



VOIES
NAVIGABLES
DE FRANCE

DIRECTION
TERRITORIALE
SUD-OUEST

GUIDE
DES BONNES
PRATIQUES

CANAL DES 2 MERS

Restauration des écluses



JANVIER 2016

Avant-propos


Ce guide pour les ouvrages de maçonnerie des écluses du Canal d'Entre Deux Mers est destiné à répertorier les clauses techniques concernant les travaux et les précautions à prendre lors des restaurations les plus courantes.

Ce document s'adresse aux maîtres d'œuvre concernés par les travaux sur ces ouvrages protégés ou non.

En effet, l'attention nécessaire aux modifications susceptibles d'altérer les qualités esthétiques ou structurelles des ouvrages historiques est applicable à tous les ouvrages de maçonnerie des écluses.

Ce guide des clauses techniques rappelle l'intérêt de connaître la conception d'origine et les apports successifs de l'évolution des ouvrages des écluses, la nécessité de leur prise en compte pour une intégration adéquate de l'intervention programmée.

Le Directeur



Patrick BUTTE

Sommaire

CANAL DES 2 MERS

Restauration des écluses

Avant propos	3
--------------------	---

I Clauses générales du marché de travaux

II Matériaux, nature et provenance

III Travaux préparatoires

I	Clauses générales du marché de travaux	7
1.1	Objet du chantier	8
1.1.1	Description de l'ouvrage existant faisant l'objet du programme	8
1.1.2	Critères d'interventions – Constat des désordres, ou de la nécessité de l'opération	8
a	L'entretien et la maintenance	8
b	La restauration	8
c	La restitution	8
1.2	Consistance des travaux	9
1.3	Installations de chantier	9
1.4	Programme d'exécution des ouvrages	10
1.5	Protection des existants	10
1.6	Documents techniques contractuels	11
1.6.1	Pour les ouvrages de maçonnerie en pierres	11
1.6.2	Pour les revêtements de murs et parois	11
1.6.3	Pour les spécifications relatives aux ouvrages d'art	12
1.6.4	Pour les voiries, sols et aménagements	12
1.6.5	Pour les travaux de modernisation	12
1.7	Dossier des ouvrages exécutés	12
II	Matériaux, nature et provenance	15
2.1	Contrôle et prise en charge des matériaux	16
2.2	Matériaux	16
2.2.1	Spécifications auxquelles les pierres neuves doivent satisfaire	16
a	Grès	16
b	Basalte d'Agde	16
c	Calcaires	17
2.2.2	Spécifications auxquelles les briques neuves doivent satisfaire	17
2.2.3	Spécifications pour les galets	17
2.2.4	Spécifications des bétons pour ouvrages de sols d'abords	17
2.2.5	Spécifications auxquelles les liants doivent satisfaire	17
a	Les chaux	17
b	Les ciments	18
c	Ciment Prompt Naturel – CNP	18
2.2.6	Spécifications auxquelles les sables et granulats doivent satisfaire	18
a	Dispositions générales	18
b	Dispositions particulières	18
2.2.7	Spécifications auxquelles les graves doivent satisfaire	19
2.2.8	Spécifications des granulats pour béton aspect gros cailloux	19
2.2.9	Spécifications auxquelles les liants de stabilisation de sols doivent satisfaire	19
2.2.10	Spécifications des matériaux de remplissage pour gabions	20
III	Travaux préparatoires	23
3.1	Travaux préparatoires	24
3.1.1	Mise hors d'eau de la zone de travaux	24
3.1.2	Nettoyage et désherbage	24
3.1.3	Piquage de chape sur calade	24
3.1.4	Dégagement des joints en profondeur	24
3.1.5	Terrassement et tranchées - saignées encastrement	24
3.1.6	Échafaudages	25
3.1.7	Nettoyage des ouvrages	25
3.2	Démolition	26
3.2.1	Démolitions et déconstruction de maçonneries	26
3.2.2	Démolition pour dérasement et reprise de maçonnerie	26
3.2.3	Démolition pour saignées et entailles, exécution de rainures	27
3.2.4	Démolition d'ouvrages horizontaux	27
3.2.5	Dépose de moellons, pierre de taille ou briques par refouillement ou évidements	27
3.3	Récupération des matériaux	27

IV

Modes d'exécution des ouvrages de maçonnerie

V

Modes d'exécution des sols et abords d'écluses

VI

Mode d'exécution des aménagements paysagers

VII

Équipements techniques des écluses

IV	Modes d'exécution des ouvrages de maçonnerie	29
4.1	Introduction	30
4.2	Maçonnerie de moellons neufs ou en reprise partielle	30
4.3	Rejointoiement de moellons en œuvre	31
4.4	Maçonnerie de briques neuves ou en reprise partielle et jointoiement	31
4.5	Coulis d'injection dans les maçonneries de moellons et de briques	32
4.6	Exécution des forages verticaux	33
4.7	Exécution rainure avec blindage	34
4.8	Éléments métalliques	34
4.8.1	Fourniture et mise en place d'éléments métalliques encastrés dans les maçonneries existantes et destinés à rester apparents	34
4.8.2	Fourniture et mise en place d'éléments métalliques encastrés dans les maçonneries existantes et destinés à être recouverts	35
4.8.3	Réalisation de scellements chimiques d'éléments métalliques dans les maçonneries	35
4.9	Ouvrages en pierre de taille	36
4.9.1	Fourniture de pierres de taille neuves ou récupérées	36
4.9.2	Pose des pierres de taille	36
4.9.3	Ragréage massif de parements en pierres de taille	38
4.10	Parements enduits	39
4.10.1	Piochement d'enduits anciens	39
4.10.2	Préparation du support non enduit pour recevoir un enduit	39
4.10.3	Enduit au mortier	39
4.10.4	Dispositions particulières	40
a	Pour les enduits immergés	40
b	Pour les enduits non immergés	40
4.10.5	Lait de chaux pour patine	41
4.11	Parements en béton dégradé type écluse au gabarit Freycinet	41
4.11.1	Élimination des surfaces de béton dégradées	41
4.11.2	Ragréage de parement en béton	41
4.11.3	Traitement des fissures	41
V	Modes d'exécution des sols, revêtements et calades	43
5.1	Empierrement de moellons neufs ou en reprise partielle	44
5.2	Pose de moellons de pavement	45
5.3	Calade de galets de récupération ou neufs	46
5.4	Calade de briques neuves ou en reprise partielle	46
5.5	Dallage en pierres de taille neuves ou récupérées	47
VI	Mode d'exécution des aménagements paysagers	49
6.1	Préparation et terrassements en pleine masse	50
6.2	Fouilles en tranchées	50
6.3	Ouvrages de revêtements de sols	51
6.3.1	Couche de grave calcaire non traité [0/20 GNT]	51
6.3.2	Sols stabilisés avec un liant	51
6.3.3	Sols stabilisés renforcés	52
6.3.4	Sols naturels traités en place	52
6.3.5	Grave émulsion enrichie	52
6.3.6	Béton de gros cailloux désactivé	53
6.4	Apport de terre végétale pour ensemencement	53
6.5	Ensemencement végétal	54
6.6	Réalisation de gabions	54
VII	Équipements techniques des écluses	57
7.1	Bollards	58
7.1.1	Caractéristiques techniques des bollards	58
7.1.2	Bollards neufs	58
7.2	Échelles	60
7.2.1	Caractéristiques techniques des cloches d'échelles de sas	60
7.2.2	Échelles de sas nouvelles	60



I CLAUSES GÉNÉRALES DU MARCHÉ DE TRAVAUX



Chapitre 1 - CLAUSES GÉNÉRALES DU MARCHÉ DE TRAVAUX

1.1 Objet du chantier

Le caractère patrimonial du Canal du Midi est défini par deux mesures de protection :

- il est classé au Patrimoine Mondial de l'Humanité par l'UNESCO,
- il est classé au titre de la loi de 1930 comme « Site classé ».

De plus, certains ouvrages sont classés ou inscrits à l'inventaire des Monuments Historiques. Lorsque dans les C.C.T.P. type figure la formule « à l'identique », elle implique le respect des contraintes archéologiques et architecturales liées à l'histoire de l'ouvrage fluvial concerné ainsi qu'une identité d'aspect avec les parties conservées. Mais elle ne préjuge pas d'un usage strict des matériaux initiaux comme des techniques de mise en œuvre. Pour un certain nombre d'ouvrages, il est fait mention de « surfaces de références » à localiser sur l'existant pour permettre à l'entreprise de connaître très précisément « le résultat » qui lui sera imposé et répondre ainsi à la notion d'identique évoquée ci avant.

1.1.1 - Description de l'ouvrage existant faisant l'objet du programme

Préciser :

- la nature de l'ouvrage,
- sa localisation,
- la documentation d'archive éventuelle,
- joindre des photos de l'existant.

1.1.2 - Critères d'interventions - Constat des désordres, ou de la nécessité de l'opération

Points importants au montage du dossier :

- qualifier la nature des interventions : maintenance et entretien, modernisation, restauration,
- établir un diagnostic préalable et un relevé.

Pour conférer aux Cahier des clauses Techniques (CCTCP) des ouvrages de Maçonnerie un caractère patrimonial, il faut proposer que les interventions s'inscrivent dans une démarche référente aux règles des ouvrages protégés au titre des Monuments Historiques.

a - L'entretien et la maintenance

Il s'agit d'une intervention qui vise à tenir un ouvrage en bon état, pour éviter toute dégradation. C'est pourvoir à tout ce qui est nécessaire à son existence. Il y a les opérations réalisées a priori qui ont un rôle préventif, et celles réalisées a posteriori qui relèvent de la maintenance. L'entretien doit être régulier et, dans certains cas, fréquent. Lorsque l'entretien a été insuffisant, trop irrégulier, alors il faut restaurer.

b - La restauration

L'ouvrage, faute d'entretien, a perdu partiellement ses caractéristiques techniques et/ou esthétiques. Il faut alors engager des travaux parfois importants pour revenir à la situation initiale : c'est l'objet de la restauration. La restauration vise à redonner à un ouvrage un aspect aussi proche que possible de celui d'origine. Elle doit révéler les qualités constructives de l'ouvrage et se fonder sur le respect de la nature ancienne de celui-ci. La restauration est une discipline d'intervention propre aux ouvrages exceptionnels ou remarquables du Canal d'Entre deux Mers. La restauration impose un ensemble de règles, un choix de matériaux, des modes opératoires qui assurent la conservation et la sauvegarde de l'ouvrage. Ce type d'intervention nécessite dans tous les cas la réfection ou la reconstruction à l'identique.

c - La restitution d'un ouvrage

La restitution d'un ouvrage ou d'une partie d'ouvrage à « l'identique », est guidée par les éléments restant en place, avec la référence aux documents d'archives.

1.2 Consistance des travaux

Préciser la typologie des travaux de génie civil.

Cet article désigne les ouvrages du projet de travaux.

Différencier les reprises des maçonneries sous fluviales et les maçonneries non – immergées.

1.3 Installations de chantier

Le projet des installations de chantier est établi conformément aux stipulations de l'article 34 du fascicule 65 A du C.C.T.G., de l'article II.1.4 du fascicule 66 du C.C.T.G. et de l'article 31 du C.C.A.G. Les installations de chantier doivent être étudiées avec précision.

Elles dépendent :

- ▶ de l'importance de l'opération,
- ▶ de la situation du chantier dans l'environnement,
- ▶ des périodes de chômage.

Sans que cette liste soit limitative, sont à préciser les prestations suivantes :

- ▶ l'organisation d'une réunion de lecture commune des pièces du marché pour garantir la bonne compréhension entre les parties,
- ▶ l'établissement du plan d'organisation du chantier, qui doit être soumis à l'agrément du maître d'œuvre dans un délai de 30 jours à compter de la date de notification du marché,
- ▶ le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (P.P.S.P.S.),
- ▶ l'emprise du chantier,
- ▶ les dispositions relatives aux clôtures extérieures et intérieures (constitution, hauteur, aspect, dispositifs d'accès, durée d'installation, balisage, entretien, etc.),
- ▶ les passages provisoires du public pendant la durée des travaux,
- ▶ le panneau de chantier,
- ▶ les conditions de raccordements des fluides (eau, électricité, téléphone, assainissement)
- ▶ l'équipement commun de chantier (bureaux de chantier, réfectoire, locaux d'hygiène et leur équipement, entretien),
- ▶ les dispositifs pour l'évacuation provisoire des eaux pluviales,
- ▶ la remise en état en fin de travaux,
- ▶ les conditions d'enlèvement des gravats (emplacement des stockages, etc.).



1.4 Programme d'exécution des ouvrages

Dans cet article, le maître d'œuvre indique les obligations auxquelles souscrit l'entrepreneur pour le programme d'exécution des travaux.

Ce programme comprend notamment :

- ▶ le calendrier prévisionnel d'exécution, (compte tenu du planning fourni) tenant compte des délais d'études, d'approbation des documents, de fourniture, des intempéries prévisibles et des périodes de chômage dont les dates sont à respecter impérativement.
Il fait apparaître l'enchaînement des phases d'exécution, leur durée et s'il y a lieu les délais à respecter entre celles-ci,
- ▶ les dispositions générales concernant les réunions de chantier,
- ▶ les cadences de livraison et les dispositions particulières concernant le stockage et la manutention des produits. Ils doivent satisfaire aux prescriptions légales et réglementaires en vigueur,
- ▶ la description précise des phases d'exécution avec les moyens utilisés (matériels, type, nombre d'appareils) et les consignes à respecter pour une exécution correcte.
Cette description définit précisément tous les travaux préparatoires pouvant être exécutés sur site avant le début de la période de chômage en vue d'optimiser les rendements pendant cette période.

1.5 Protection des existants

L'entrepreneur doit prévoir toutes les dispositions nécessaires pour assurer la protection des ouvrages existants et notamment des éléments anciens. Les dispositions proposées doivent être soumises au maître d'œuvre.

1.6 Documents techniques contractuels

Les travaux sont à exécuter conformément à tous les décrets, arrêtés, normes et règlements en vigueur à la date de la remise de l'offre, et en particulier, ceux désignés ci-dessous :

- ▶ Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) applicables au marché public,
- ▶ Fascicules du cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics passés au nom de l'État.

La signature des pièces du marché implique de la part de l'entrepreneur sa parfaite connaissance de ces documents ainsi que de ceux du dossier et leur acceptation sans réserve. Les documents visés au présent article sont mentionnés à titre indicatif et non exhaustif, ils sont réputés connus des entrepreneurs et leur observation est de rigueur :

- ▶ règles propres à Voies Navigables de France,
- ▶ Règlement Général de Police des voies navigables intérieures,
- ▶ Documents Techniques Unifiés (DTU) notamment relatif aux travaux sur dalle ou à défaut,
- ▶ les Cahiers des Charges et Prescriptions établis par le C.S.T.B,
- ▶ les Règlements de Construction,
- ▶ le Code du Travail,
- ▶ les Normes Françaises et Européennes en vigueur,
- ▶ les Règlements des Services de Sécurité et de Lutte contre l'Incendie,
- ▶ les Règlements Sanitaires Départementaux.

1.6.1 - Pour les ouvrages de maçonnerie en pierres

- ▶ NF B 10-601 : Produits de carrières – Pierres naturelles
– Prescriptions générales d'emploi des pierres naturelles,
- ▶ NF EN 12440 : Pierres naturelles – Critères de dénomination,
- ▶ NF EN 12670 : Pierre naturelle - Terminologie,
- ▶ NF EN 771- 6 : Spécifications pour éléments de maçonnerie en pierre naturelle,
- ▶ NF EN 1469 : Spécifications pour les produits finis de revêtement mural,
- ▶ NF EN 12059 : Spécifications pour les éléments en pierre massive (hors maçonnerie),
- ▶ NF P 10-202 (DTU 20.1) : Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonneries de petits éléments.

1.6.2 - Pour les revêtements de murs et parois

- ▶ NF P 15-201 (DTU 26.1) : Enduits aux mortiers de ciments, de chaux et ciment prompt.

Pour les confortations des bétons internes des maçonneries par injection de coulis :

- ▶ NF P 95-107 Ouvrages d'Art : Les réparations des ouvrages en béton armé,
- ▶ NF P 95-101 Ouvrages d'art : Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonneries (pour les ouvrages Freycinet et canal latéral). Reprise du béton dégradé superficiellement.

Chapitre 1 - CLAUSES GÉNÉRALES DU MARCHÉ DE TRAVAUX

1.6.3 - Pour les spécifications relatives aux ouvrages d'art

- ▶ NF P 95-103 Ouvrages d'art : Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonneries. Traitement des fissures et protection du béton. Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés.

1.6.4 - Pour les voiries, sols et aménagements

- ▶ Fascicule n° 29 - Construction entretien des voies,
- ▶ Fascicules n° 62, 65A et 67 relatifs aux travaux de génie civil et annexes,
- ▶ Fascicule n° 70 - Ouvrages d'assainissement,
- ▶ Fascicule n° 2 - Terrassements généraux,
- ▶ Fascicules n° 23, 24, 25, 26 et 27 relatifs aux revêtements de chaussées,
- ▶ Aux normes NFC 68-108, NFC 168-107.

1.6.5 - Pour les travaux de modernisation

- ▶ Règlement Particulier de Police,
- ▶ le CETMEF (centre d'études techniques maritimes et fluviales) recommande de suivre la démarche sécuritaire suggérée par la Directive européenne machine pour tout mouvement de machine,
- ▶ bollards : l'article 6,28 du CEVNI (code européen des voies de navigation intérieures) stipule que « pendant le remplissage et la vidange des sas et jusqu'au moment où la sortie est autorisée, les bateaux doivent être amarrés »,
- ▶ la charte d'itinéraire traite des caractéristiques des bollards, des recommandations CETMEF sur les étanchéités et de la corrosion des portes d'écluses,
- ▶ la charte d'itinéraire préconise l'emplacement d'une bouée par côté de l'écluse visible depuis le sas d'écluses et accessible aux tiers. Elle précise aussi les caractéristiques de la bouée et l'obligation de placer la bouée dans un coffret,
- ▶ la circulaire Vidéo de VNF de 2006 précise les modalités d'installation et de la gestion d'un système télé géré,
- ▶ le CEVNI impose les caractéristiques des feux de signalisation implantés à l'approche des écluses. Ces feux permettent de réglementer le passage des bateaux.

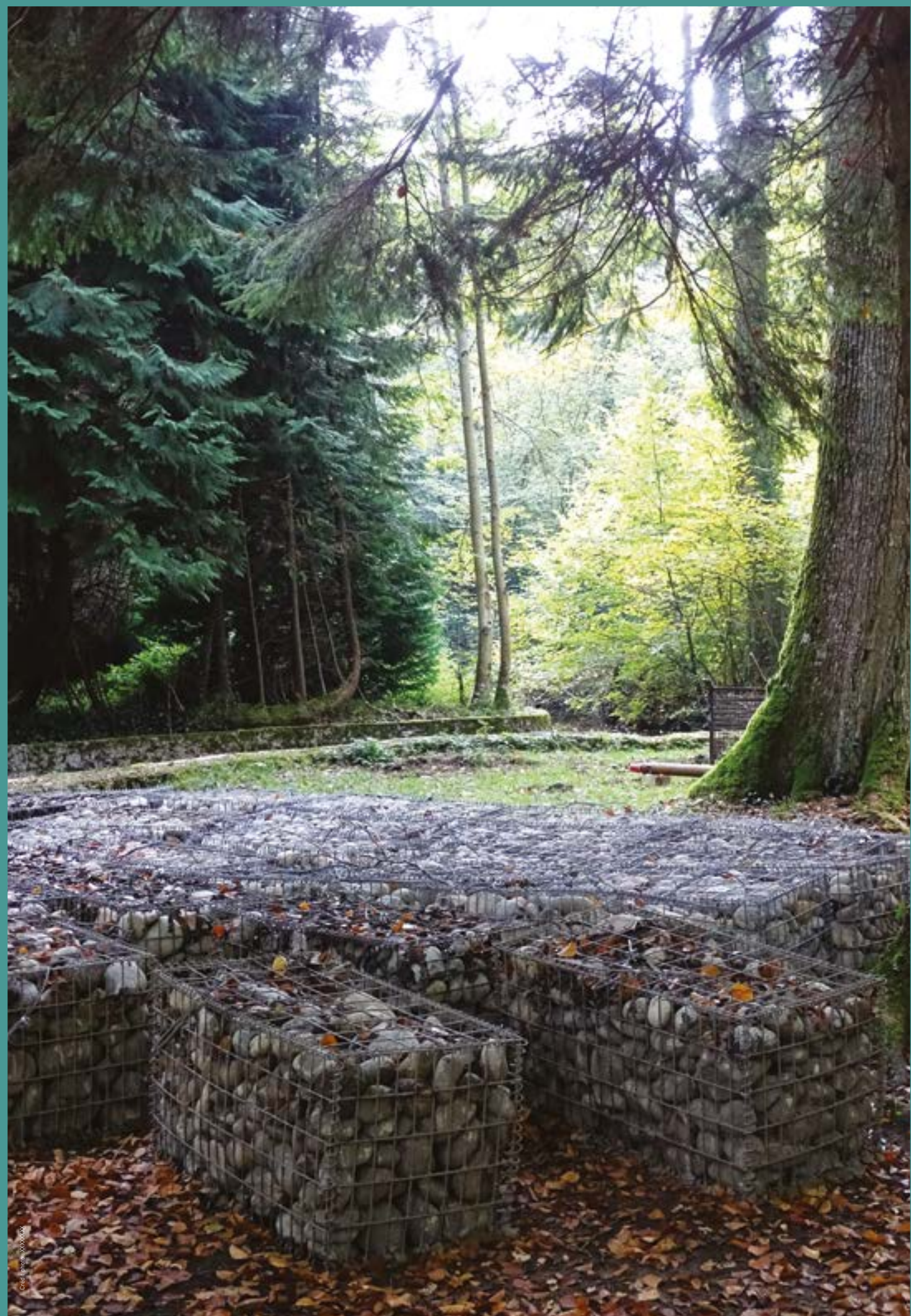
1.7 Dossier des ouvrages exécutés

L'entreprise doit remettre au maître d'œuvre en fin de travaux un dossier des ouvrages exécutés.

L'entreprise doit fournir tous les attachements figurés détaillés correspondants aux travaux exécutés.

Le maître d'œuvre apporte toutes précisions ou exigences complémentaires sur le contenu du dossier.





II

MATÉRIAUX, NATURE ET PROVENANCE



2.1 Contrôle et prise en charge des matériaux

La provenance de tous les matériaux employés dans les ouvrages devra avoir reçu au préalable l'accord du maître d'œuvre.

Tous les matériaux seront de tout premier choix et exempts de tout défaut.

Ils satisferont aux conditions du marché et du C.C.T.G, et aux spécifications des Normes Françaises ou aux règles de l'art, compte tenu de l'usage auquel ils sont destinés.

Les entrepreneurs devront parfaitement respecter les stipulations et recommandations des fournisseurs et fabricants quant aux conditions de mise en œuvre de leurs produits.

2.2 Matériaux

2.2.1 - Spécifications auxquelles les pierres neuves doivent satisfaire

L'entrepreneur doit présenter avant le début des travaux deux échantillons dont les dimensions sont à fixer par le maître d'œuvre, et qui sont à la charge de l'entreprise.

Après acceptation par les parties, ces échantillons demeurent sur le chantier pour permettre le contrôle ultérieur des pierres dont l'aspect (couleur, forme et disposition des éléments constitutifs) doit se situer dans les fourchettes matérialisées par les échantillons.

La provenance des pierres devra être validée par le maître d'œuvre

La pierre doit être exempte des défauts suivants :

- ▶ fils ou poils (matière terreuse en veines minces),
- ▶ moyes (matière terreuse remplissant des cavités),
- ▶ cendrules ou terrasses (fente ou cavité remplie d'une matière étrangère pulvérulente),
- ▶ fissures, pouvant être très fines, d'origine naturelle ou artificielle (usage de la poudre ou d'outils pneumatiques ou mécaniques suivant la nature de la pierre).

a - Grès

Dispositions générales

Les pierres neuves de remplacement seront originaires ou similaires au gré de la région de Carcassonne.

Dans le cas où le titulaire proposera des grès d'une autre origine géographique, il faudra que ceux-ci présentent des caractéristiques mécaniques, géologiques et visuelles (teinte et granularité) similaires : normes NF B 10-104, 10-204, 10-404, 10-604.

b - Basalte d'Agde

Dispositions générales

La pierre de remplacement sera une pierre volcanique qui présente des caractéristiques mécaniques, géologiques et visuelles (teinte porosité et granularité) similaires à la pierre de la région d'Agde.

c - Calcaires

Dispositions générales

Le calcaire coquillier de remplacement ainsi que le calcaire « courant » sera similaire à celui devant être remplacé que ce soit au niveau de la teinte, de la granularité ou des caractéristiques mécaniques : normes NF B 10-101, 10-301, 10-401, 10-601.

2.2.2 - Spécifications auxquelles les briques neuves doivent satisfaire

Les dimensions devront correspondre aux typologies des briques utilisées sur l'ouvrage.

Il y aura lieu de préciser si elles sont de type :

- ▶ foraines, autour de 28 x 40 ou 30 x 42 cm, épaisseur variant de 4,5 à 5 cm,
- ▶ violettes, autour de 36 x 12 cm.

Les briques neuves de remplacement présenteront des caractéristiques mécaniques et visuelles (teinte porosité et granularité) similaires aux briques existantes.

La provenance des briques devra être validée par le maître d'œuvre.

Les briques pourront provenir de la briqueterie « Les Terres Cuites du Savès » à Empeaux (commune de Saint Lys, Département de Haute Garonne).

2.2.3 - Spécifications pour les galets

Dispositions particulières

Les galets seront de dimensions comprises entre 15 et 20 centimètres. Ils seront de couleur claire blancs, gris ou ocre jaune. Ils seront disposés de la même manière que sur les calades existantes pour préserver l'homogénéité esthétique de l'ensemble des banquettes.

2.2.4 - Spécifications des bétons pour ouvrages de sols d'abords

Dispositions générales

La composition et la fabrication de ces bétons seront conformes à la norme européenne NF EN 206-1.

Le béton mis en œuvre aura une résistance à vingt-huit jours de 20 à 25 MPa.

Son slump sera compris entre cinq et neuf centimètres d'affaissement. La classe du béton sera BA C 20/25 S2.

Les granulats utilisés auront un calibre de 0/20.

Le ciment utilisé sera du C.P.A. CEM I A 32,5 ou 42,5

La quantité de ciment pour un mètre cube de béton sera de 250 kg/m³.

2.2.5 - Spécifications auxquelles les liants doivent satisfaire

a - Les chaux

Les chaux se divisent en deux catégories, selon que leur prise s'effectue sous l'action du gaz carbonique de l'air : chaux aériennes ou sous l'action de l'eau : chaux hydrauliques.

Le choix de la chaux va être défini par le type de mortier immergé ou non, par le temps de prise et la recherche de performances mécaniques (période du chômage, environnement humide).

Elles doivent être conformes à la norme NF EN 459.

Les conditions de mises en œuvre des mortiers sur les ouvrages du Canal impliquent d'avoir des prises rapides, dans un environnement humide, et d'utiliser des chaux NHL 3,5 ou 5 ou NHL-Z.

Chapitre 2 - MATÉRIAUX, NATURE ET PROVENANCE

...

b - Les ciments

Trois classes sont définies en fonction de la résistance normale à 28 jours ; des sous-classes "R" sont associées à ces 3 classes principales pour désigner des ciments dont les résistances au jeune âge sont élevées. Ces classes sont notées, classe 32,5, classe 42,5, classe 52,5. Elles doivent respecter les spécifications de la norme ENV 197-1. Leur utilisation est strictement limitée aux formulations de bétons, coulis d'injections, et scellements.

c - Ciment Prompt Naturel - CNP

Norme NF 15-314

Le ciment prompt ajouté à la chaux permet de formuler des mortiers à prise plus rapide pour des travaux en milieu humide ou des ouvrages qui doivent être remis en service rapidement. Il permet également le ragréage et la réparation de différentes pierres.

2.2.6 - Spécifications auxquelles les sables et granulats doivent satisfaire

a - Dispositions générales

Préciser le lieu d'approvisionnement et fournir des échantillons pour validation.

Leurs appellations sont définies par leur composition granulaire

Les fines, inférieures à 0,1 mm.

Ex. : recoupe de pierre, poudre d'oxyde, terre, pigments minéraux naturels, brasier de marbre ou de pierre.

Échelle pour les sables :

- ▶ fins : 0,1 mm à 0,4 mm – plutôt pour les coulis,
- ▶ moyens : 0 mm à 3 mm – pour les joints et les enduits de finition,
- ▶ gros (sable à bâtir) : 0 mm à 5 mm – pour les mortiers de pose et les dégrossis d'enduits.

Le sable utilisé pour réaliser des mortiers doit :

- ▶ être propre : les sables ne doivent pas comprendre plus de 5 % d'éléments très fins,
- ▶ être inerte : Il faut éviter tous sols comportant des sels résiduels et des déchets organiques...
- ▶ être homogène : pour la réalisation de mortier sur chantier et afin d'obtenir une bonne homogénéité un approvisionnement global et unique du chantier doit être recherché.

Échelle pour les granulats :

- ▶ sable pour des granulométries comprises entre 0,1 - 6,5 mm,
- ▶ graviers pour des granulométries comprises entre 4 - 10 mm,
- ▶ gros graviers pour des granulométries comprises entre 10 - 30 mm,
- ▶ cailloux pour des granulométries supérieures à 30 mm.

b - Dispositions particulières

Certains granulats sont recherchés pour leur réaction pouzzolanique : réaction des silicates et aluminates contenus dans les granulats avec la chaux et l'eau de gâchage pour former un hydrate stable donnant au mortier une certaine hydraulicité.

Parmi ces principaux granulats, on peut citer :

- ▶ les tuileaux, tuiles, briques pilées, pouzzolanes, cendres, etc.

D'autres granulats sont recherchés pour des questions d'aspect ou de coloration :

- ▶ les poudres de pierre (grès et calcaire notamment),
- ▶ les limons ou argiles, utilisés notamment pour la coloration des joints.

L'approvisionnement en pouzzolane peut être :

- ▶ la pouzzolane noire de La Grand Combe (à coté d'Alès),
- ▶ la pouzzolane brune de la carrière Les Pierres Bleues Saint-Thibéry (34) entre Agde et Pézenas. La carrière exploite aussi du basalte (la roche bleue).,
- ▶ la pouzzolane rouge : massif central (le Puy en Velay).

2.2.7 - Spécifications auxquelles les graves doivent satisfaire

Dispositions générales

Les granulats seront approvisionnés sur des sites alluvionnaires locaux. L'échantillonnage des différents matériaux est soumis à l'approbation du maître d'œuvre, pour sa qualité et son aspect.

Les caractéristiques des granulats de la couche de grave traitée sont :

- ▶ Los Angeles < ou = à 15 %,
- ▶ Micro Deval < à 10 %,
- ▶ propreté inférieure à 50,
- ▶ les cailloux des réservoirs drainant sont de calibre 40/80 environ,
- ▶ les sables de mortier de pose des pierres et de jointoiements sont de granulométrie 0/6.

2.2.8 - Spécifications des granulats pour béton aspect gros cailloux

Dispositions générales**Les caractéristiques des granulats devront satisfaire aux spécifications de la norme N.F.P. 18.301 et respecter en outre, les valeurs suivantes :**

- ▶ tolérance sur le module de finesse $\pm 0,3$ en valeur absolue,
- ▶ coefficient d'absorption d'eau : $Ab < 2 \%$,
- ▶ friabilité des sables : $FS < 20$,
- ▶ Los Angeles : $LA < 30$,
- ▶ Micro-Deval en présence d'eau : $MDE < 30$,
- ▶ coefficient d'homogénéité : $H > 97 \%$ = 0,4,
- ▶ propreté des sables : $ESV > 80$.

2.2.9 - Spécifications auxquelles les liants de stabilisation de sols doivent satisfaire

Dispositions générales

Ils peuvent être tous liants minéraux industriels préparés pour les usages de stabilisation de chaussées et particulièrement pistes de loisirs, aire de stockage forestier, chemins agricoles...

Les caractéristiques techniques du liant pour le traitement de la grave stabilisée doivent être proposées à l'avis du maître d'œuvre et remplir à minima les caractéristiques suivantes :

- ▶ densité apparente : 0,5 à 1,
- ▶ masse volumique : 2,50 à 3 g/cm³,
- ▶ surface spécifique blaine : 5 500 à 10 000 cm²/g avant adjuvantation,
- ▶ refus à 80 microns : < 15%.

Chapitre 2 - MATÉRIAUX, NATURE ET PROVENANCE

Résistance sur éprouvettes 4x4x16 :

- ▶ 7 j : >20 MPa,
- ▶ 28 j : > 30 MPa,
- ▶ 56 j : > 45 MPa,
- ▶ délai de maniabilité à 20° : 5 heures.

2.2.10 - Spécifications des matériaux de remplissage pour gabions

Dispositions générales

Les cailloux et les blocs utilisés pour le remplissage des cages de gabion doivent être propres. Le cas échéant, ils doivent être débarrassés par lavage des éléments fins (sable, gangue argileuse ou marneuse) et autres matières qui leur sont associés avant leur mise en place.

Les cailloux et les blocs doivent avoir une forme homogène et une répartition granulométrique régulière pour un remplissage mécanique de bonne compacité. Ils seront soumis à l'agrément du maître d'œuvre.

Les faces visibles des gabions seront remplies par des blocs qui présenteront des arêtes vives et devront pouvoir être agencés de façon à donner un aspect maçonné.

Dispositions particulières

Il pourra être utilisé tous matériaux issus de roches sédimentaires carbonatés ou siliceuses ou de roches magmatiques et métamorphiques dures à moyennement dures, de classe granulaire 90/180, ayant une masse spécifique de 2200 kg/m³ au moins et respectant les critères du tableau ci-dessous :

Nature de la roche		Dureté	Critères retenus
Roches sédimentaires siliceuses	Grès, poudingues, brèches	Dure	LA 45 et MDE 45
		Dureté moyenne	LA >45 ou MDE < 45 et FR7
Roches magmatiques et métamorphiques	Granite, basalte, gneiss, schistes métamorphiques...	Dure	LA 45 et MDE 45
		Dureté moyenne	LA < 45 ou MDE et FR7





III

TRAVAUX PRÉPARATOIRES



3.1 Travaux préparatoires

3.1.1 - Mise hors d'eau de la zone de travaux

Dispositions générales

En concertation avec le maître d'ouvrage, pendant les périodes du chômage, assurer la mise hors d'eau des pieds d'ouvrages.

Définir les ouvrages à réaliser pour la mise hors d'eau : mise en place de batardeau, merlon de terre, palplanche...
Prévoir un poste de pompage conséquent (indiquer la capacité minimale de débit/heure) et définir où est évacuée l'eau.

Dispositions particulières

Après la mise hors d'eau de l'ouvrage, les matières limoneuses et petits embâcles devront être évacués à la décharge.

3.1.2 - Nettoyage et désherbage

Dispositions générales

En concertation avec le maître d'ouvrage, l'entreprise effectuera tous les débroussaillages, dégagements végétaux.

L'utilisation de produits désherbant est proscrit.

3.1.3 - Piquage de chape sur calade

L'entreprise dégagera soigneusement les surfaces revêtues de chape de ragréage, béton et autres.

Elle prendra soin de trier les éléments récupérables pour le réemploi.

3.1.4 – Dégagement des joints en profondeur

Dispositions générales

Les joints des anciennes maçonneries en moellons doivent être débarrassés de toute trace de pollution (salissure, végétaux, etc.) et être dégarnis sur une profondeur de 3 à 6 cm.

Toutes les parties descellées, fissurées et friables doivent être éliminées.

Ces opérations seront effectuées :

- ▶ manuellement et à l'eau sous pression pour les joints très dégradés et facilement destructibles,
 - ▶ mécaniquement (destruction du joint). Dans ce cas indiquer les outils : perforateur, burin pneumatique.
- Leur emploi est soumis à la mise en œuvre d'une surface de référence validée par le maître d'œuvre.

Dans le cas de destruction de joint, l'entrepreneur prendra toutes précautions utiles pour ne pas épaufrer les parements qui doivent être conservés.

Une fois dégarnis, les joints sont nettoyés soit à la brosse, soit à l'air comprimé, à une pression adaptée à la friabilité des moellons et des mortiers. Afin d'assurer un parfait dégarnissage en profondeur du joint, le nettoyage à pression d'eau peut être proposé (< 2 bars).

3.1.5 - Terrassements et tranchées - Saignées d'encastrement

Dispositions générales

L'entreprise prendra toutes les précautions préalables à prendre pour assurer la parfaite conservation de l'ouvrage : stabilité, éléments techniques, équipements divers. dispositions. Sauf cas particuliers, les démolitions et les saignées doivent être réalisées avec des techniques validées par le maître d'œuvre.

Dispositions particulières

L'entreprise présentera pour validation, un plan d'implantation des démolitions des surfaces qui seront limitées aux parties strictement nécessaires afin de conserver le maximum de dallages et calades anciennes.

Elle prendra en compte les sujétions particulières d'exécution :

- ▶ respecter le calepinage des matériaux et des joints,
- ▶ les sujétions au droit des parties conservées : découpage dans les joints par sciage, dégagement manuel obligatoire,
- ▶ le harpage dans les dallages appareillés,
- ▶ les protections destinées à préserver les parties conservées contiguës aux démolitions.

3.1.6 - Échafaudages

L'entrepreneur précisera le genre d'échafaudage qu'il compte utiliser pour son chantier et pour chaque type de travaux effectués. Cet échafaudage sera obligatoirement en conformité avec les normes de sécurité en vigueur. Il sera notamment pourvu d'une tour escalier ou d'un échafaudage spécifiquement sécurisé permettant l'accès des personnels et personnes habilités à pénétrer et travailler sur le chantier. À la charge de l'entreprise de faire approuver cet échafaudage par un organisme agréé avant la mise en service.

3.1.7 – Nettoyage des ouvrages

Le nettoyage par projection d'eau froide sous pression (4 à 200 bars) est par définition très souple d'emploi et non abrasif. Cette méthode est néanmoins à utiliser avec précautions, car elle désagrège les minéraux constitutifs de la pierre calcaire (le calcin) et du grès (le feldspath).

Le sablage hydropneumatique conjugue l'effet d'usure par le sable, avec l'effet de détrempe et de lavage de l'eau : il devrait être utilisé à basse pression et faire l'objet des précautions cumulées du lavage et du sablage. Cette méthode est aussi destructive que le sablage à sec sur les arêtes et les modénatures, ainsi que sur la couche auto protectrice de la pierre calcaire (calcin), et ne doit donc pas être considérée comme une méthode aux effets rassurants par rapport au sablage. Cette méthode est donc proscrite sur les pierres calcaires et les grès, ainsi que sur les briques.

Le gommage à sec ou micro sablage implique d'utiliser des matériels spécifiques et le bon fonctionnement de cette méthode dépend de plusieurs facteurs : la nature de l'abrasif, la pression du compresseur à air ou à gaz, la distance entre la buse et le plan de travail. Le matériau de gommage le plus adapté à la pierre est la fine de verrerie (poudre de verre) ou les poudres minérales micronisées (talc, dolomie, bicarbonate de sodium). La nature de ces poudres abrasives permet de les projeter à faible pression (200 à 800 grammes/cm²). Le gommage ou micro sablage est une méthode à sec : il n'y a pas de projection d'eau dans la pierre. Cela ne produit pas d'effet secondaire de dépôt de silicate et d'efflorescences minérales.

L'hydro gommage permet de frotter la surface avec un abrasif tendre projeté à faible pression et d'éviter la poussière et le rinçage en nébulisant un jet d'eau en très faible quantité et à basse pression ; cette méthode est très proche du gommage à sec, mais plus adapté aux grandes surfaces : elle ne nécessite pas de moyens d'interventions très encombrants. La faible quantité d'eau nécessaire (0,1 l à 1 l/m²) pour diriger le jet de fines de projection évite les infiltrations et les désordres dus à l'eau souvent observés lors des nettoyages de parements.

Chapitre 3 - TRAVAUX PRÉPARATOIRES

...

Dispositions générales

Définir la méthode de nettoyage pour enlever les mousses et lichens : lavage par jet d'eau à pression (< à 2 bars) accompagné d'un brossage

Préciser les conditions d'utilisation du nettoyage par hydro gommage sur les ouvrages non fluviaux à pression < à 1 bar.

Dispositions particulières

Décroûtage au jet d'eau des lits d'assises et des joints, uniquement quand le mortier est friable (pression de jet < à 4 bars).

3.2 Démolition

3.2.1 - Démolitions et déconstruction de maçonneries

Dispositions générales

L'entreprise doit prendre toutes les précautions préalables pour assurer la parfaite conservation de l'ouvrage : stabilité, éléments techniques, équipements divers. Les dispositifs de coffrage, cintrage et étalement sont laissés à l'initiative de l'entreprise et à soumettre au maître d'œuvre.

Sauf cas particuliers, les démolitions doivent être réalisées avec des techniques validées par le maître d'œuvre.

Dispositions particulières

L'entreprise précisera l'implantation des ouvrages d'accompagnement pour validation.

Elle délimitera les démolitions des maçonneries strictement nécessaires aux travaux, afin de conserver le maximum de maçonneries anciennes et les sujétions spéciales en cas de présence d'armatures diverses (agrafes, goujons, etc.).

Cela comprend :

- ▶ le découpage des rives d'enduit dans le cas de maçonnerie enduite,
- ▶ les démolitions pour harpage dans les maçonneries appareillées,
- ▶ la dépose sans conservation des ouvrages divers intégrés dans les maçonneries démolies,
- ▶ les protections destinées à préserver les parties conservées contiguës aux démolitions,
- ▶ les cales, étrésoillons, petits étais ponctuels à caractère provisoire, à l'exclusion des étais nécessitant des calculs,
- ▶ les gobetages et calages provisoires liés à la démolition, à l'exclusion des reprises de maçonneries,
- ▶ les manutentions des éléments démolis en attente d'enlèvement ou stockage en attente de récupération.

3.2.2 - Démolition pour dérasement et reprise de maçonnerie

L'entreprise précisera le mode opératoire des travaux pour démolition ou démontage pour enlever le couronnement d'un mur en pierre, en vue de reprise ultérieure.

Dispositions générales à prendre par l'entreprise

Nature des maçonneries à démolir : moellons tout-venant, pierres de taille, briques foraines.

Nature des matériaux de hourdage : mortier ancien ou mortier de reprise plus récent.

Indiquer les outils utilisés pour accord du maître d'œuvre.

Sujétions particulières d'exécution : précautions à prendre dans le cas de démolition de béton de couronnement.

3.2.3 - Démolition pour saignées et entailles, exécution de rainures

Dispositions générales

L'entreprise réalisera un calepin des joints des maçonneries à entailler : moellons, pierres de taille, briques. Il sera soumis pour validation au maître d'œuvre.

Elle devra dégager ces éléments selon ce calepin, pour garantir une conformité d'appareillage avec l'existant.

Elle exécutera toutes les sujétions au droit des parties conservées : découpage dans les joints par sciage, dégagement manuel...

3.2.4 - Démolition d'ouvrages horizontaux

Dispositions générales

L'entreprise prendra toutes les précautions au droit des parties conservées avec dégarnissage au préalable des joints et isolement de la pierre ou de la brique à déposer du reste de l'ouvrage ; elle indiquera le mode opératoire et les outils qu'elle utilisera, et les dispositions à prendre dans le cas de réemploi de matériaux.

3.2.5 - Dépose de moellons, pierre de taille ou briques par refouillement ou évidements

Dispositions générales

L'entreprise localisera le remplacement d'éléments d'assises, contigus ou isolés, qui seront dégradés et à remplacer en tiroir.

Elle éliminera par piochement en pleine masse les éléments à remplacer, limité aux joints horizontaux et/ou verticaux, exécuté assise par assise avec toutes les précautions au droit des parties conservées.

Dispositions particulières

L'entreprise indiquera le mode opératoire et les types d'outils qu'elle compte utiliser.

3.3 Récupération des matériaux

Dispositions générales

En concertation avec le maître d'œuvre, les matériaux susceptibles de réemploi seront soigneusement stockés.

Le réemploi de matériaux comprendra :

- ▶ la recherche, le triage, le nettoyage, le décroûtage,
- ▶ la purge des matériaux malsains susceptibles de contenir des parasites organiques (mousses, lichens),
- ▶ si les matériaux ne sont pas réutilisés sur le site, les transports éventuels jusqu'à un lieu de stockage défini par le maître d'ouvrage,
- ▶ les manutentions et l'enlèvement aux décharges des déchets provenant du nettoyage et du décroûtage.



IV

MODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES DE MAÇONNERIE





4.1 Introduction

Selon sa forme, sa taille ou son utilisation, le moellon est dit :

- ▶ assisé ou d'appareil : parfaitement équarri comme la pierre de taille en parallélépipèdes de 0,01 à 0,06 m³ aux cotes précises,
- ▶ bloqué, bourru, brut ou gisant : sans forme précise, il est utilisé surtout comme blocage dans l'épaisseur des murs et dans les massifs de fondations,
- ▶ en coupe : placé sur chant dans la construction d'une voûte, par opposition au moellon à plat qui est posé sur son lit,
- ▶ démaigri : si sa face arrière est moins large que sa face de parement,
- ▶ ébauché, ébousiné ou épiné : grossièrement taillé, mais comportant au moins une face de parement rectangulaire,
- ▶ éclaté, s'il résulte d'une taille grossière au pic, au marteau pneumatique ou à la masse,
- ▶ équarri : à peu près taillé en parallélépipède rectangle,
- ▶ lité : si ses faces de lit sont grossièrement taillées,
- ▶ piqué, smillé ou têtué : selon qu'il est taillé à la pointe (calcaire dur), à la smille ou au têtue.

4.2 Maçonnerie de moellons neufs ou en reprise partielle

Les pierres abîmées devront être remplacées par des éléments neufs qui seront soumis, dans un souci d'homogénéité architecturale, à l'agrément du maître d'œuvre avant leur mise en place.

Les éléments dégradés et à remplacer seront désignés au préalable par le maître d'œuvre et seront remplacés selon la technique dite « à tiroir ».

Les pierres de remplacement seront en conformité d'aspect de taille, de texture et de teinte identique à l'existant.

Dispositions générales

L'entreprise fera valider les échantillons de pierre.

La pose des moellons comprendra :

- ▶ les essais de convenance jugés nécessaires par le maître d'œuvre,
- ▶ les manutentions des moellons depuis le lieu de stockage jusqu'au lieu de pose,
- ▶ le traitement de surface identique aux maçonneries existantes sur d'autres parties de l'ouvrage.

Données techniques

Les moellons sont posés sur un lit de mortier, bien serrés, de façon à ce que le mortier reflue en surface : mode de pose à bain soufflant de mortier.

Les assises ne sont pas réglées, et les joints verticaux sont décalés.

Le jointoiement est réalisé lorsque le mortier de pose a terminé sa prise.

La forme des joints est dite en retrait ou à fleur (beurré).

L'aspect de finition des joints est lissé, coupé, gratté, brossé.

Formulation des mortiers

Mortier M1 pose de moellons et joints non immergés :

- ▶ épaisseur à préciser en une ou deux passes,
- ▶ 100 litres de sable 0/4 sec,
- ▶ 35 litres de chaux NHL 3,5.

Mortier M2 pose de moellons et joints immergés :

- ▶ 60 litres de pouzzolane 0/2 sèche,
- ▶ 40 litres de sable 0/4 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.

4.3 Rejointolement de moellons en œuvre

La réfection des joints est réalisée sur les maçonneries anciennes existantes dont les joints sont défectueux.

- ▶ soit parce qu'ils sont en mauvais état et n'assurent plus la protection nécessaire,
- ▶ soit pour des raisons esthétiques : joints malencontreux issus de réparations maladroites, reprises et restaurations de parties de parements que l'on veut intégrer à une reprise partielle de maçonnerie.

Rappel : le rejointolement sur moellons et sur briques comprend le dégarnissage et le nettoyage des joints existants.

Dispositions générales

Matériaux constituant les joints à regarnir : mortier M1 ou M2.

Forme du joint : la forme des joints est dite en retrait, ou à fleur.

Finition du joint : l'aspect est coupé, gratté, brossé à l'exclusion du balayé.

4.4 Maçonnerie de briques neuves ou en reprise partielle et jointolement

Les propriétés physiques et mécaniques de la brique et de son mortier doivent être proches, sous peine de provoquer l'altération rapide soit des briques, soit du mortier.

Dans une maçonnerie de parement classique, la surface du joint représente environ 15 à 25 % de la surface totale, et nécessite une conformité d'aspect avec l'existant : forme du joint, épaisseur, couleur.

Dispositions générales

L'entreprise réalisera une surface de référence pour validation par le maître d'œuvre.

L'appareillage sera identique aux maçonneries existantes sur d'autres parties de l'ouvrage.

Les briques sont posées sur un lit de mortier d'assise, serrées pour que l'épaisseur du joint vertical soit identique à l'existant, les joints verticaux sont décalés ou harpés.

Les briques seront convenablement humidifiées avant l'emploi, mais non ruisselantes.

▼ Chapitre 4 - MODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES DE MAÇONNERIE

■ ■ ■

Dispositions particulières

Le jointoiement consistera à exécuter la finition du joint après le montage de la surface en briques lorsque le mortier de pose aura terminé sa prise.

Les joints seront, au fur et à mesure du montage de la maçonnerie, dégarnis côté extérieur sur 10 mm de profondeur, et regarnis au plus tôt après que le mortier de pose ait suffisamment durci.

Le lissage et le serrage sont exécutés au fer. Ceci exclut notamment les joints saillants ou trop profonds.

La forme des joints est dite à fleur.

L'aspect de finition des joints est lissé ou coupé.

Formulation des mortiers

Mortier M3 pose de briques avec joints non immergés :

- ▶ épaisseur 1 à 2 cm,
- ▶ 100 litres de sable 0/2,
- ▶ 60 litres de chaux NHL 3,5.

Mortier M4 pose de briques avec joints immergés :

- ▶ 60 litres de pouzzolane 0/2,
- ▶ 40 litres de sable 0/2,
- ▶ 60 litres de chaux NHL 5.

4.5 Coulis d'injection dans les maçonneries de moellons et de briques

Ne pas confondre avec les coulis de confortement et d'étanchéité de terre pleins et bajoyers.

L'injection de coulis de mortier accompagne souvent des ouvrages de consolidation localisés (reprise en tiroir de parements pierres ou briques, percements, incrustements, etc.) afin de rendre une nouvelle cohésion avec les ouvrages anciens. Dans la mesure où cette technique permet la consolidation sans démontage et conserve ainsi toutes les déformations et l'authenticité de l'ouvrage, elle peut être considérée comme un des outils de la restauration moderne et être appelée à un emploi de plus en plus fréquent.

Le but de l'injection peut être double : homogénéiser les maçonneries ; restituer les propriétés mécaniques initiales.

Le pourcentage des vides à cœur d'une maçonnerie peut être important dès l'origine de la construction. Il peut avoir été aggravé au fil du temps et des intempéries, en particulier dans les ouvrages très exposés ou, au contraire, être resté pratiquement inchangé dans les zones protégées.

Le choix des matériaux constitutifs du coulis est très important. Des sondages réalisés après injection de coulis non stabilisé prouvent que l'on risque souvent d'obtenir un mélange hétérogène constitué de l'ancien mortier d'une part, et le nouveau liant qui se présente sous forme de blocs compacts et de filaments. Il est important d'éviter les risques de points durs, préjudiciables à la stabilité de l'ensemble de l'ouvrage.

Du fait du temps de séchage très important qu'ils requièrent, les liants aériens (chaux grasse, argile) ne pourront être utilisés à l'état pur. Ils peuvent être additionnés à des liants hydrauliques suivant des pourcentages fixés au cas par cas et devant faire appel à des analyses préalables.

Précautions à prendre préalablement à l'injection :

- ▶ étanchements des parements par vérification ou réparation des joints. Réserve des trous de coulage et des événements dans les joints existants, sans nécessité de forage,
- ▶ au besoin, mise en place de platelage de maintien pour les poussées hydrostatiques,
- ▶ l'injection gravitaire, de bas en haut doit être privilégiée à l'injection sous faible pression,
- ▶ la hauteur des bandes d'injection doit être fonction des volumes à combler,
- ▶ les délais entre deux coulages doivent correspondre au temps nécessaire à la prise du coulis (échantillon témoin).

Qualité des coulis à injecter

Le ou les coulis doivent posséder les qualités suivantes :

- ▶ facilité d'injection : le coulis doit rester stable pendant la durée d'injection,
- ▶ le coulis doit effectuer le moins de retrait possible.

Les coulis de chaux sont constitués de chaux NHL conformes à la norme, d'eau de gâchage conforme à la norme NF EN 934-2, éventuellement de charges dont le rôle peut être de s'opposer à la décantation ou d'expanser le coulis ou de le rendre thixotrope (bentonite), et de produits agissant sur les conditions de prise ou performances finales ; adjuvants conformes à la norme NF P 18-103 ou CNP ciment prompt.

Dispositions générales

- ▶ l'entreprise posera les événements du bas vers le haut et procédera au recollement photographique des points d'injections,
- ▶ le coulis d'injection doit être compatible avec les mortiers en place et présenter des caractéristiques analogues, pour avoir une parfaite adhérence,
- ▶ un bordereau des volumes injectés sera présenté au maître d'œuvre.

Formulation des coulis

Coulis C1 liquide non immergés

- ▶ 100 litres de sable 0/2,
- ▶ 60 litres de chaux NHL 3,5.

Coulis C2 liquide immergés

- ▶ 60 litres de pouzzolane 0/2,
- ▶ 40 litres de sable 0/2,
- ▶ 60 litres de chaux NHL 5.

4.6 Exécution des forages verticaux

Dispositions générales

Les forages verticaux sont destinés à faire barrage à toute venue d'eau vers les remblais ou l'arrière des bajoyers de l'écluse. Les forages verticaux auront un diamètre de 70 mm et leur implantation sera conforme au plan fourni. L'Entrepreneur sera tenu de joindre à son dossier d'exécution une notice technique explicitant la technique employée et définissant le matériel utilisé pour l'exécution des forages.

Les carottages verticaux destinés à mettre en œuvre des micropieux à l'arrière des bajoyers de l'écluse pour tous les éléments à installer : bollards, mas, pupitre sont exécutés selon les mêmes clauses techniques.

Chapitre 4 - MODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES DE MAÇONNERIE

...

Dispositions particulières

- ▶ le coulis injecté sera à base de ciment. La pression d'injection n'excédera pas 5 bars de manière à éviter toute mise en pression des maçonneries,
- ▶ la composition définie par le rapport C/E (ciment sur eau) en poids, pourra varier suivant les absorptions et la nature des matériaux et terrains rencontrés, avec présence ou non de cavités.

L'entreprise sera tenue de fournir au Maître d'œuvre en fin de chantier un rapport récapitulatif d'injection comportant :

- ▶ le plan de récolement de tous les forages,
- ▶ les quantités de coulis injecté dans chaque forage,
- ▶ les pressions d'injection pour chaque forage,
- ▶ les incidents ou anomalies éventuels lors de chaque injection.

4.7 Exécution de rainures avec blindage

Dispositions générales

L'entreprise fournira et posera le blindage en fonction de l'implantation proposée sur plan par le maître d'ouvrage.

Dispositions particulières

Les travaux comprendront :

- ▶ le sciage des pierres ou du béton,
- ▶ la déconstruction des pierres ou du béton en fond de rainure sur la hauteur sans déstabiliser les pierres environnantes,
- ▶ l'implantation et la réalisation de forages en fond de rainure,
- ▶ les carottages pour la pose de tirants d'ancrage,
- ▶ la fourniture et la pose du profilé métallique pour le blindage de la rainure, et du système de fixation par tirants d'ancrage,
- ▶ toutes les sujétions de main-d'œuvre et de fourniture de matériaux à faire valider par le maître d'œuvre,
- ▶ la fourniture, la préparation et la mise en œuvre de mortier de scellement,
- ▶ la fourniture, la préparation et la mise en œuvre de calfeutrement de remplissage entre la maçonnerie et le profilé.

4.8 Éléments métalliques

4.8.1 - Fourniture et mise en place d'éléments métalliques encastrés dans les maçonneries existantes et destinés à rester apparents

Article à adapter si les éléments métalliques sont fournis par un autre corps d'état.

Dispositions générales

Fourniture et mise en place d'éléments métalliques comprenant :

- ▶ les saignées d'encastrement nécessaires à l'incorporation dans les maçonneries existantes.
Nota : Les précautions pour éviter d'endommager les maçonneries existantes imposent de respecter le calepinage des pierres de taille en place, et de limiter la saignée d'encastrement à l'emprise de l'élément métallique,
- ▶ la fourniture, la mise en place et le calage des éléments métalliques pour mise en charge sans désordre sur les ouvrages existants,
- ▶ la fourniture et pose des éléments de liaison ou fixation.

Dispositions particulières

L'entreprise réalisera :

- ▶ la pose des éléments métalliques (fonction, constitution, profil, force) selon plans remis au maître d'œuvre,
- ▶ l'implantation précise validée par le maître d'œuvre des maçonneries dans lesquelles sont installés les éléments,
- ▶ les éléments de liaison (boulons ou autres),
- ▶ le remplissage avec des matériaux de calfeutrement, en retrait des surfaces à restituer.

4.8.2 - Fourniture et mise en place d'éléments métalliques encastrés dans les maçonneries existantes et destinés à être recouverts

Dispositions générales

L'entreprise réalisera la fourniture et mise en place d'éléments métalliques comprenant :

- ▶ les forages et les saignées nécessaires à l'incorporation dans les maçonneries existantes, y compris toutes les précautions pour éviter d'endommager les maçonneries existantes,
- ▶ la fourniture, la mise en place et le calage des éléments métalliques pour mise en charge sans désordre,
- ▶ la fourniture et la pose des éléments de liaison ou fixation y compris toutes les façons en découlant,
- ▶ la protection antirouille des éléments métalliques,
- ▶ toutes les sujétions pour difficultés de mise en œuvre et de liaison.

Dispositions particulières

L'entreprise réalisera :

- ▶ la pose des éléments métalliques (fonction, constitution, profil, force) selon plans remis au maître d'œuvre,
- ▶ l'implantation précise validée par le maître d'œuvre des maçonneries dans lesquelles sont installés les éléments,
- ▶ les éléments de liaison (boulons ou autres),
- ▶ le remplissage avec des matériaux de calfeutrement, en retrait des surfaces à restituer.

4.8.3 - Réalisation de scellements chimiques d'éléments métalliques dans les maçonneries

Ces scellements peuvent être réalisés avec deux types de produits :

- ▶ les mortiers préformulés, à retrait compensé,
- ▶ les résines à deux composants.

Dispositions générales

- ▶ les procédés, les types de produits qui seront proposés par l'entrepreneur seront soumis à l'agrément du maître d'œuvre, accompagnés de la fiche technique d'identification du fabricant et des procès-verbaux des essais,
- ▶ cette fiche technique précisera les conditions d'emploi du produit : formulation des composants, durée d'utilisation, températures limites d'emploi,
- ▶ les conditions de mise en œuvre du matériau de scellement seront décrites par l'entreprise : modalités d'application, sensibilité à l'humidité, durée de prise et/ou de polymérisation, toxicité éventuelle des composants.

▼ Chapitre 4 - MODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES DE MAÇONNERIE

...

Dispositions particulières

L'entreprise réalisera :

- ▶ la pose des éléments métalliques (fonction, constitution, profil, force) selon plans remis au maître d'œuvre,
- ▶ la profondeur et le diamètre des trous qui doivent tenir compte de la longueur et du diamètre des barres à sceller,
- ▶ l'implantation précise validée par le maître d'œuvre des maçonneries dans lesquelles sont installés les éléments.

4.9 Ouvrages en pierre de taille

4.9.1 - Fourniture de pierres de taille neuves ou récupérées

Dispositions générales

L'entreprise fournira la pierre neuve issue de carrière avec teneur en eau inférieure à la teneur en eau critique mesurée selon la norme de la méthode d'essai NF.B.10 512.

Elle présentera un plan de calepinage à partir du plan d'exécution joint au marché, pour validation par le maître d'œuvre. Le sens du lit de carrière doit être indiqué sur le calepin.

Elle indiquera l'appareil de l'ouvrage dans sa forme et ses particularités et les débits spéciaux : feuillures, encoches, façon d'arêtes.

Dans le cas de pierres de récupération, préciser :

- ▶ la localisation future des pierres récupérées,
- ▶ le lieu de récupération,
- ▶ la dénomination et caractéristique physique de la pierre.

4.9.2 - Pose des pierres de taille

Par fichage du mortier

La pierre étant posée sur des liteaux ou sur des cales ayant l'épaisseur du joint prévue, il est procédé au remplissage de l'intervalle entre lit de pose et lit d'attente, à l'aide d'un outil appelé « fiche » qui permet de refouler le mortier dans les vides entre les cales qui sont ôtées ensuite.

Les cales peuvent être réalisées en bois blanc, pierre ou plomb, dont la compressibilité doit être inférieure ou au plus celle de la pierre. Les cales en chêne sont proscrites.

Coulage du joint au godet

La pierre est posée sur des cales réglées à l'épaisseur du joint. Elles sont placées à une distance suffisante des arêtes du bloc pour éviter les écornures.

Pour le coulage du joint, le bloc de pierre étant mis en place sur des cales, les joints sont obturés sur le pourtour, sauf aux emplacements des godets. Les godets sont des récipients maintenus en place à l'endroit du joint et remplis du coulis de mortier; celui-ci s'écoule par gravité entre les deux assises et vient remplir l'espace resté libre. À l'opposé du godet chargé de coulis, il est disposé un godet faisant office d'évent pour permettre à l'air de s'échapper et d'assurer une bonne répartition du mortier. Lorsque le coulis apparaît dans le godet évent, le joint est considéré rempli.

Pour le coulage du joint vertical, on réalise à la partie supérieure du bloc, une couronne de plâtre (« nid d'hirondelle ») contenant le coulis qui se met en place par gravité.

Les cales peuvent être en bois blanc, pierre ou plomb, leur compressibilité doit être inférieure ou au plus celle de la pierre. Les cales en chêne sont proscrites.

À bain soufflant de mortier

Cette méthode consiste à étaler une couche de mortier d'épaisseur double de celle du joint prévu.

La pierre positionnée correctement, est frappée à la masse de bois pour l'assujettir et réduire le joint à l'épaisseur désirée, tout en recueillant le mortier qui reflue. Les joints verticaux sont garnis à la truelle ou à la fiche à dents.

Pose au plomb

La méthode de pose est la suivante :

- ▶ vérification du séchage des pierres,
- ▶ garnissage extérieur des joints avec des bandes d'étanchéité et fixation avec de la terre à modeler en laissant un retrait de 2 cm minimum pour la finition des joints au mortier, les joints peuvent aussi être arasés,
- ▶ façon des godets de coulée et des trous d'échappement d'air,
- ▶ fonte du plomb (l'emploi de vieux plomb est strictement interdit) épuré par écumage et coulage,
- ▶ enlèvement des bandes d'étanchéité et retaille des balèvres éventuelles du plomb au ciseau.

Dispositions générales

La pose comprend :

- ▶ la pose des pierres conforme aux plans d'exécution,
- ▶ la façon de stries ou pattes d'oie sur lits et joints pour adhérence du mortier de pose et des coulis,
- ▶ l'humidification des lits et joints avant pose,
- ▶ le mortier et le coulis de pose,
- ▶ le jointoiement, avec humidification avant mise en place du mortier.

Dispositions particulières

Pour les pierres posées en tiroir, seront prévus :

- ▶ les tailles nécessaires au parfait ajustement de la partie enlevée avec celles incrustées,
- ▶ les garnissages nécessaires,
- ▶ le traitement de surface (patine, vieillissement).

Formulation des mortiers

Mortier M3 pose de pierres avec joints non immergés :

- ▶ épaisseur 1 à 2 cm,
- ▶ 100 litres de sable 0/2 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 3,5.

Mortier M4 pose de pierres avec joints immergés : .

- ▶ 70 litres de pouzzolane 0/2 sèche,
- ▶ 50 litres de sable 0/2 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.

Formulation des coulis

Coulis C1 liquide non immergés

- ▶ 100 litres de sable 0/2,
- ▶ 60 litres de chaux NHL 3,5.

Coulis C2 liquide immergés

- ▶ 60 litres de pouzzolane 0/2,
- ▶ 40 litres de sable 0/2,
- ▶ 60 litres de chaux NHL 5.

▼ Chapitre 4 - MODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES DE MAÇONNERIE

4.9.3 - Ragréage massif de parements en pierres de taille

Le ragréage au mortier pour la restauration d'éléments en pierre de taille concernera les éléments érodés en surface sur une profondeur comprise entre 5 et 10 centimètres. Au-delà de cette profondeur, les éléments seront remplacés par des éléments neufs.

Dispositions générales

Les pierres concernées devront être débarrassées des parties fragmentées ou menaçant de se désolidariser des parties saines.

L'entreprise s'attachera à reproduire les formes des pierres originelles notamment en réalisant des joints et en traitant la surface (vieillesse, patine) et les parties ragréées auront obligatoirement l'aspect des parements anciens.

Les ragréages massifs seront renforcés par treillis de fibre de verre, à l'exclusion de treillis et grillages métalliques, mêmes galvanisés.

Le maître d'œuvre exigera de l'entreprise que celle-ci traite les parties ragréées comme des pierres de taille neuves en terme d'aspect et teinte.

Dispositions particulières

Pour valider les ragréages, l'entreprise réalisera une surface de référence de 1/2 m² et une épaisseur de 5 cm avec un mortier soit :

- ▶ chaux hydraulique naturelle et ciment naturel prompt : chaux, prompt, poudre de calcaire, sable siliceux (voir 3.3.4),
- ▶ mortier préformulé de fabricants spécialisés avec avis technique.

La plus grande attention devra être portée aux essais mis en œuvre notamment en ce qui concerne la nature des produits employés et les dosages effectués : ceux-ci feront l'objet de fiches à remettre en 2 exemplaires au Maître d'œuvre. Les composantes et les dosages seront alors fixés de même que les conditions de mise en œuvre.

Dans le cas de réparation ponctuelle d'épaufrures (ex : pierres de couronnement de bajoyer), l'entreprise devra prévoir la mise en œuvre de mortiers renforcée par clous et goujons inoxydables.

Formulation des mortiers

Mortier M5 mortier réparation pierre :

- ▶ 30 à 50 litres de sable selon texture de la pierre,
- ▶ 20 litres de chaux NHL 3,5,
- ▶ 10 litres de ciment prompt,
- ▶ 50 g d'acide citrique (tempo) éventuellement.

4.10 Parements enduits

4.10.1 - Piochement d'enduits anciens

Dispositions générales

Le piochement d'anciens enduits comprend :

- ▶ le recoupement de rives dans le cas de reprises partielles,
- ▶ la préparation des supports, appropriée au traitement du mur après piochement,
- ▶ le dégarnissage éventuel des joints.

4.10.2 - Préparation du support non enduit pour recevoir un enduit

Dispositions générales

L'entreprise devra procéder :

- ▶ au nettoyage et dépoussiérage de la surface,
- ▶ lavage des parements, accompagné d'un brossage pour ne pas trop mouiller les surfaces,
- ▶ la réalisation d'une surface de référence comprenant la stratigraphie des différentes couches avec les aspects de finition proposé.

Elle prendra en compte les variations de planéité, et procédera au garnissage préalable des joints quand ceux-ci seront supérieurs à 3 cm.

4.10.3 - Enduit au mortier

Les enduits traditionnels du Canal sont des mortiers à base de chaux.

L'entreprise réalisera un enduit à la chaux, par plusieurs passes superposées :

- ▶ une première couche d'accrochage ou gobetis,
- ▶ une seconde couche formant le corps d'enduit ou dégrossis,
- ▶ une troisième couche appelée couche de finition.

La résistance mécanique du mortier de chacune des couches constituant l'enduit doit être dégressive, la plus forte résistance mécanique étant assurée par la 1^{re} couche d'accrochage (ou gobetis).

La première couche a pour fonction d'assurer l'adhérence de l'enduit au support.

Elle est donc fortement dosée en chaux, mais le dosage du liant doit être adapté aux caractéristiques du support. Son épaisseur doit rester faible de façon que son retrait soit pratiquement achevé avant l'application de la 2^e couche. Le sable utilisé doit être de granulométrie grossière.

Le mortier est projeté vigoureusement sur le support, soit manuellement, soit à la machine. La surface de cette première couche doit être rugueuse pour favoriser l'adhérence de la 2^e couche : pas d'opération surfacage sur cette couche.

La deuxième couche, qui constitue le corps de l'enduit, lui donne sa forme définitive : elle assure le « planage » et la fonction d'imperméabilisation.

Elle doit être homogène et compacte : sa compacité est obtenue par un serrage à la taloche. Son dosage en liant est plus faible que celui de la première couche afin de réduire les risques de fissuration (plus un mortier est chargé en chaux, plus le risque de faïençage est grand, lié au phénomène de retrait de la chaux au moment de la prise).

▼ Chapitre 4 - MODES D'EXÉCUTION DES OUVRAGES DE MAÇONNERIE

■ ■ ■

Cette couche est exécutée lorsque la première couche a effectué une partie de son retrait. Le délai d'attente, jamais inférieur à 3 jours, est variable et dépend de plusieurs paramètres (conditions atmosphériques, nature du support, constitution de l'enduit de 1ère couche).

Le mortier du corps d'enduit doit avoir une consistance ferme mais maniable.

La couche support (gobets) doit être humidifiée, mais non ruisselante.

L'application du corps d'enduit peut être effectuée en une ou deux passes, frais sur frais, suivant l'épaisseur, à la machine ou manuellement.

L'état de surface doit être taloché (le lissage à la truelle est interdit).

Cette couche doit être réalisée en fonction des caractéristiques visuelles recherchées (planéité, rectitude des arêtes, gorges, arrondis, etc.).

La valeur moyenne de l'épaisseur des deux premières couches doit assurer un recouvrement des maçonneries d'environ 25 mm.

Dispositions générales :

L'ouvrage d'enduit comprend :

- ▶ l'hydratation du parement,
- ▶ l'exécution, toutes fournitures comprises, en application manuelle ou au pot de projection,
- ▶ l'épaisseur totale moyenne qui dépend de la planimétrie exigée,
- ▶ les essais de convenance demandés par le maître d'œuvre : préciser le nombre d'essais et leurs dimensions,
- ▶ la protection des enduits frais et jeunes, en fonction des conditions climatiques.

4.10.4 - Dispositions particulières

a - Pour les enduits immergés

Dans ce cas, avec l'ajout de pouzzolane, la résistance mécanique du mortier de chacune des couches constituant l'enduit sera garantie par le dosage en liant et la granulométrie des agrégats, mais également par le serrage par talochage impératif.

Formulation des mortiers

Mortier M5 :

- ▶ 70 litres de pouzzolane 0/2,
- ▶ 50 litres de sable 0/4,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.

b - Pour les enduits non immergés

Ils sont réalisés en deux ou trois couches.

- ▶ une première couche d'accrochage ou gobets,
- ▶ une seconde couche formant le corps d'enduit ou dégrossis,
- ▶ une troisième couche appelée couche de finition.

Formulation des mortiers

Mortier M6

- ▶ 130 litres de sable 0/2 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 3,5.

4.10.5 - Lait de chaux pour patine

Dispositions générales

Sur les ouvrages de surface, la conformité de teinte avec l'existant doit être recherchée au moyen de laits de chaux fixés avec un ajout fixateur.

L'entreprise proposera une surface de référence pour présenter la nature, la composition et les caractéristiques du produit à appliquer :

- ▶ la finition souhaitée (couleur, aspect, texture...),
- ▶ le liant (chaux aérienne éteinte pour le bâtiment ou en pâte, chaux hydraulique naturelle),
- ▶ l'eau (dilution du produit),
- ▶ les pigments (pour la coloration, terres naturelles ou oxydes),
- ▶ les adjuvants (facilitent la mise en œuvre ou la durabilité).

Le mode d'application sera exclusivement à la brosse.

4.11 Parements en béton dégradé type écluse au gabarit Freycinet

4.11.1 - Élimination des surfaces de béton dégradées

Dispositions générales

Les travaux comprennent :

- ▶ l'enlèvement et l'élimination des parties en béton non adhérentes ou de mauvaise qualité,
 - ▶ l'élimination du béton altéré par piquage,
 - ▶ le dégagement de la périphérie des armatures,
 - ▶ le nettoyage soigné des surfaces avant la mise en œuvre des reprises : brossage, gommage.
- Il n'est pas conseillé de trop mouiller les surfaces.

4.11.2 - Ragréage de parement en béton

Dispositions générales

- ▶ des essais de réparation seront soumis au maître d'œuvre pour valider la nature et la composition des produits : liants hydrauliques, résines synthétiques, mortiers spéciaux polymères.
- L'entreprise tiendra compte de l'état du support, et se conformera aux clauses techniques du fabricant des produits pour le nombre de couches et les épaisseurs.

Il sera procédé à la mise en œuvre de produits de ragréage comprenant :

- ▶ la passivation des armatures avec un produit homologué,
- ▶ le mode d'application conforme,
- ▶ le traitement de finition du ragréage après coup : patine, harmonisation avec les parties conservées.

4.11.3 - Traitement des fissures

Dispositions générales du calfeutrement et du pontage

Cela comprend :

- ▶ la préparation des fissures, l'ouverture des fissures manuellement ou par meulage électrique ou pneumatique,
- ▶ un pré-étanchement en fond de fissure par colmatage avec une pâte ciment à prise accélérée,
- ▶ l'application d'une primaire d'accrochage, du mastic de calfeutrement : nature, composition et mise en œuvre,
- ▶ le traitement de finition : patine vieillissement, harmonisation avec les parties conservées.



V

MODES D'EXÉCUTION DES SOLS, REVÊTEMENTS ET CALADES



▼ Chapitre 5 - MODES D'EXÉCUTION DES SOLS, REVÊTEMENTS ET CALADES

5.1 Empierrement de moellons neufs ou en reprise partielle

Certains empierrements sont divisés en « compartiments » réguliers par des pierres calcaires ou en grès.

Dispositions générales

L'entreprise fera valider les échantillons de pierre selon les indications proposées au plan.

L'ouvrage comprendra :

- ▶ les essais de convenance jugés nécessaires par le maître d'œuvre,
- ▶ les manutentions des moellons depuis le lieu de stockage jusqu'au lieu de pose,
- ▶ le traitement de surface identique aux maçonneries existantes sur d'autres parties de l'ouvrage.

Dispositions particulières

- ▶ l'entreprise posera les pierres sur une semelle de béton de chaux B1,
- ▶ le mortier de pose pour les assises et les joints sera de type M1.

Formulation des matériaux de pose :

Béton B1 d'assise :

- ▶ épaisseur 8 à 10 cm,
- ▶ 100 litres de grave 0/10,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.

Mortier S1 pose et joints :

- ▶ 100 litres de sable 0/4 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.



5.2 Pose de moellons de pavement

Dispositions générales

L'épaisseur du lit de pose est comprise entre 0,08 et 0,10 d'un mortier de chaux S1.

Le choix pour la pose est porté sur des pierres à une surface plane, elles ne sont pas ou peu remaniées à l'outil (principe du tout-venant) et sont posées à joints serrés, avec le moins de vide possible. Pour éviter le déversement, les pierres de bordure : boutisses, sont scellées avec le mortier de pose plus mouillé, pour qu'il soit plus élastique.

Le jointoiement est différent selon la nature des pierres posées. Il est réalisé avec un mortier M1. Afin de ne pas tâcher les pierres avec ce mortier, il est préférable de l'appliquer sec et sur des surfaces non mouillées. Pour éviter la fixation de laitance, le nettoyage doit se faire à l'avancement.

Dispositions particulières

La pose des moellons comprend :

- ▶ le traitement de surface identique aux surfaces existantes sur d'autres parties de l'ouvrage,
- ▶ les essais de convenance jugés nécessaires par le maître d'œuvre.

Formulation des matériaux de pose

Forme en béton B1 d'assise :

- ▶ épaisseur 8 à 10 cm,
- ▶ 100 litres de grave 0/10,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.

Mortier S1 pose et joints :

- ▶ 100 litres de sable 0/4 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.



▼ Chapitre 5 - MODES D'EXÉCUTION DES SOLS, REVÊTEMENTS ET CALADES

5.3 Calade de galets de récupération ou neufs

Dispositions générales

La préparation et les terrassements consistent, après élimination des matières organiques résiduelles, à décaisser le sol sur 25 cm environ.

La mise en œuvre de pierres calées implique d'approvisionner des galets alluvionnaires.

Les galets sont cloutés un à un et calés les uns contre les autres, sur un lit de pose au mortier de sable et chaux SEC. Il est préférable de poser les galets par rangées courbes et rayonnantes (en "queue de paon"), pour éviter les alignements de joints parallèles qui affaiblissent le maillage des pierres.

Pour le jointoiement, le recouvrement de la surface se fait avec le même matériau que pour le lit de pose, par épandage sur une épaisseur de 3 à 5 cm, le compactage doit être serré afin de fermer la surface comme pour un sol stabilisé (rouleau à billes ou dame vibrante).

Une fois cette opération terminée, il faut humidifier en pluie la surface.

Après quelques heures, les têtes de galets sont dégagées par racleage, grattage, brossage ou balayage

Dispositions particulières

La pose des galets comprend :

- ▶ le traitement de surface identique aux surfaces existantes sur d'autres parties de l'ouvrage,
- ▶ les essais de convenance jugés nécessaires par le maître d'œuvre.

Formulation des matériaux de pose

Mortier S1 pose et joints :

- ▶ 100 litres de sable 0/4 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.

5.4 Calade de briques neuves ou en reprise partielle

Dispositions générales

Les briques seront de type « violette » : longueur quarante-deux centimètres (42 cm), épaisseur cinq centimètres (5 cm), largeur treize centimètres (13 cm). Ces briques seront posées sur chant. Les teintes seront choisies sur site en fonction de l'ouvrage, en général on y trouve des panachages de rouge brun, de rouge et d'orangé.

Le calepin des parties neuves s'inspirera de celui des parties existantes. Les joints auront une épaisseur maximale d'un centimètre.

Dispositions particulières

La pose des briques comprend les essais de convenance jugés nécessaires par le maître d'œuvre.

Formulation des matériaux de pose

Mortier S1 pose et joints :

- ▶ 100 litres de sable 0/4 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.

5.5 Dallage en pierres de taille neuves ou récupérées

Dispositions générales

Les dalles seront en calcaire gris ou en grès.

L'épaisseur pour garantir la bonne stabilité des dallages est de 10 cm, et la surface de chaque dalle supérieure à 0,25 m².

La forme d'assise et le lit de pose doivent être soigneusement préparés afin que la masse de la pierre soit en appui sur le lit de pose sur toute sa surface, et éviter ainsi les risques de cassures.

La surface des dalles ne doit pas être trop lisse pour éviter le glissement.

L'appareillage des surfaces dallées doit être à joints serrés et le garnissage des joints doit assurer le blocage des pierres.

Dispositions particulières

La pose des dalles comprend :

- ▶ le traitement de surface identique aux maçonneries existantes sur d'autres parties de l'ouvrage,
- ▶ les essais de convenance jugés nécessaires par le maître d'œuvre.

Spécifications auxquelles les pierres vieilles doivent satisfaire

Récupération de pierre vieille provenant de déposes ou de démolitions antérieures comprenant :

- ▶ la recherche, le triage, le nettoyage et le décroûtage des lits et joints,
- ▶ la purge des matériaux malsains susceptibles de contenir des spores ou des parasites.

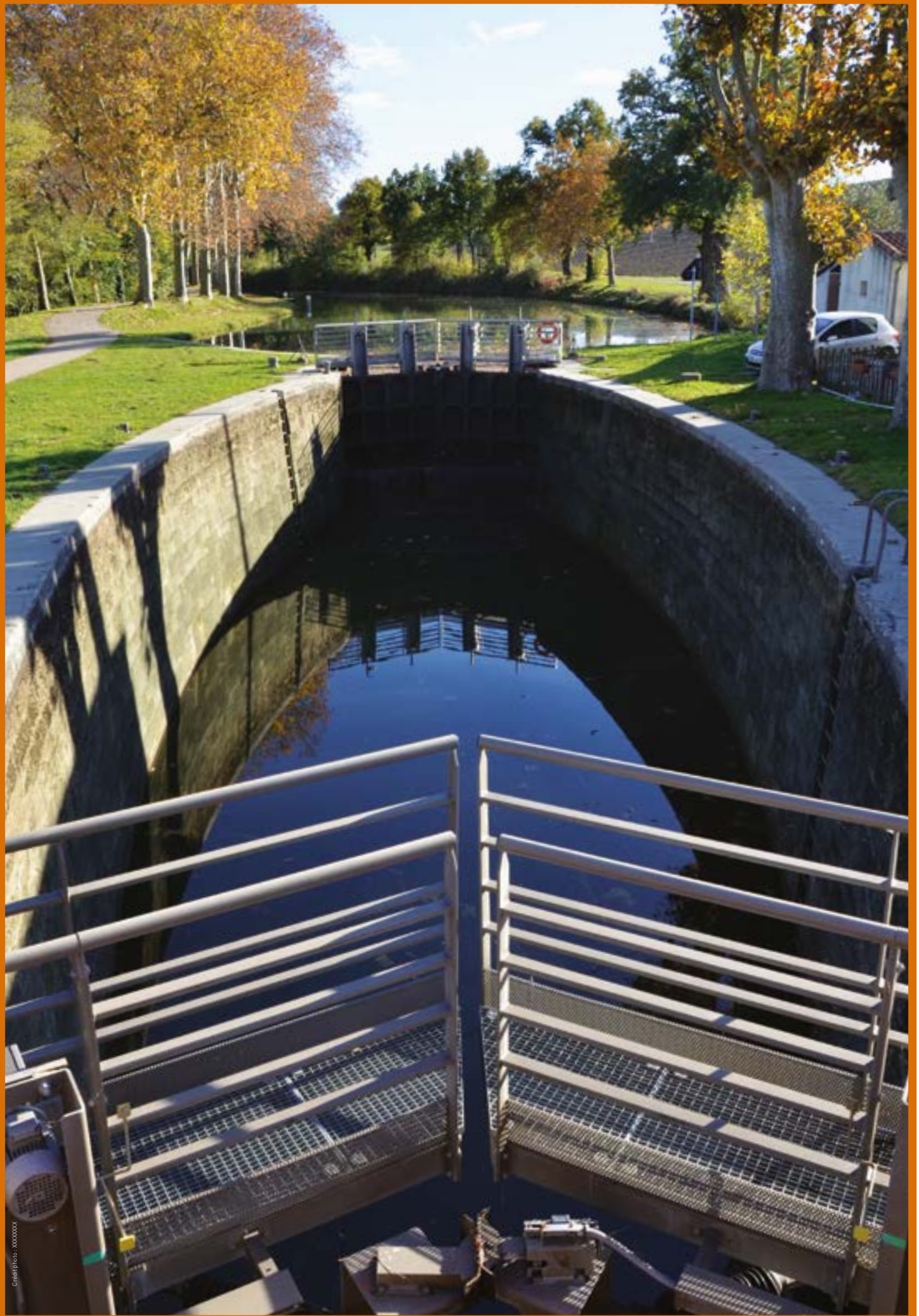
Formulation des matériaux de pose

Béton B1 d'assise :

- ▶ épaisseur 8 à 10 cm,
- ▶ 100 litres de grave 0/10,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.

Mortier S1 pose et joints :

- ▶ 100 litres de sable 0/4 sec,
- ▶ 35 kg de chaux NHL 5.



VI

MODE D'EXÉCUTION DES AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS





6.1 Préparation et terrassements en pleine masse

Dispositions générales

- ▶ l'entreprise assurera une visite préalable avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre pour implanter les ouvrages,
- ▶ elle assurera le piquetage d'implantation qui sera validé par le maître d'œuvre,
- ▶ elle s'assurera de la nature des sols rencontrés et avertira le maître d'œuvre si l'exécution des ouvrages nécessite une modification des plans,
- ▶ les manipulations de déblais et remblais exempts de corps étrangers seront effectuées en protégeant la végétation et les ouvrages existants.

Dispositions particulières

- ▶ sur les terrains comportant une couche de terre végétale sera réalisé un décapage et le stockage du déblai en vue du réemploi,
- ▶ l'entreprise devra faire valider la nature des remblais d'apport.

Les valeurs minimales de compactage des terrassements de préparation des formes seront :

- ▶ la teneur en eau : + 2 % de l'optimum normal,
- ▶ la densité sèche : 95 % de l'optimum normal.

L'entreprise devra attester des mesures.

6.2 Fouilles en tranchées

Dispositions générales

L'entreprise implantera et assurera le dimensionnement strictement nécessaire des ouvrages pour une exécution conforme aux plans.

Elle assurera l'installation des gaines, fourreaux, buses prévue au plan et fera valider la nature des remblais d'apport et leur compactage.

6.3 Ouvrages de revêtements de sols

Sur un linéaire important, le canal du Midi est longé par un chemin de service ou une piste de randonnée multi-usages. Cette piste destinée aux promeneurs pédestres ou cyclistes a un revêtement différent suivant le lieu géographique :

- ▶ stabilisé calcaire à la chaux sur le Canal du midi,
- ▶ grave-émulsion calcaire sur le Canal du Midi en Haute Garonne.

Remarques préliminaires : Les sols stabilisés doivent être accompagnés d'ouvrages hydrauliques : rigoles, revers d'eau, fossés, pour assurer un bon écoulement des eaux de ruissellement de surface.

6.3.1 - Couche de grave calcaire non traité (0/20 GNT)

Descriptif général

L'opération consiste à recharger la plate-forme de cheminement pour se conformer au profil du sol naturel.

L'entrepreneur précisera l'origine, les modalités de transport et de stockage des matériaux d'apport.

L'utilisation de ces matériaux sera conforme à celle définie par le Guide Technique relatif à la réalisation des remblais et des couches de forme de septembre 1992 édité par le SETRA et annexé au fascicule n°2 du C.C.T.G. Les prescriptions relatives au compactage sont celles précisées dans le guide LCPC-SETRA « réalisation des remblais et des couches de formes » (GTR 92) et ses annexes et notamment, celles définies dans les tableaux de compactage correspondant à la définition des modalités d'utilisation des compacteurs pour chaque couple « matériau matériel ».

Ces modalités d'utilisation des compacteurs seront définies contrairement avec le maître d'œuvre avant le début des travaux, notamment en ce qui concerne la taille des engins utilisés.

Descriptif particulier

- ▶ la couche de fondation sera constituée d'une grave roulée non traitée 0/20 mise en œuvre par couche de trente centimètres maximum. Ce matériau sera ensuite compacté,
- ▶ les matériaux pour la réalisation des couches d'assise et de base de la plate-forme seront de type 0/20 concassé calcaire pour la couche d'assise.

6.3.2 - Sols stabilisés avec un liant

Descriptif général

Le dosage en liant prévisible sera de l'ordre de 4 à 7 % minimum de liant : voir article chap. II 2 A ci-dessus.

Le mélange sera réalisé sur site ou proviendra d'une centrale si les quantités à mettre en œuvre sont jugées trop importantes par le titulaire et le Maître d'œuvre.

La planche d'essai exécutée dans les conditions du chantier, huit jours avant le démarrage des travaux, permettra de contrôler la régularité et la précision du dosage théorique.

Dispositions particulières

La couche de « roulement » en sable 0/5 sera mise en œuvre en une seule épaisseur et correctement compactée au cylindre non vibrant.

La courbe granulométrique du stabilisé 0/5 devra être telle qu'elle puisse offrir après mise en œuvre et traitement, un état de surface « fermé » selon les profils de pente à rechercher pour l'écoulement des eaux.



Chapitre 6 - MODE D'EXÉCUTION DES AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS

6.3.3 - Sols stabilisés renforcés

Dispositions générales

Autrement appelé « macadam à l'eau », cet ouvrage consiste à fournir et mettre en œuvre un revêtement à la chaux stabilisé ayant un aspect naturel de 0,10 d'épaisseur.

Le profil en travers de la plateforme finie est en pente d'écoulement aval. La granulométrie des agrégats est composée de sable 0/12 et de cailloux 20/40 pour obtenir une surface sablée et non lissée.

Le liant de type Enverpaq, Stabex, Rolac ou similaire doit permettre de conserver aux agrégats une teinte et un aspect naturel. Le choix et le mode de mise en œuvre sont validés par le maître d'œuvre après présentation d'une planche d'essai modèle, réalisée sur site à la charge de l'entreprise.

6.3.4 - Grave émulsion enrichie

Dispositions générales

La composition de la G.E.E sera proposée par l'entrepreneur au maître d'œuvre à partir des fractions normalisées 0/2 - 2/6,3 - 6,3/14.

Dispositions particulières

Il sera demandé :

- ▶ compacité > 85 %,
- ▶ rapport I/C > 0,60,
- ▶ résistance à la compression à 18 °C, à 14 j après immersion * 2,5 MPa.

La fabrication est effectuée en centrale fixe ou mobile.

Les caractéristiques de la centrale seront précisées par l'entreprise pour validation par le maître d'œuvre.

6.3.5 - Béton de gros cailloux désactivé

Dispositions générales

Les bétons devront provenir d'une centrale à béton agréée par le maître d'œuvre.

Béton de propreté : béton dosé à 150 kg/m³

Armatures en acier pour béton armé conforme à l'article 22 du fascicule 65.

Béton de gros cailloux : béton comprenant des éléments de 40/70 et dosé à 350 kg/m³ avec ajout de fibres de polypropylène.

Dispositions particulières

Le béton sera coulé à la règle et désactivé pour être délavé et faire apparaître les faces des cailloux.

Seuls sont admis les adjuvants et désactivant inscrits à la norme NF Adjuvants ou ceux bénéficiant d'un agrément ou d'une autorisation d'emploi.

6.3.6 - Sols naturels traités en place

Dispositions générales

L'opération consiste à recharger la plate-forme de cheminement pour se conformer au profil du sol naturel. Ils forment une couche d'usure sur des sentiers fréquentés, dans les pentes inférieures à 4 %, quand les matériaux du site sont des graves alluvionnaires ou des graves terreuses.

Le mode opératoire consiste à décompacter par scarification ou bêchage la plate-forme, après élimination des matières organiques résiduelles, et épierrement de la surfacé.

La pénétration de la scarification dans le sol est ajustée au terrain (attention aux affleurements rocheux par exemple) et à l'épaisseur du matériau d'apport pour retrouver le niveau originel. La granulométrie peut être éventuellement corrigée.

Sur le matériau scarifié est épanchée un liant calcique (chaux) : voir article chap. II 2 A ci-dessus. L'ensemble est alors fraisé mécaniquement, le mélange ne doit pas être trop humide : teneur en eau ($10\% < \text{eau} < 12\%$).

Le tout doit être soigneusement nivelé et compacté, selon les profils de pente à rechercher pour l'écoulement des eaux de surfaces.

6.4 Apport de terre végétale pour ensemencement

Dispositions générales

- ▶ l'entreprise assurera une visite préalable avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre pour implanter les ouvrages,
- ▶ elle assurera le piquetage d'implantation qui sera validé par le maître d'œuvre,
- ▶ elle s'assurera de la compatibilité des sols rencontrés et avertira le maître d'œuvre si l'exécution des ouvrages nécessite une modification des plans,
- ▶ les manipulations de déblais et remblais seront effectuées en protégeant la végétation et les ouvrages existants.

Dispositions particulières

À titre indicatif, les valeurs devront se rapprocher de la granulométrie fine suivante :

- ▶ sables grossiers (0,2 à 2 mm) 30 à 35 %,
- ▶ sables fins (0,02 à 0,2 mm) 10 à 15 %,
- ▶ limons (0,002 à 0,2 mm) 30 à 35.

Définir également la composition physico-chimique et chimique souhaitée.

Chapitre 6 - MODE D'EXÉCUTION DES AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS

6.5 Ensemencement végétal

Dispositions générales

L'entreprise aura pris connaissance de la localisation des surface à ensemen- cer sur la terre végétale.

Elle assurera :

- ▶ le roulage pour tassage,
- ▶ le ratissage et le semis croisé des graines avec redouble- ge en bordure sur une largeur de 30 cm environ,
- ▶ le deuxième roulage pour l'enfouissement des graines.

Dispositions particulières

Définir :

- ▶ la composition des graminées de l'ensemencement,
- ▶ les conditions climatiques et podologiques de l'opération.

6.6 Réalisation de gabions

Dispositions générales

Montage et mise en œuvre :

- ▶ la cage de gabions doit d'abord être dépliée sur une surface plane et peu déformable, de façon à ce que toutes ses faces reposent à plat. Les marques de pliage faites en usine pour le conditionnement en fardeaux doivent ensuite être aplanies,
- ▶ les quatre faces latérales et le cas échéant, le(s) diaphragme(s) doivent ensuite être relevés pour former une boîte dont le couvercle reste ouvert. Il convient alors de s'assurer que les hauts des faces et des côtés sont bien au même niveau.

On procédera enfin à la ligature ou à l'agrafage des arêtes verticales et, le cas échéant, des diaphragmes.

Lorsque la cage de gabion, une fois montée, est mise en place dans l'ouvrage, on doit, le cas échéant, appliquer parfaitement ses faces contre celles des gabions adjacents.

- ▶ les cages de gabion seront impérativement liées les unes aux autres sur tout leur pourtour au niveau des arêtes communes. Les ligatures, réalisées par agrafage, doivent être exécutées avec soin, à raison d'une agrafe tous les 8 à 15 cm,
- ▶ pour lier les cages de gabion entre elles, il convient d'utiliser la même technique que celle appliquée au montage d'une cage seule. Il convient, par ailleurs, de les placer de façon à ce que les couvercles se faisant face puissent être liés en une seule opération et d'agrafer autant que possible les arêtes des cages de gabion en cours de montage en englobant celles des gabions déjà en place,
- ▶ après l'assemblage des cages de gabion entre elles par ligature avant leur remplissage, il convient de les mettre en tension par étirement manuel à leurs extrémités.

Remplissage et fermetures :

- ▶ avant le remplissage des cages de gabion, il convient de mettre en place un gabarit de montage destiné à soutenir les faces verticales visibles du gabion. Le gabarit de montage peut être fixé au parement extérieur de la cage de gabion en le ligaturant provisoirement à l'aide de fil de fer, de manière à ce que le grillage de la cage soit bien tendu et plaqué uniformément au gabarit. Le cas échéant, ce gabarit ne doit être déposé qu'une fois le remplissage et la fermeture de la cage de gabion achevés,
- ▶ au cours du remplissage, afin de limiter les déformations de la structure en gabions, il convient de disposer des lits de tirants horizontaux reliant la paroi vue à celle opposée en reprenant sur la paroi vue, deux mailles de 80 x 100 mm. Il convient, par ailleurs, que les espacements entre les lits de tirants soit de 0,33 (h/3) respectivement pour les cages de 1,0 m.

Dispositions particulières :

- ▶ la mise en place des tirants doit être effectuée après la pose du gabarit de montage et par niveau, au fur et à mesure du remplissage de la cage à l'aide des blocs et cailloux ; il convient d'apporter, le cas échéant, un soin particulier à la mise en tension des tirants de façon à ne pas déformer la paroi visible de la cage vers l'intérieur du gabion,
- ▶ la mise en place des blocs et cailloux dans les cages de gabion doit être réalisée avec soin,
- ▶ il convient d'abord de remplir la cage sur un tiers. Le remplissage sur une même épaisseur doit ensuite se poursuivre dans les cages adjacentes avant de procéder à la mise en place de la couche suivante,
- ▶ la mise en place des blocs et cailloux dans les cages de gabion doit être réalisée par étapes et alternativement avec les tirants, en tenant compte de la disposition des tirants horizontaux, et en arrêtant le remplissage sur le haut d'une maille pour faciliter leur attache,
- ▶ l'achèvement du remplissage des cages de gabion doit permettre une fermeture correcte des couvercles,
- ▶ pour la fermeture des cages de gabions, les trois arêtes libres du couvercle doivent être, à l'aide d'une pince de fermeture (sans aspérités ou arêtes de nature à endommager le revêtement du fil), alignées et positionnées en face des arêtes libres des côtés, des faces latérales et des pièces adjacentes, puis ligaturer ou agrafées à celles-ci avec un soin particulier pour les coins.





VII

ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES DES ÉCLUSES



Chapitre 7 - ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES DES ÉCLUSES

7.1 Bollards

7.1.1 - Caractéristiques techniques des bollards

Le bollard sera de type champignon en acier moulé dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ▶ résistance : 15 t,
- ▶ diamètre du chapeau : 20 cm,
- ▶ diamètre du pied du bollard : 10 cm,
- ▶ hauteur du bollard : 30 cm,
- ▶ hauteur du pied de scellement : 30 cm,
- ▶ diamètre du pied de scellement : 7 cm. Le pied de scellement et le bollard seront constitués d'une seule pièce.

Système des peintures

Un thermo laquage en polyester époxy sera appliqué à la couleur Gris RAL 7006, en conformité avec le référentiel des peintures anti corrosion (ACQPA) : système C3 ANI.

En attente de caractéristiques techniques :

- ▶ les feux,
- ▶ les pupitres de commande,
- ▶ les bouées,
- ▶ les cellules photoélectriques et les sondes de niveau d'eau,
- ▶ les marquages peints,
- ▶ les luminaires, les antennes et les caméras.

Quelques directions générales de conception seront suivies pour l'établissement de chacun des dessins

La robustesse dans le tracé et l'usage de l'acier plein dans la matière guidera la conception à caractère industriel de chaque élément.

Le passage des câbles sera conçu et dessiné en même temps que l'objet desservi ou sur lequel il s'accroche.

Un modèle est établi pour chaque objet afin de l'utiliser, dans ses déclinaisons, tout le long du Canal.

L'effet de modernité et de design sera le parti privilégié parmi les différentes hypothèses formelles, rappelant la modernité de la conception initiale du Canal.

7.1.2 - Bollards neufs

On se sert de bollards d'arête et de surface pour arrêter et amarrer un bateau qui entre dans une écluse. Afin de permettre de placer facilement les amarres du bateau sur les bollards de l'écluse, ces derniers sont situés au-dessus des bajoyers, soit sur l'arête, soit à proximité de cette arête.

Méthode basée sur les capacités de résistance

L'effort d'amarrage transmis au quai est borné supérieurement par la plus petite des résistances des organes de liaison et des amarres. Très souvent la capacité de résistance d'un organe de liaison est déterminée en cohérence avec d'une part les capacités de résistance des amarres qu'il est destiné à recevoir et d'autre part les angles d'incidence de celles-ci par rapport au quai ou au bajoyer.

Les valeurs représentatives de l'action de l'amarrage sont déterminées à partir de la résistance des amarres ou de la résistance des organes de liaison.

Résistance nominale des amarres

La résistance nominale des amarres utilisées doit être supérieure aux forces exercées sur un bateau de type péniche Freycinet pour le passage d'une écluse soit une résistance nominale supérieure à 77 kN.

Pour les amarres en fibres synthétiques, leur résistance nominale doit être au moins égale à 1,4 fois la tension habituelle, soit ici 104 kN. On prendra comme valeur théorique de résistance d'une amarre 104 kN.

Forces à reprendre par les bollards

L'élément qui rompt lors d'une charge exceptionnelle doit être l'amarre. Il faut donc que la force reprise par les bollards soit supérieure à la résistance de l'amarre. Ainsi, la force à reprendre par un bollard placé sur une voie de classe I sera au moins de 104 kN.

Compte tenu de l'existence des recommandations ROSR, de l'écart constaté avec les calculs menés selon la méthode des sollicitations naturelles de ROSA2000, et de l'existence d'amarres plus résistantes que celles recommandées par ROSR, il faut donc que la force reprise par les bollards soit supérieure à la résistance de l'amarre (voir CETMEF dimensionnement des bollards).

Dispositions générales

Les prestations préalables de l'entreprise pour la mise en place de bollards neufs comprennent une ou plusieurs visites pour définir les bollards à enlever et le nombre et l'emplacement des nouveaux bollards avec le maître d'œuvre.

À la fin de chaque chantier l'entreprise fournira les plans de recollement d'implantation de la totalité des bollards pour chaque écluse.

Leur positionnement exact est à définir en fonction des caractéristiques du site (éviter par exemple de le positionner sur un joint entre pierres), ou de détériorer les pierres de taille. De même, les points d'amarrage seront réalisés au plus près possible de la pierre de couronnement. Sur les écluses en pierre, il est préconisé de les placer en retrait des pierres de couronnement si la largeur de celle-ci n'excède pas 50 cm. Dans le cas contraire les bollards seront scellés à 40 cm du sas.

Les bollards d'extrémité existant qui conviennent pour les péniches de type Freycinet et les bateaux à passagers seront conservés ainsi que tous les bollards en pierre d'origine. Ces derniers ne seront pas comptabilisés dans les dix bollards à installer obligatoirement.

Tous les bollards qui ne correspondent pas à ces critères seront enlevés et remplacés par des bollards type.

Les emplacements des bollards enlevés seront réutilisés dans la mesure du possible pour mettre en place les bollards type afin de préserver au maximum l'état des maçonneries sur les bajoyers des écluses. Les emplacements des bollards supprimés non réutilisés seront traités avec un mortier de rejointoiement de couleur identique aux maçonneries.

Les bollards déposés seront mis à disposition des subdivisions.

Dispositions particulières

Fixation des bollards

Dans tous les cas les bollards seront fixés par ancrage dans le génie civil ou dans le terre-plein. On réalisera donc soit un carottage dans la pierre de manière à ne pas ébranler les maçonneries soit un ancrage par massif dans lequel on scellera le bollard avec du béton armé. La méthode et le matériel utilisés pour la réalisation des carottages seront soumis à l'agrément du maître d'œuvre. L'enrobage du pied de scellement sera au moins de 5 cm.

Mortier de scellement bollard :

- ▶ 1 volume de chaux NHL 5,
- ▶ 1 volume de ciment 42,5,
- ▶ 2 volumes de granulats 0/5.

7.2 Échelles

7.2.1 - Caractéristiques techniques des cloches d'échelles de sas

La fourniture des cloches d'échelles de sas comprend les prestations suivantes :

- ▶ la fabrication et mise au point des moules nécessaire pour la fonte des cloches,
- ▶ la fabrication des cloches en fonte avec inclusion d'un barreau de 2 cm x 3,5 cm de section suivant les plans fournis par le maître d'ouvrage,
- ▶ la fabrication et la mise au point des moules nécessaires pour la fonte des grilles de sortie,
- ▶ la fabrication des grilles en fonte suivant le plan fourni par le maître d'ouvrage,
- ▶ la livraison des cloches et des grilles en fonte sur le chantier.

7.2.2 - Échelles de sas nouvelles

Dispositions générales

Les travaux envisagés comprennent, en tout ou partie pour chaque site :

- ▶ des travaux préparatoires,
- ▶ la mise en place de l'échelle de sécurité,
- ▶ la mise en place des grilles de sortie,
- ▶ la remise en état du site.

Dispositions particulières

L'entreprise titulaire de la pose des échelles réalisera les prestations suivantes :

- ▶ l'installation et le repli du matériel de forage et de tout le matériel nécessaire à la parfaite exécution du chantier,
- ▶ l'implantation des percements à réaliser,
- ▶ la mise en place et le repli de l'échafaudage,
- ▶ la consolidation si nécessaire avant les forage ; injections rejointoiement,
- ▶ le forage des trous et l'évacuation des déchets,
- ▶ le scellement à bain de mortier des cloches de fonte fournies par le fondeur,
- ▶ la reprise des joints, patine et harmonisation des maçonneries,
- ▶ le traitement du barreau d'acier par deux couches de passivateur agréée par le maître d'œuvre,
- ▶ La fixation et le scellement à bain de mortier de la grille de sortie fournie par le fondeur,
- ▶ les raccords de taille ou de maçonnerie pour ajuster la grille avec les pierres adjacentes,
- ▶ la reprise des joints, patine et harmonisation autour de la grille après scellement,
- ▶ la mise en place des pierres de taille à remplacer suite au carottage,
- ▶ la remise en état du site après travaux.





Démolition, déconstruction, dépose

Matériaux

- ▶ caractéristiques techniques, qualité des matériaux
- ▶ dépose, récupération
- ▶ mortiers, ciments
- ▶ granulats
- ▶ galet

Travaux de maçonnerie

- ▶ pierre, moelons (matériaux, déconstruction, mode opératoire pierres)
- ▶ brique
- ▶ radiers
- ▶ calade
 - 2.2.3** - Spécifications pour les galets
 - 3.1.3** - Piquage de chape sur calade
 - 3.1.5** - Terrassements et tranchées - Saignées d'encastrement
 - 5.3** Calade de galets de récupération ou neufs
 - 5.4** Calade de briques neuves ou en reprise partielle
- ▶ dallage
- ▶ chardonnet

Nettoyage

Installations de chantier

Modernisation

- ▶ réalisation de bollards
- ▶ réalisation d'échelles d'écluses

Éléments métalliques

Forages/injections

Rainures

Joints, rejointoiement, traitement des fissures

Abords

- ▶ sols stabilisés,
- ▶ béton



Préparation de chantier

- mise hors d'eau
- nettoyage, désherbage





