

maintenance - diagnostic - réparation



**ENTREPRISES
GÉNÉRALES DE
FRANCE · BTP**

**RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES
POUR L'EXÉCUTION
DES
REPRISES DE BÉTONNAGE**

Recommandations professionnelles pour l'exécution des reprises de bétonnage

FFB - EGF-BTP

p. 17

Des prescriptions concernant l'exécution des reprises de bétonnage existent dans divers règlements et recommandations. Aucun de ces documents n'en traite de façon complète ; il existe parfois des contradictions entre documents. Certaines prescriptions se perpétuent par tradition alors que des études récentes les remettent en question.

Le présent document traite du problème de façon la plus complète possible, en se basant sur les connaissances les plus récentes, à l'usage tant du chantier que du bureau d'études, de l'entreprise et des maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvres.

Il présente d'abord des recommandations générales, puis traite des reprises de bétonnage courantes en distinguant les cas ordinaires sans exigences particulières de ceux où l'on veut obtenir par exemple une forte rugosité ou une très bonne étanchéité de la reprise. Enfin il traite des reprises particulières quant à l'ouvrage concerné ou la technique de reprise mise en œuvre.

Professional recommendations for the execution of concrete construction joints

(FFB - EGF-BTP)

p. 17

There exist prescriptions about the execution of concrete construction joints in several codes or recommendations. None of these documents deal thoroughly with the subject, and sometimes they are contradictory. Some rules remain established only due to the force of habit though they are questioned by recent studies.

This document deals with the problem as thoroughly as possible, taking as a basis the more recent knowledge. It applies as well to the building site as to the technical office, to the contractor as to the promoter or consultant.

First it gives general recommendations, then it deals with the more usual cases of construction joints, distinguishing between the ordinary cases without special requirement and other cases where, for example, a great surface roughness or a very good tightness is required. Lastly it deals with the construction joints in specific works or with special treatment of the joint.

AVANT PROPOS

Ces recommandations ont été élaborées dans le cadre des recherches réalisées au CEBTP sur financement conjoint de la FFB et du SETRA.

Le groupe de travail et de rédaction était constitué par :

B. FOURÉ	CEBTP
D. POINEAU	SETRA
N. TAKORABET	Consultant / CEBTP
P. VÉZOLE	EIFFAGE et EGF-BTP

Un certain nombre d'organismes et de personnes, dont la liste suit, ont été consultés pour avis :

APAVE	M. TRINH
ATILH	M. LOQUIN
Campenon Bernard – SGE	MM. LINGER, MONACHON
CERIB	M. DE CHEFDEBIEN
CGPC	M. MOREAU DE SAINT MARTIN
CSTB	M. MERLET
Dumez – GTM	M. CUSSIGH
EDF – CEMETE	M. CONTI
EGF – BTP (ex SNBATI)	M. DEVILLEBICHOT
FNTP / Fougerolle	M. GUÉRINET
LCPC	M. LE ROY
SETRA	MM. HAIUN, JAFFRÉ
SIKA	M. DIEZ
SNCF-DOA	M. MARTIN
SOCOTEC	M. PAILLÉ
UNM	M. GROSJEAN
M. Roger LACROIX	

Ceci n'implique aucun engagement de leur part sur le contenu du document.

Ces recommandations sont par ailleurs citées en commentaire de l'article 74.3 (« Reprise de bétonnage ») de la mise à jour du Fascicule 65-A (« Exécution des ouvrages en béton armé ou précontraint ») du CCTG interministériel applicable aux marchés publics de travaux.

Un document justificatif des présentes recommandations (rapport de recherche) peut être obtenu sur demande au CEBTP.

TABLE DES MATIÈRES

0.	INTRODUCTION	4
1.	GÉNÉRALITÉS	4
1.1	Domaine d'application	4
1.2	Structure du document	4
2.	RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES	5
2.1	Emplacements des reprises de bétonnage.....	5
2.2	Autres recommandations générales	5
2.3	Effet de paroi.....	6
2.4	Cas des pièces massives	6
2.5	Cas des couches minces	6
2.6	Bétonnage sur un béton durci chaud ou froid.....	6
2.7	Cure	6
2.8	Vocabulaire relatif aux moyens de traitement des surfaces	7
3.	DISPOSITIONS RELATIVES AUX REPRISES DE BÉTONNAGE COURANTES	8
3.1	Dispositions générales.....	8
3.2	Cas ordinaires	8
3.2.1	<i>Surfaces de reprise horizontales courantes</i>	8
3.2.2	<i>Surfaces de reprise verticales courantes</i>	8
3.3	Obtention d'une rugosité améliorée	9
3.3.1	<i>Préparation d'une surface horizontale de reprise sur béton jeune</i>	9
3.3.2	<i>Préparation d'une surface horizontale de reprise sur béton ancien sain</i>	9
3.3.3	<i>Préparation d'une surface verticale de reprise sur béton jeune</i>	9
3.4	Démolition d'une couche de béton ancien (altéré ou sain)	9
3.5	Obtention d'une très forte rugosité sur des reprises coffrées	10
3.6	Amélioration de l'étanchéité des surfaces de reprise	10
	Tableau synoptique	11
4.	REPRISES DE BÉTONNAGE PARTICULIÈRES	12
4.1	Cas des pieux, barrettes, parois moulées	12
4.1.1	<i>Recépage</i>	12
4.1.2	<i>Reprises de bétonnage dans un plan vertical contre un élément moulé dans le sol</i> ..	12
4.2	Surface de reprise horizontale soumise à des contraintes de cisaillement notables.....	12
4.3	Reprises de bétonnage par dessous.....	12
4.4	Produits d'amélioration du collage	13
4.5	Dispositifs d'étanchéité.....	13
4.6	Reprise sous l'eau	13

0. INTRODUCTION

L'exécution des reprises de bétonnage a fait l'objet depuis très longtemps de diverses recommandations, règles et normes qui, fréquemment, ne faisaient que reproduire des textes antérieurs. Dans quelques textes assez récents, on remarque une évolution sur certains points qui résulte des retours d'expérience ainsi que d'études de laboratoire. Il s'ensuit que divers textes actuellement en vigueur peuvent être en contradiction entre eux sur ces points. Par ailleurs, aucun texte ne traite de l'ensemble des problèmes posés par les reprises de bétonnage. Le présent document propose des recommandations appuyées sur l'état actuel des connaissances et de l'expérience pratique, et qui traitent de l'ensemble des problèmes. Elles résultent de recherches soutenues par la Profession et l'Administration et d'une étude bibliographique justifiant les dispositions proposées.

La prise en compte de nombreux résultats d'études et d'essais conduit à ne plus préconiser, voire à déconseiller certaines pratiques antérieures courantes (à moins de les accompagner de précautions spécifiques).

C'est notamment le cas de certains traitements préalables des surfaces de béton durci (bouchardage, repiquage), de l'humidification préalable, et de certaines dispositions d'amélioration de l'étanchéité.

Le présent texte peut ainsi être en contradiction avec des textes existants.

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. Domaine d'application

Ces recommandations s'appliquent à tous les ouvrages réalisés avec des bétons ordinaires coulés au contact d'un béton durci, lorsqu'une continuité doit être assurée entre les deux bétons, pour des raisons de bon aspect de surface, de comportement mécanique ou d'étanchéité.

Il s'agit de bétons constitués de granulats naturels normaux dont la résistance à 28 jours ne dépasse pas 60 MPa (domaine des règles BAEL91 et BPEL91).

Ces recommandations ne s'appliquent pas aux bétons de granulats légers, aux bétons compactés au rouleau.

Les bétons « autoplaçants » ne sont pas concernés compte tenu du manque de recul d'une part, du fait qu'ils présentent des surfaces brutes de mise en place relativement lisses contrairement aux bétons ordinaires, d'autre part.

Le cas des reprises de bétonnage par projection de béton frais contre un béton durci n'est pas traité dans les présentes recommandations.

Elles s'appliquent à l'exécution d'ouvrages neufs, la réparation et le renforcement de structures existantes en béton, la préfabrication et l'assemblage d'éléments préfabriqués avec un béton coulé en place. Elles ne concernent pas le collage d'éléments conjugués.

Pour les travaux de réparation, des recommandations complémentaires (élimination de volumes importants de béton dégradé, etc.) peuvent être l'objet de documents spécifiques (normes de la série NF P 95-100 et publications du STRESS par exemple).

Elles s'appliquent à la réalisation des éléments structuraux des bâtiments, des ouvrages de génie civil et des ouvrages d'art.

En sont exclus les chapes, revêtements, renformis...

1.2. Structure du document

Le paragraphe 2 présente des recommandations générales.

Le paragraphe 3 traite des dispositions relatives aux reprises de bétonnage courantes. Il s'adresse aussi bien aux exécutants qu'aux concepteurs.

Les indications du § 3.2 (cas ordinaires) s'appliquent à défaut d'indication contraire des documents d'exécution.

Lorsque le concepteur estime qu'il est nécessaire de faire appel à des dispositions particulières autres, il lui appartient de le préciser sur les plans d'exécution des ouvrages.

Le plus souvent, il se réfère à des dispositions décrites elles aussi dans le paragraphe 3. Dans certains cas particuliers, il spécifie d'autres dispositions, qu'il doit alors définir de manière détaillée sur les plans et documents d'exécution.

Le paragraphe 4 fournit au concepteur quelques indications relatives à des reprises de bétonnage particulières.

2. RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES

2.1. Emplacements des reprises de bétonnage

Ils sont normalement prévus à l'avance et indiqués sur les plans d'exécution.

En effet, une reprise de bétonnage peut affaiblir la résistance, favoriser la corrosion des armatures, compromettre l'étanchéité ou poser des problèmes d'aspect. Elle ne peut donc être exécutée à n'importe quel emplacement.

Lorsque des aléas obligent à des reprises imprévues, il est nécessaire soit d'appliquer des dispositions particulières du PAQ, soit de soumettre les dispositions envisagées à l'accord préalable du concepteur.

Un arrêt momentané du bétonnage ne constitue pas une reprise si, au moment du coulage aussitôt après l'arrêt intempestif, l'aiguille vibrante pénètre dans le béton déjà en place sans laisser une empreinte profonde lors de son extraction ; il convient, si le béton en place a déjà acquis une certaine fermeté, de ne mettre en oeuvre dans un premier temps qu'une épaisseur modeste de béton frais et de renforcer la vibration en faisant effectivement pénétrer l'aiguille vibrante dans le béton précédent et en rapprochant les points de vibration.

Dans la plupart des cas, une reprise de bétonnage imprévue est traitée de la même manière qu'une reprise courante. Mais comme elle constitue une singularité structurale, sa position dans l'ouvrage peut exiger des précautions supérieures à celles qu'on prend pour des reprises prévues voisines, voire conduire dans des cas exceptionnels à enlever le béton que l'on vient de couler (opération beaucoup plus aisée au très jeune âge).

Il est vivement recommandé de détecter au stade de l'établissement du PAQ (programme de bétonnage) les cas où un arrêt prolongé du bétonnage impose une démolition, quel matériel devra être utilisé, où devra se faire la reprise et avec quelles précautions.

2.2. Autres recommandations générales

Les précautions usuelles pour éviter la ségrégation et l'emprisonnement des bulles d'air (hauteur de chute réduite, ...) prennent une importance particulière pour les reprises de bétonnage.

Lorsque la reprise a lieu sur du béton frais (avant le temps de fin de prise) le béton rapporté doit être fabriqué avec le même ciment, ou avec un ciment chimiquement compatible avec celui du béton en place.

Les incompatibilités entre ciments sont rares ; c'est le cas entre un ciment alumineux et un ciment à base de clinker lorsque le premier béton n'a pas encore atteint sa fin de prise.

L'étanchéité entre les éléments de coffrage et le béton durci appelle des soins attentifs.

On se trouve en effet dans une zone à effets de parois multiples (coffrage, surface de reprise, armatures, voir § 2.3), pour laquelle existe une tendance à un déficit relatif de mortier que toute fuite de laitance ne peut qu'aggraver.

2.3. Effet de paroi

La présence d'une paroi s'oppose, lors du bétonnage, à l'imbrication des plus gros granulats du béton ; au voisinage immédiat d'une paroi, il est donc nécessaire que le béton comporte une plus grande proportion de mortier qu'en partie courante. Comme les coffrages et les surfaces de reprise, les armatures génèrent un effet de paroi.

Lors de la formulation du béton, sauf spécification particulière, le laboratoire tient compte d'une incidence courante de l'effet de paroi. Néanmoins, dans les zones de reprise de bétonnage, il peut y avoir accumulation d'effets de paroi (surface de reprise, ferrailage avec recouvrements d'armatures, parois de coffrage), et une formulation courante peut tendre à être localement déficiente en mortier.

Dans les cas tels que les tables de compression très minces des planchers « à corps creux », les dalles minces sur prédalles, les potelets et chaînages de liaison entre éléments préfabriqués, les effets de paroi sont tellement importants que le béton mis en oeuvre en partie courante de la structure peut ne pas convenir du tout. Il est nécessaire de mettre en oeuvre dans ces cas un béton formulé en tenant compte de la spécificité de sa destination.

2.4. Cas des pièces massives

Les pièces massives posent des problèmes relatifs aux effets des retraits (thermique, endogène et de dessiccation), notamment du fait de l'élévation de température qui accompagne la prise du béton. La maîtrise de ces phénomènes relève de dispositions qui vont bien au-delà des seules surfaces de reprise de bétonnage.

2.5. Cas des couches minces

Lorsque le béton de reprise est mis en oeuvre en couche mince, des dispositions particulières doivent être envisagées, en particulier en ce qui concerne l'humidification du béton durci et la cure après le nouveau bétonnage.

2.6. Bétonnage sur un béton durci chaud ou froid

La réalisation des ouvrages dans ces conditions demande des précautions spécifiques (voir DTU 21 et Fascicule 65A).

Un béton chaud peut résulter de la chaleur d'hydratation s'il est encore jeune et/ou des conditions climatiques de temps chaud. Il convient en particulier de protéger la surface de reprise de l'ensoleillement. L'humidification peut être nécessaire, mais il faut éviter un arrosage soudain et intense qui créerait un choc thermique dommageable à la qualité du béton de surface.

2.7. Cure

Dans les cas courants, il n'y a pas lieu de pratiquer une cure spécifique des surfaces de reprise de bétonnage. Toutefois, lorsque les surfaces sont soumises à des conditions ambiantes (température, vent et hygrométrie) susceptibles d'entraîner une dessiccation anormale du béton, des dispositions sont à prendre pour réaliser une cure s'opposant à cette dessiccation.

La cure humide d'un béton conditionne le développement de l'hydratation des grains de ciment ; un défaut de cure au jeune âge affecte la résistance mécanique du béton et sa porosité, donc la protection des armatures et la durabilité des ouvrages.

Le défaut de cure affecte la « peau » du béton sur quelques centimètres d'épaisseur sous la surface exposée à l'évaporation.

Les conséquences d'un défaut de cure d'une surface de reprise sont directement dépendantes de l'environnement auquel sera ultérieurement exposé l'ouvrage ; par exemple, les conséquences sont généralement négligeables dans le cas d'une reprise horizontale le long d'un voile intérieur d'un bâtiment d'habitation, tandis qu'elles peuvent compromettre la durabilité d'un mur de soutènement. Le plus souvent, les conséquences d'un défaut de cure restent néanmoins de moindre importance que celles de l'emprisonnement de salissures et bulles d'air le long de la surface de reprise.

La durée de cure est à déterminer en accord avec les critères retenus pour la cure des parements (cf. Fascicule 65A, article 74.6.1) ; dans des conditions d'évaporation intense, elle est d'au moins 24 heures.

Dans le cas d'un parement, la cure pratique est appliquée au jeune âge pendant une durée limitée, de quelques heures à quelques jours. Dans le cas d'une reprise, la

période où le béton reste exposé est limitée à l'intervalle de temps qui sépare la fin de la cure de la surface de reprise du bétonnage de la deuxième partie de l'ouvrage, le deuxième béton rétablissant des conditions de « cœur ».

Selon les dimensions et la configuration de la surface de reprise et en fonction de la gêne apportée par les armatures en attente, plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- surface horizontale de reprise à un niveau inférieur à celui de l'arase des coffrages : après prise du béton, soit typiquement 2 heures après bétonnage avec un béton ordinaire, recouvrement de la surface par quelques centimètres d'eau ; si l'étanchéité des coffrages n'est pas suffisante pour maintenir cette lame d'eau de recouvrement, on la renouvelle périodiquement (en évitant de procéder à une circulation rapide d'eau susceptible d'éroder le béton) ;
- surface horizontale que l'on ne sait pas recouvrir d'une lame d'eau : si la surface est de grandes dimensions et dépourvue d'attentes (ou équipée d'attentes peu émergentes), comme dans le cas d'une prédalle, on peut recourir à une couverture imperméable, ou à une toile de jute mouillée périodiquement ; dans le cas d'un voile ou d'un poteau, une toile de jute plus ou moins roulée et chiffonnée est déposée sur la surface de reprise et mouillée périodiquement ;
- surface coffrée : maintien du coffrage en place.

Ces techniques peuvent être complétées par la mise en place d'écrans protégeant les surfaces de l'ensoleillement et du vent.

Le recours à un produit de cure pulvérisé est conditionné par un nettoyage rigoureux de la surface et des armatures en attente avant bétonnage de la deuxième partie d'ouvrage.

L'application d'un film de produit de cure pulvérisé conduit à un dépôt du produit sur tout ou partie des armatures, produit qui ne doit en aucun cas subsister lors du bétonnage de la deuxième partie, ni sur la surface de reprise, ni sur les armatures, pour éviter des conséquences dommageables sur la résistance du béton et sur l'adhérence des armatures. Le nettoyage des armatures est beaucoup plus difficile à réaliser que celui de la surface de reprise.

Dans les cas où la cure a été réalisée avec une lame d'eau et où de bonnes performances de résistance et/ou d'étanchéité sont nécessaires, il faut s'assurer que la qualité de la couche superficielle du béton n'a pas été affectée par un excès d'eau.

On peut par exemple réaliser des mesures sclérométriques comparatives entre la surface de reprise et une surface de parement coffrée voisine.

Dans les cas où le béton a subi une dessiccation anormale en l'absence de cure, susceptible d'avoir des conséquences dommageables, il faut déposer les deux ou trois centimètres de béton superficiel affectés par le défaut. En les déposant à l'aide des moyens cités plus loin, on se ramène à une surface de reprise sur un béton durci sain.

2.8. Vocabulaire relatif aux moyens de traitement des surfaces

Le texte utilise les termes suivants :

- soufflage à l'air déshuilé
la source est typiquement un compresseur à 0,7 MPa
- soufflage d'air plus eau
le jet d'air fourni par le compresseur se voit ajouter à la lance un débit d'eau qui est ainsi pulvérisé
- eau sous pression
correspond typiquement à l'utilisation d'un « nettoyeur » fournissant une pression de l'ordre de 10 à 15 MPa
- eau sous très forte pression
il s'agit alors de lances d'hydrodémolition, de pression beaucoup plus élevée
- sablage et grenailage
projection de granulats abrasifs par voie sèche
- sablage humide

Certains de ces procédés exigent le respect de dispositions particulières d'hygiène, de sécurité, et de protection de l'environnement : hautes et très hautes pressions (à cause de la puissance du jet, des projections et du bruit), granulats de sablage (à cause du risque de silicose, il faut utiliser des granulats sans silice agrégés), projection par voie sèche (à cause de la poussière), etc.

3. DISPOSITIONS RELATIVES AUX REPRISES DE BÉTONNAGE COURANTES

3.1. Dispositions générales

Lorsque des exigences particulières doivent être satisfaites pour une reprise de bétonnage, les plans d'exécution spécifient les dispositions à prendre. Certaines de ces dispositions sont décrites et commentées dans la suite (§ 3.3 à 3.6).

En l'absence d'exigences particulières, les conditions minimales à respecter pour toutes les surfaces de reprise sont :

- la propreté de la surface de reprise
- l'absence d'eau libre sur la surface de reprise.

L'absence d'eau libre signifie l'élimination des flaques, films ou gouttes d'eau en surface. Elle sera généralement réalisée par soufflage d'air déshuilé.

Une humidification préalable du béton durci n'est pas nécessaire.

La porosité d'un béton durci humide mais non saturé conduit à l'absorption d'une très faible quantité d'eau du béton frais coulé à son contact ; les grains de ciment de la laitance sont filtrés au contact des deux bétons, d'où une tendance à un enrichissement en ciment de l'interface améliorant le collage entre les bétons ; si le béton durci est sec, cette amélioration du collage est sensible.

La réalisation d'une reprise sur un béton humide est évidemment possible (et souvent inévitable, par exemple si l'on a effectué un nettoyage à l'eau), à condition de respecter la condition d'absence d'eau libre. Pour nettoyer une surface de reprise (élimination de poussières, graisses, hydrocarbures, agents de démoulage, produits de cure, etc.), on utilise l'air comprimé déshuilé, un soufflage d'air plus eau, ou l'eau sous pression. Les acides sont proscrits.

Un simple rinçage à l'eau ne peut pas être assimilé à un nettoyage. Lorsqu'il est fait appel à des solvants ou des détergents pour éliminer certaines salissures, un lavage postérieur à l'eau sous pression doit éliminer toute trace de solvant ou de détergent. Un nettoyage à l'eau sous pression ou par soufflage air plus eau relève le degré de saturation du béton support et n'est donc pas favorable au collage, ce qui n'est pas gênant dans les cas courants pour lesquels on ne recherche pas un collage.

Un repiquage ou un bouchardage « à vif » ont pour effets néfastes de déchausser des granulats non éliminés et de microfissurer le béton durci ; ils doivent donc être proscrits, sauf s'ils sont suivis d'un décapage à l'eau sous pression pour éliminer la couche désorganisée.

3.2. Cas ordinaires

3.2.1. Surfaces de reprise horizontales courantes

Il s'agit de reprises de bétonnage selon une surface libre horizontale de béton déjà en place et durci, sans exigence particulière.

Aucune préparation de la surface de reprise n'est exigée si les conditions de propreté et d'absence d'eau libre sont respectées (cf. § 3.1).

Le béton frais placé au voisinage immédiat de la surface de reprise est l'objet d'une vibration soignée. On s'attache à limiter l'importance des bulles d'air qui peuvent être emprisonnées.

3.2.2. Surfaces de reprise verticales courantes

La rugosité résulte typiquement du coulage du premier béton contre un élément coffrant en bois non raboté ou en acier gaufré.

Les surfaces de reprise courantes selon des plans verticaux nécessitent un nettoyage systématique, en vue d'éliminer toute trace d'agent de démoulage et autres salissures. Ce nettoyage relève généralement d'un soufflage soutenu d'air plus eau.

Lors de la mise en place de béton frais contre le béton durci, le béton est déversé à quelque distance et la vibration doit être intensifiée localement pour éviter un emprisonnement de bulles d'air et maîtriser les effets de paroi.

3.3. Obtention d'une rugosité améliorée

La nécessité de la rugosité peut résulter des règles de calcul des ouvrages. Le projeteur doit en mentionner l'existence sur les plans.

Une surface « rugueuse » est généralement caractérisée par des creux ou des reliefs de l'ordre de 5 mm distants de moins de quatre fois leur profondeur (Règles BAEL 91), ou des valeurs du même ordre de grandeur. Cette condition peut, avec certains bétons, être satisfaite par la géométrie de la surface « brute » de mise en place du béton. Sinon, un traitement de la surface est nécessaire.

Les bétons fermes utilisés en préfabrication donnent généralement une surface rugueuse. Par contre ce n'est pas le cas des bétons fluides, en particulier beaucoup de ceux des classes B40 à B60.

3.3.1. Préparation d'une surface horizontale de reprise sur béton jeune

La méthode préconisée est l'utilisation d'un soufflage d'air plus eau après le début de prise, ou l'attaque superficielle à l'eau sous pression sur le béton durci ; un passage rapide enlève la laitance superficielle, une part du mortier, et éventuellement quelques granulats.

L'utilisation de moyens mécaniques (brosses, balais, râpeaux, rouleaux à empreintes, etc.) à un moment où la consistance du béton est appropriée permet d'obtenir des reliefs marqués. Si la méthode conduit à déchausser des granulats, elle doit être suivie, selon le délai après prise, d'un traitement à l'air plus eau ou à l'eau sous pression en vue d'éliminer les granulats pas ou peu adhérents.

Il est aussi possible d'utiliser un désactivant ou un retardateur de prise répandu en surface permettant une intervention par simple lavage. Ces produits exigent des soins attentifs quant à la régularité de leur épandage et le maintien de leur efficacité en fonction des conditions de température.

Leur usage est ainsi plus aisé en usine que sur chantier.

3.3.2. Préparation d'une surface horizontale de reprise sur béton ancien sain

La méthode conseillée est le sablage ou l'eau sous très forte pression, procédés préservant l'intégrité du support. Dans certains cas, la surface brute de vibration d'un béton ferme peut donner une rugosité satisfaisante.

3.3.3. Préparation d'une surface verticale de reprise sur béton jeune

La méthode préconisée est une attaque superficielle à l'eau sous pression.

Comme pour les surfaces horizontales, on peut utiliser un désactivant ou un retardateur de prise, répandu sur le coffrage, dans les mêmes conditions qu'en 3.3.1. Le film de produit ne doit pas être ruisselant pour éviter une accumulation en fond de coffrage.

La solution du grillage ou du métal déployé contre lequel est coulé le premier béton est à utiliser avec précaution, que cet élément soit ou non déposé après début de prise du béton. Il convient en particulier d'adapter la maille du grillage à la consistance du béton utilisé. Si l'élément est arraché après le début de la prise du béton, il faut traiter la surface pour éliminer les granulats déchaussés, par soufflage d'air plus eau ou à l'eau sous pression.

En effet, le mortier du premier béton peut traverser les mailles et former des « polochons » (si la maille est trop grande et/ou si la consistance du béton est trop fluide) ; leurs contacts avec le grillage forment des angles très aigus et de l'air est inévitablement emprisonné lors de la reprise (affectant aussi bien l'étanchéité que la résistance). Si l'on arrache cet élément après début de prise du béton, on provoque des déchaussements de granulats, donc des défauts de résistance et d'étanchéité.

3.4. Démolition d'une couche de béton ancien (altéré ou sain)

Lorsqu'il y a lieu de procéder à une démolition avant reprise, et que l'on souhaite faire appel à des moyens mécaniques en raison du volume important à éliminer, une finition par eau sous pression, voire sous très forte pression, est indispensable, sur une épaisseur d'autant plus importante que l'engin mécanique est puissant (profondeur des fissures du support).

On notera que l'hydrodémolition permet de dégager les armatures existantes en respectant leur intégrité.

3.5. Obtention d'une très forte rugosité sur des reprises coffrées

Une très forte rugosité correspond à des indentations de plusieurs centimètres, dont les facettes doivent de plus respecter une géométrie déterminée lors de la conception. Elle concerne généralement des joints de préfabrication soumis à des cisaillements importants.

Elle est obtenue au moyen de l'organisation de reliefs ("indentations", "clés", "crans"...) sur le panneau de coffrage correspondant (reliefs prolongés ou non jusqu'au parement en fonction des exigences d'aspect).

Un nettoyage visant à enlever les traces d'agent de démoulage est à prévoir.

3.6. Amélioration de l'étanchéité des surfaces de reprise

Lorsqu'il y a lieu d'obtenir une excellente étanchéité de la surface de reprise (réservoir, ambiance agressive vis à vis du ferrailage, etc.), la mise en œuvre d'un certain volume de coulis de ciment refoulé au contact de la surface de reprise par la progression du béton frais est généralement appropriée. Sa mise en œuvre doit s'effectuer selon une procédure parfaitement définie (PAQ), assortie éventuellement d'un essai de convenance.

Par contre, la mise en œuvre d'une barbotine en couche mince appliquée au pinceau ou à la brosse est interdite.

Lors du bétonnage d'un panneau de voile long, un coulis est fabriqué au moyen du même ciment que celui qui entre dans la composition du béton frais, avec 20 à 22 l d'eau pour 50 kg de ciment. Un brassage énergique est nécessaire (turbo-malaxeur conseillé) ; il est également possible d'avoir recours à un superplastifiant (défloculant). Un volume de coulis de l'ordre de la surface de reprise multipliée par une épaisseur de 3 à 5 mm est déversé au centre, juste avant le début du bétonnage ; le béton est ensuite déversé au milieu du panneau et chasse le coulis en excès, qui remonte le long des éventuelles reprises verticales d'about.

Dans le cas d'un poteau ou d'un voile court, on ne peut pas toujours compter sur l'effet de chasse par le béton pour répartir le coulis relativement visqueux sur l'ensemble de la surface de reprise ; il faut alors augmenter la quantité relative de coulis (par rapport au cas d'un voile long) de manière à recouvrir la quasi-totalité de la surface de reprise (sans chercher à atteindre les angles). Le béton frais doit être soumis à une vibration plus soutenue au voisinage de la reprise qu'en partie courante.

Pour un panneau de radier, le bétonnage est conduit depuis le centre vers les bords du panneau ; lorsque le pied de talus du béton frais atteint une surface de reprise contre un panneau voisin de béton durci, un cordon de coulis est déversé, que l'on s'attache à faire remonter régulièrement vers la surface au fur et à mesure de l'apport de béton (que l'on fait prioritairement progresser en point bas où le cordon de coulis tend à s'accumuler).

Le coulis ne remplace pour l'essentiel que des vides d'air et ne compromet nullement la résistance mécanique, bien au contraire.

Une solution préconisée dans certains cas est d'utiliser au voisinage de la surface de reprise un béton enrichi en mortier. Elle est d'emploi malaisé pour les voiles minces (dans ce cas, elle n'est susceptible d'être efficace que pour les reprises horizontales d'un panneau de voile, tandis qu'elle ne permet pas de traiter les reprises verticales d'about). Par contre, cette solution convient bien pour les reprises horizontales de pièces massives (barrages...).

TABLEAU SYNOPTIQUE

Codes des opérations et moyens de traitement mis en œuvre

TS1	soufflage à l'air
TS2	soufflage à l'air plus eau
TS3	eau sous pression
TS4	eau sous très forte pression
TS5	sablage à sec ou grenailage
TS6	sablage humide
MF	moyens mécaniques sur béton frais (brosses, râtaux, rouleaux...)
MD	moyens mécaniques sur béton durci (burin, boucharde ...)
DR	désactivant ou retardateur
G	grillage
K	coffrage à indentations
EL	élimination de l'eau libre
CC	coulis de ciment

Reprises de bétonnages courantes

Cas (et repère du texte)	Orientation de la reprise	EXIGENCES		Etat du premier béton	TYPE DE TRAITEMENT (selon codes)
		Dans tous les cas : propreté et absence d'eau libre			
		Rugosité	Etanchéité		
ORDINAIRES 3.2.1	horizontale	non	non	durci	surface propre : aucun sinon : TS1 ou (TS2+EL)
	3.2.2	verticale coffrée	non	non	durci
RUGOSITÉ AMÉLIORÉE 3.3.1	horizontale	OUI	non	frais durci jeune	TS2 ou (MF+TS2+EL) (TS3+EL) ou (DR+TS3+EL)
	3.3.2	horizontale	OUI	durci vieux ferme(*) durci	(TS4 ou TS5 ou TS6)+EL TS1 ou (TS2+EL)
	3.3.3	verticale coffrée	OUI	durci jeune durci	(TS3+EL) ou (DR+TS3+EL) G + (TS2 ou TS3)+EL
DÉMOLITION 3.4	quelconque	oui ou non	non	durci vieux	(TS4+EL) ou (MD+TS3+EL)
TRÈS FORTE RUGOSITÉ 3.5	quelconque coffrée	OUI	non	durci	K + TS2 + EL
ÉTANCHÉITÉ 3.6	quelconque	non	OUI	durci	TS2 + EL + CC

(*) à l'état frais.

4. REPRISES DE BÉTONNAGE PARTICULIÈRES

4.1. Cas des pieux, barrettes, parois moulées

Ce sont des cas qu'on rencontre de façon courante mais dans des conditions d'exécution particulières.

4.1.1. Recépage

Dans le cas d'éléments moulés dans le sol, l'objectif du recépage est généralement l'élimination d'un volume de béton pollué. Dans le cas d'éléments battus, il s'agit d'une rectification de l'arase.

Pour les éléments moulés, il est préférable d'éviter le recépage en enlevant le survolume de béton pollué dès achèvement du bétonnage (et en protégeant la surface du béton frais contre les salissures). Si le béton est fluide, la rugosité ainsi obtenue correspond aux conditions d'un cas "ordinaire" (§3.2).

Lorsqu'un recépage du béton durci est nécessaire (pieux préfabriqués battus, éléments moulés d'arase plus basse que la plate-forme de travail), si l'on fait appel à des moyens mécaniques, ceux-ci doivent être d'autant moins puissants que l'on s'approche de l'arase finale ; un freinage du béton situé juste au-dessous de l'arase finale limite les altérations provoquées par l'agression mécanique ; mais si la fissuration est considérée comme préjudiciable ou très préjudiciable, une finition à l'eau sous pression est nécessaire.

Ces surfaces de reprise sont très exposées aux salissures, et il faut donc les nettoyer avant le bétonnage des éléments structurels qui les couronnent. Toute trace d'eau libre doit être éliminée.

4.1.2. Reprises de bétonnage dans un plan vertical contre un élément moulé dans le sol

Il faut au moins procéder à un nettoyage soutenu à l'eau sous pression.

Si une rugosité améliorée est recherchée, on utilise l'eau sous très forte pression. A défaut, si l'on fait appel à des moyens de repiquage mécanique, ils doivent être suivis d'une attaque à l'eau sous pression pour éliminer les parties altérées par le repiquage.

4.2. Surface de reprise horizontale soumise à des contraintes de cisaillement notables

De telles surfaces de reprise sont généralement traversées par une densité suffisante d'armatures de couture pour qu'il soit suffisant de prescrire une rugosité améliorée (§3.2).

Cependant, des indentations plus importantes (de l'ordre du centimètre, ou plus) peuvent être obtenues, si c'est indispensable, par l'enfoncement d'éléments de coffrage dans le béton frais. Ces éléments doivent rester en place jusqu'au décoffrage, sauf si le béton est de consistance très ferme. Dans un béton de consistance courante, leur enfoncement est susceptible de compromettre le serrage du béton, alors même que les reliefs peuvent être des zones de faiblesse relative ; une vibration complémentaire après enfoncement est nécessaire.

4.3. Reprises de bétonnage par dessous

Si la surface de reprise en surplomb suit une pente d'au moins 50% sur l'horizontale, moyennant une organisation de la mise en oeuvre d'un béton fluide permettant une vibration soignée, et en faisant appel à un coulis de ciment, on peut éliminer tout emprisonnement d'air.

Pour les surfaces plus proches de l'horizontale, un contact continu ne peut pas être obtenu sans faire appel à des dispositions particulières, objet d'un accord entre concepteur et exécutant, spécifiées sur les plans d'exécution.

La mise en place du béton frais sous pression au moyen d'une « lance noyée », avec des événements judicieusement placés et obturés après écoulement de béton, permet souvent un bon remplissage, mais des bulles d'air de grandes dimensions peuvent rester emprisonnées.

Il ne faut pas perdre de vue que le bétonnage à la lance noyée est susceptible de soumettre les coffrages à des pressions très élevées.

En fonction des exigences à satisfaire, plusieurs procédés peuvent être envisagés :

- laisser délibérément un vide de l'ordre de 5 cm (cas d'un mur en sous-œuvre), qui sera rempli ultérieurement de mortier en consistance de terre humide soigneusement maté.

Des mortiers courants conviennent le plus souvent ; des performances élevées peuvent être obtenues au moyen de mortiers spéciaux. L'utilisation de mortiers spéciaux exige un respect scrupuleux du « mode d'emploi » rédigé par le fournisseur.

- mettre en place avant bétonnage un équipement d'injection destinée à remplir les vides éventuels

Ce procédé d'injection peut s'appliquer aussi à tout type de reprise.

L'injection de collage est une opération délicate, qui doit être rigoureusement organisée : nécessité d'un confinement, d'évents, d'un choix judicieux des points et lignes d'injection successivement utilisés, etc.

Il faut veiller à ne pas colmater un éventuel dispositif de drainage voisin.

Il faut aussi s'assurer que les efforts mécaniques générés par les pressions d'injection sont sans conséquence défavorable, sans perdre de vue que la pression exercée par la pompe d'injection n'est généralement pas représentative de la pression en tout point de l'interface traitée, et que le critère de limitation du volume de coulis de collage (postérieur au remplissage sous faible pression) est souvent plus pertinent que celui de la pression maximale (dans certains cas, on recherche la précontrainte qui découle de cette application de pression).

4.4. Produits d'amélioration du collage

Le respect des conditions de mise en œuvre déjà citées doit permettre d'obtenir un bon collage "naturel" du béton frais sur le béton durci. Les conditions optimales correspondent à un traitement de la surface de reprise par sablage et à un re-bétonnage sur une surface sèche, avec éventuellement l'utilisation d'un coulis de ciment.

La condition de surface sèche étant souvent difficile à obtenir sur chantier, l'obtention d'un bon collage sur un béton humide peut faire appel à l'utilisation de produits d'amélioration spécifiques. L'atteinte des résultats espérés passe toujours par un respect scrupuleux des conditions de mise en œuvre spécifiées par le fournisseur et les normes en vigueur.

Des essais comparatifs ont montré que, dans les conditions optimales, le collage naturel permet de reconstituer le monolithisme, à l'égal de certains produits d'amélioration.

Si le béton durci est humide, un traitement plus intense que celui utilisé pour éliminer l'eau libre (§3.1) est généralement nécessaire pour atteindre la condition de surface sèche.

4.5. Dispositifs d'étanchéité

Des profilés en caoutchouc, PVC ou autre extrudé, ou des feuillards, permettent de réaliser un pontage entre les bétons de part et d'autre d'une reprise de bétonnage. Deux familles principales de profilés sont proposées dans le commerce, placés soit en parement soit dans l'épaisseur du béton ; le choix doit tenir compte des incidences sur l'organisation correspondante du ferrailage, et la plus ou moins grande facilité d'obtention d'un bétonnage irréprochable.

Les cordons hydrogonflants sont susceptibles de conduire à des déboires si l'on ne respecte pas la condition de « mise en place au dernier moment », condition parfois malaisée à respecter (accès au travers du ferrailage, délai de fermeture du coffrage).

En effet, ils sont recouverts d'une pellicule passivante destinée à prévenir leur gonflement au contact du béton frais ; cette pellicule ne joue plus son rôle si le cordon est mouillé trop tôt avant bétonnage. De même, si le béton frais a un début de prise plus tardif qu'un béton courant, le gonflement du joint est susceptible de précéder le durcissement du béton.

4.6. Reprise sous l'eau

La préparation des surfaces de reprise est beaucoup plus difficile qu'à l'air libre : il convient donc d'éviter tous les cas autres que celui de la transmission d'un effort principal de compression.

Pour limiter l'emprisonnement de larges ménisques d'eau, une solution passe par l'envoi préalable d'un coulis de ciment au moyen d'un tube atteignant la surface de reprise, suivi d'une mise en place du béton au moyen d'un tube plongeur descendu au contact de la surface de reprise.

Il va sans dire que le bétonnage est ensuite conduit au tube plongeant effectivement dans le béton.