

## COMMENTAIRES

### Article 6.2)

\* *Pour les parements d'éléments d'ouvrages devant satisfaire à des exigences techniques, p.ex. haute résistance à la pénétration de l'eau, résistance à l'usure, supports destinés au second œuvre, des dispositions particulières peuvent être nécessaires. Il convient de prendre en compte que certains critères de qualité d'aspect ne peuvent pas toujours être garantis pour ces types d'ouvrages (p.ex. : aspect après injection de fissures)*

\*\* *Il est recommandé pour des raisons de conception, de réalisation et économiques, d'adapter le concept architecturale relatif au parement aux possibilités offertes par les outils de coffrage disponibles sur le marché.*

## 6) DIRECTIVES POUR LA PRESCRIPTION ET L'ÉVALUATION DE BÉTON APPARENT

### 6.1) Définition

Le terme béton apparent s'applique aux éléments d'ouvrage dont la surface à l'état fini reste apparente et **pour laquelle des exigences de qualité d'aspect et de forme ont obligatoirement été formulées de façon exhaustive et non équivoque dans le cahier particulier des charges et le bordereau des prix conformément au présent chapitre.**

La **surface d'élément de béton apparent** est désignée par le terme **parement**. Le parement peut avoir été obtenu soit directement après décoffrage soit après traitement de surface du béton coffré ou non coffré.

### 6.2) Eléments de prescription

En dehors de la conformité mécanique et de la résistance du béton aux actions physiques et chimiques, des qualités d'aspect et de forme des parements doivent être définies pour les éléments d'ouvrages en béton apparent.\*

Seuls peuvent être pris en compte pour l'évaluation des qualités d'aspect des parements des critères clairement caractérisés pour tous les éléments susceptibles d'être évalués. La description de ces critères doit être suffisamment exhaustive dans le bordereau des prix et le cahier particulier des charges pour permettre à l'entreprise soumissionnaire d'identifier lors du calcul des prix l'ampleur des dispositions et moyens à mettre en œuvre.

Il doit être tenu compte lors de la prescription de la faisabilité ainsi que de toutes les exigences ayant une incidence sur les coûts et la mise en œuvre. Il convient également de tenir compte des délais nécessaires à la réalisation d'ouvrages en béton apparent, qui sont comparativement plus longs que pour les travaux de bétonnage sans exigences d'aspect.

Les exigences de caractéristiques d'aspect et de forme qui ne peuvent être suffisamment définies au travers de l'énoncé des éléments ci-dessous doivent faire l'objet d'une étude préalable de faisabilité qui sera jointe sous forme d'un rapport au cahier particulier des charges.

L'illustration de critères définis au travers de parements d'ouvrages existants est possible. Ces parements ne pourront néanmoins pas être considérés comme surfaces de références suivant l'article 6.5.

Les éléments suivants sont plus particulièrement à spécifier :

- type et exigences relatives à la qualité de parement conformément à l'article 6.4 – Définition de la qualité d'aspect et de forme du parement – ;
- indications géométriques et caractérisation des surfaces dans un plan de calepinage \*\* :
  - indication de la géométrie, des dimensions, de la découpe des panneaux et peaux de coffrage, des éléments de compensations et autres éléments de coffrage tels que pour les rives, angles, saillis, retraits, réservations, etc. ;
  - calepinage des éléments de fixation des peaux de coffrage ;  
Le cas échéant, l'absence d'empreintes des éléments de fixation des peaux de coffrage (têtes de clous, de vis, etc.) est spécifiée dans le cahier particulier des charges et fait l'objet d'une position distincte dans le bordereau des prix.
  - positions, diamètre(s) et type(s) de trous d'ancrage ;  
une représentation de la forme géométrique des trous d'ancrage et de leur obturation à l'échelle 1:2 est à joindre ;
  - position, géométrie, dimensions et qualité des baguettes d'angle ;
  - position, géométrie, dimensions et qualité des joints de dilatation, de retrait, de rupture et de tassement, des joints d'étanchéité et des joints de reprise de bétonnage ;

## COMMENTAIRES

### Article 6.2)

\*\*\* Exemples de travail de surface à l'état frais :

- brossage, talochage ; lissage, ...

Exemple de travail de surface à l'état durci :

- désactivation, lavage à l'acide, sablage, bouchardage, ponçage, polissage, ...

\*\*\*\* Exemple de traitements de surface :

- peintures, lasures, hydrofuges, algicides, fongicides, anti-graffitis, ...

\*\*\*\*\* Dans le cadre de la réalisation de parements, la collaboration de l'ensemble des intervenants au sein d'une équipe est garantie du résultat. Il est dans ce sens recommandé de documenter les responsabilités techniques des différents intervenants dans le P.A.Q.

Sont en général concernés :

- la Direction des Travaux
- l'architecte
- l'ingénieur-conseil
- le technologue du béton
- l'Entrepreneur
- le producteur du béton

\*\*\*\*\* Sont e.a. concernées les exigences dimensionnelles minimales pour les voiles respectivement les colonnes en fonction de l'enrobage des armatures, des contraintes du ferrailage et de la possibilité d'une mise en œuvre correcte du béton.

**Exemple pour le dimensionnement minimale d'un voile en béton armé de cat.2 (XC4 ;XF1) permettant une mise en œuvre correcte du béton :**

#### Enrobage des armatures suivant T.2.9) 1

extérieur  $c_{nom} = 4,0 \text{ cm}$  (XC4,  $d_s \leq 25 \text{ mm}$ )  
intérieur  $c_{nom} = 2,0 \text{ cm}$  (XC1,  $d_s \leq 10 \text{ mm}$ )

#### Ferrailage : 2 treillis Q335 A

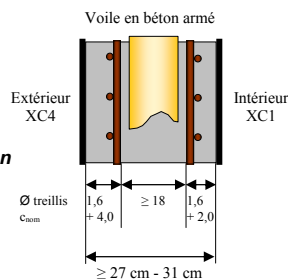
2 x 2 x 0,8 cm = 3,2 cm

#### Limitation de la hauteur de chute par insertion d'un tuyau de bétonnage ou d'une goulotte

18 cm – 22 cm

#### Épaisseur total du voile :

27 cm – 31 cm



- texture du parement ainsi que nature et qualité de la peau de coffrage conformément à l'article 3.4 - Nature et qualités des peaux de coffrage - ;
- teinte du parement ;
- travail en surface à l'état frais ou durci du parement \*\*\* ;
- traitements de surface du parement\*\*\*\* ;
- surfaces d'essais et de référence conformément à l'article 6.5 – Surfaces d'essais et surfaces de référence –
- critères et modalités d'évaluation conformément à l'article 6.6 – Evaluation des parements – ;
- procédés de ragréages et de réparation ;
- nettoyage, protection et entretien des parements (v. également chapitre 7 - Nettoyage et protection des surfaces de béton après réalisation -).

Le bordereau des prix mentionnera séparément pour chaque qualité de parement en  $\text{m}^2$  :

- les surfaces coffrées ;
- les surfaces non-coffrées à travailler et/ou à traiter ;
- les surfaces de parement à travailler et/ou à traiter ;
- les surfaces à protéger et/ou à entretenir
- les surfaces à nettoyer ainsi que les moyens et procédés de nettoyage

Le bordereau des prix mentionnera séparément pour chaque qualité de parement en  $\text{m}^3$  :

- la quantité et la qualité de béton à mettre en œuvre

**Il appartient au maître de l'ouvrage et à la maîtrise d'œuvre de décrire de façon exhaustive et non équivoque le résultat à obtenir.**

**Il relève de la responsabilité de l'Entrepreneur de mettre en œuvre tous les moyens et dispositions nécessaires afin de permettre l'obtention du résultat spécifié et de documenter ceux-ci dans le P.A.Q.\*\*\*\*\***

A cette fin les travaux de bétonnage (coffrage ; ferrailage ; mise en œuvre du béton ; décoffrage ; cure ; protection et nettoyage ; travail et traitement de surface le cas échéant) sont à exécuter par du personnel qualifié.

On entend de manière non exhaustive par personnel qualifié :

- personnel formé à la mise en œuvre de l'outil de coffrage spécifique au marché ;
- personnel informé des exigences requises concernant la qualité de parement prescrite et des moyens à mettre en œuvre afin de satisfaire à ces exigences ;
- personnel impliqué dans la réalisation des surfaces d'essais ;
- personnel encadrant bénéficiant d'une expérience dans la réalisation de parements de qualité similaire ;

Il peut également être nécessaire de recourir à une main d'œuvre qualifiée e.a. dans le domaine de la menuiserie et de la chaudronnerie.

La géométrie et les dimensions des éléments d'ouvrage en béton apparent doivent permettre de garantir un ferrailage conforme des éléments armés, un recouvrement suffisant des armatures conformément à l'article 2.9 – enrobage des armatures -, une mise en œuvre conforme du béton. La géométrie et les dimensions seront donc évaluées lors de la conception en tenant compte de la faisabilité, de la qualité d'aspect et de forme exigée et des critères de durabilité afin de restreindre les risques de non-conformité lors de la réalisation \*\*\*\*\*.

**Recommandations pour la spécification d'une catégorie de béton :**

De façon générale, les catégories de béton du tableau T.6.2) 1 sont déterminées à titre indicatif pour des voiles en béton armé apparents. Les bétons de catégories supérieures étant plus difficile à maîtriser en terme de qualité de parement, **il est contreproductif de choisir une catégorie supérieure à celle réellement nécessaire !**

Il est rappelé que **des classes de résistance supérieures** (p.ex. nécessaires suivant calcul statique) à la classe de résistance minimale imposée (garantissant la durabilité) **peuvent être choisies pour une même catégorie.**

Tableau T.6.2) 1 Catégories de béton typiques pour voiles en béton armé apparents

	1	2	3	4
	Environnement	Classes d'exposition	Catégorie de béton	Classe de résistance minimale
1	<b>Voile intérieur</b> (taux d'humidité normale en habitation)	XC1	Cat. 1	≥ C20/25
2	<b>Voile extérieur abrité de la pluie</b> (passage couvert, hall ouvert)	XC3, XF1	Cat. 2	≥ C25/30
3	<b>Voile extérieur</b> (extérieur soumis aux intempéries ; intérieur isolé thermiquement)	XC4, XF1 (intérieur XC1)	Cat. 2	≥ C25/30
4	<b>Voile extérieur</b> (2 faces extérieures)	XC4, XF1	Cat. 2	≥ C25/30
5	<b>Voile extérieur soumis à des projections contenant des agents de déverglaçage</b> (zones de circulation routière)	XC4, XD1, XF2	Cat. 3	≥ C30/37

## COMMENTAIRES

### Article 6.3.1)

- \* *L'apparition d'exsudations (précipitation d'hydroxyde de calcium sous forme de carbonate de calcium) est liée aux conditions d'humidité dans lesquelles se trouve l'ouvrage. Il est possible de limiter l'apparition des exsudations sur béton jeune (exsudations primaires) en empêchant la formation d'un film d'eau sur le parement (eau de pluie, de ruissellement, de cure, de condensation, etc.) jusqu'à durcissement suffisant et carbonatation homogène de la surface. Les exsudations secondaires (après durcissement) peuvent apparaître par délavage intérieur du potentiel d'hydroxyde de calcium disponible après hydratation du ciment. Ce délavage se fera par infiltration d'eau au droit d'imperfections structurelles (cavités, petites fissures). Les exsudations secondaires peuvent être limitées par application d'un hydrofuge de surface. Les hydrofuges doivent être non pigmentés et résister aux alcalis des ciments et aux rayons UV. L'application d'un traitement de surface doit faire l'objet d'une étude préalable conformément aux dispositions de l'article 6.5 – Surfaces d'essais -. Des dispositions particulières peuvent être prescrites dans le cadre du chapitre 7 – Nettoyage et protection des surfaces de béton après réalisation -.*

### Article 6.3.2)

- \* *En cas d'exigence d'absence **totale** de traces de rouille en sous face d'éléments horizontaux, il convient de prescrire l'utilisation d'armatures et de fils de ligature inoxydables, galvanisés ou traités anti-corrosion conformément à l'article 2.12 – Protection anti-corrosion.*

### 6.3) Faisabilité

L'ensemble des exigences relatives à la qualité d'aspect et de forme prescrite doit être techniquement et économiquement réalisable. Toutes les contraintes technologiques et constructives doivent être prises en compte lors de l'évaluation de la faisabilité. Le cas échéant, une étude préalable de faisabilité est à effectuer et à joindre sous forme d'un rapport au cahier particulier des charges. L'étude de faisabilité doit être effectuée avant la soumission des travaux concernés et ne peut être substituée par les essais préalables destinés à la vérification de la conformité aux prescriptions du marché tels que décrits à l'article 6.5 – Surfaces d'essais.

Par définition, la logique constructive (p.ex. marques d'arrêt et de reprise de bétonnage, rythme du calepinage), le processus de mise en œuvre (p.ex. variations des conditions climatiques, tolérances) et les caractéristiques intrinsèques du béton (p.ex. caractère composite : mélange hétérogène de matériaux d'origine naturelle, porosité, tolérance de production) restent visible dans les parements bruts de décoffrage. Ces contraintes sont à intégrer dans la conception d'ouvrages en béton apparent.

Les limites de faisabilité sont définies ci-après de façon représentative :

#### 6.3.1) Caractéristiques dont l'atteinte ne peut techniquement être assurée

- teinte homogène de tous les parements de l'ouvrage ;
- absence de porosité ;
- structure poreuse régulière sur le parement d'un élément d'ouvrage respectivement sur l'ensemble des parements ;
- absence de bullage sous les parties horizontales des mannequins, autres réservations, coffrages en retour ou saillies et contre-coffrages
- absence totale d'exsudations \* ;
- joints de coffrage et de reprise de bétonnage invisibles (absence de variation de teinte et de texture).

#### 6.3.2) Ecart qui peuvent être évités de façon restreinte

- légère nuance de teinte entre couches successives de béton ;
- accumulation de pores (bullage) en partie supérieure d'éléments verticaux ;
- empreintes isolées d'armatures ou de gros granulats ;
- légères pertes de laitances au droit des joints, trous d'ancrage, etc. ;
- légers effets de ressuage ;
- auréoles et marmorescences ;
- traînées isolées de chaux (exsudations) et de rouille sur surfaces verticales ;
- traces isolées de rouille en sous faces d'éléments horizontaux \* ;
- petites ébréchures et légères pertes de laitance sur les arêtes vives.

Les écarts cités ne peuvent être acceptés que s'ils sont inhérents aux aléas technologiquement non maîtrisables des travaux de bétonnage et que si leur apparition est limitée de telle façon qu'ils n'entravent pas l'aspect général de l'ouvrage.

## COMMENTAIRES

### Article 6.3.3)

- \* *Sont considérées comme importantes les pertes de laitance entraînant la mise à nu du squelette granulaire.*

### 6.3.3) Désordres techniquement évitables

- Nids de graviers ;
- couches hétérogènes et/ou marquées de façon prononcées ;
- accumulation de traces de rouille sur parties verticales et de traces de rouille sur parties horizontales laissées par des chutes d'armatures et de fils de ligatures ;
- coulées de mortier dues à un défaut d'étanchéité des joints de reprise ;
- calepinage aléatoire ou irrégulier des trous d'ancrages ;
- arêtes irrégulières dues à l'utilisation de baguettes d'angle inappropriées, déformées ou abîmées ;
- désaffleurs de > 5 mm entre éléments de coffrage et de > 10 mm entre joints de reprise et au droit des raccords avec des éléments d'ouvrage existants ;
- pertes de laitances importantes\* au droit de joints de coffrage, de raccords et de trous d'ancrage ;
- ressuyages importants ;
- différences de qualité de surface relatives à la teinte et/ou à la texture dues au non respect de dispositions technologiques et/ou constructives et/ou de mise en œuvre maîtrisables.  
Ces différences (p.ex. fortes marmorescences ou auréoles marquées) peuvent entre autres être dues à la nature, à la qualité, au traitement préalable des peaux de coffrage, à un stockage, un nettoyage, un entretien inappropriée des coffrages, à l'application inadaptée resp. à l'utilisation d'agents de décoffrage inadaptés, à un terme de décoffrage aléatoire, à un nettoyage absent ou inapproprié du coffrage avant bétonnage, à un changement de constituants dans la composition du béton, à des méthodes de cure inadaptées ou aléatoires, etc ;
- rebouchage inapproprié ou irrégulier des trous d'ancrages.