative de l'essai	Déviatiion acceptée	Exigence
1	Type de sous couche ou voile de protection		(* \bar{x} =Moyenne) (s =écart type)	Non tissé en filaments continus aiguilletées ou géotextiles composites
2	Matériau de base	Analyse DSC		100% de filaments polyoléfinés
3	Masse surfacique		$x^* - s$	$>900 \text{ g/m}^2$ (maximum 1200 g/m^2)
4	Epaisseur sous compression 2 kPa 20 kPa	DIN EN 964-1	$x^* + s$ $x^* - s$	$\leq 10 \text{ mm}$ $\geq 4 \text{ mm}$
5	Géotextile composite Force de traction maximale (long. et transv.)	DIN EN ISO 10319	$x^* - s$	$> 30 \text{ KN/m}$
6	Géotextile composite Dilatation sous force de traction maximale (long. et transv.)	DIN EN ISO 10319	$x^* + s$	$< 30\%$
7	Géotextile non tissé Force de traction maximale (long. et transv.)	DIN EN ISO 10319	$x^* - s$	$> 25 \text{ KN/m}$
8	Géotextile non tissé Dilatation sous force de traction maximale (long. et transv.)	DIN EN ISO 10319	$x^* - s$	$> 50\%$

8.2.7 Tableau 7 Prescriptions pour chapes en asphalte coulé

*(origine du tableau →ZTV Asphalt Stb 94)

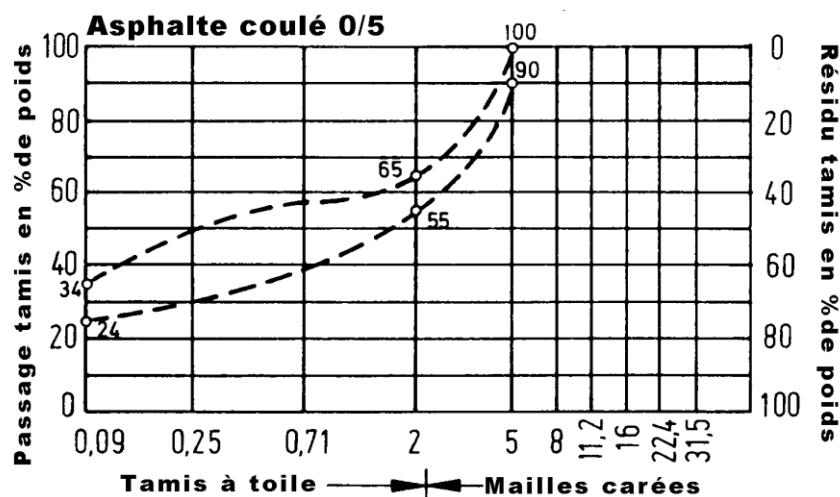
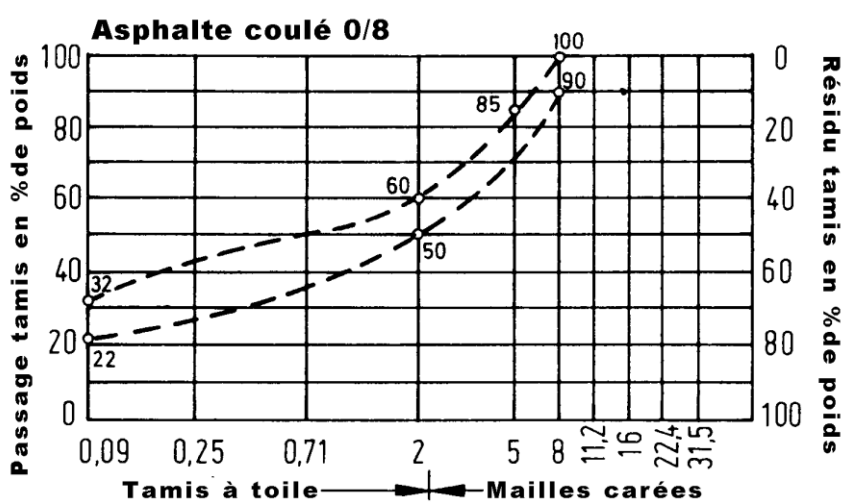
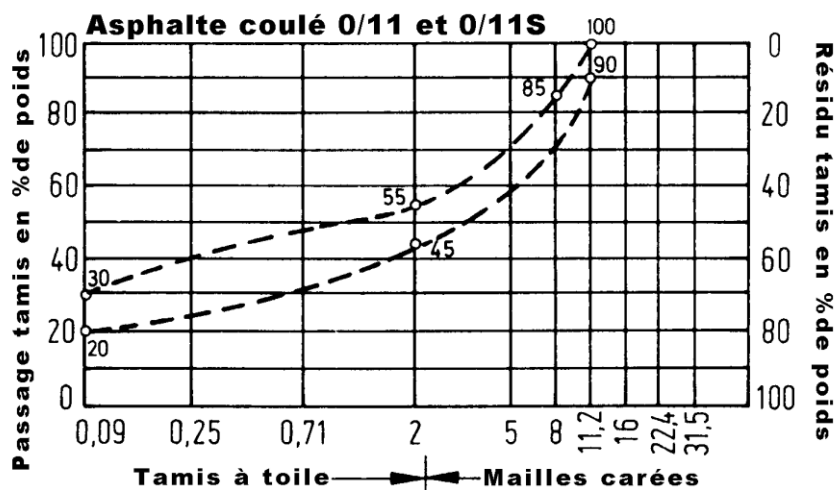
Asphalte coulé		0/11S	0/11	0/8	0/5
1. Granulats		Gravillons, sable concassé, sable naturel, filler			
Granulométrie	[mm]	0/11		0/8	0/5
Fraction < 0,09 mm	[% par poids]	20-30		22-32	24-34
Fraction > 2,00 mm	[% par poids]	45-55		40-50	35-45
Fraction > 5,00 mm	[% par poids]	-		≥15	≤10
Fraction > 8,00 mm	[% par poids]	≥15		≤10	-
Fraction > 11,20 mm	[% par poids]	≤10		-	-
Rapport-sable naturel-sable concassé		≥ 1 : 2			
2. Liants					
Type du liant		B45 (B25)*1		B45 (B65) *1	
Teneur en bitume	[% par poids]	6,5 – 8,0		6,8 – 8,0	7,0 – 8,5
Température bille et anneau après extraction	[°C]	≤70*2	≤70	≤70	≤70
3. Asphalte coulé					
Indentation 5cm ² à 40° C sur cube après 30 min.	[mm]	1,0 - 3,5	1,0 - 5,0	1,0 - 5,0	1,0 - 5,0*3
Augmentation après 30 min. suppl.	[mm]	≤ 0,4	≤ 0,6	≤ 0,6	≤ 0,6
4. Couche					
Épaisseur de couche (y compris le gravillonnage)	[mm]	3,5 - 4,0		2,5 - 3,5	2,0 - 3,0
Poids de la couche (y compris le gravillonnage)	[kg/m ²]	80 - 100		65 - 85	45 - 75
5. Gravillonnage					
Type et quantité à mettre en œuvre					
Selon chapitre		Gravillons concassés 2/5 mm		5 - 8 [kg/m ²]	
Selon chapitre		Gravillons concassés 2/5 mm ou 5/8 mm		15 - 18 [kg/m ²]	
Selon chapitre		Sable concassé ou sable naturel		2 - 3 [kg/m ²]	

*1 Applications spéciales

*2 Si B25 ≤ 75 °C

*3 Pour trottoirs et pistes cyclables

8.2.8 Tableau 8 Courbes granulométriques des asphaltes coulés



8.2.9 Analyse des prix Formulaire pour l'indication des données de base

Pos	Désignation	Valeurs Soumissionnaire	Unité
1	Coût horaire net du salaire moyen		[€]
2	Majoration part patronale et congés		[%]
3	Majoration frais généraux entreprise		[%]
4	Majoration frais généraux sur matériaux		[%]
5	Majoration frais généraux sur engins et équipements		[%]
6	Majoration frais généraux du chantier		[%]
7	Risque et bénéfice		[%]

Base de calcul

Main d'œuvre	Taux horaire brut	
Pos 1 X Pos 2 X Pos 3 X Pos 6 X Pos 7		[€/h]
Matériaux	Facteur multiplicateur	
Prix d'achat X Pos 4 X Pos 6 X Pos 7		[-]
Engins et équipements	Facteur multiplicateur	
Prix net (amortissement + entretien) X Pos 5 X Pos 6 X Pos 7		[-]

8.2.10 Analyse des prix Formulaire pour l'analyse des prix unitaires

Analyse du prix unitaire	Pos	Désignation	Unité	h/Unité	Main d'oeuvre	Matériaux	Machines	Prix unitaire	