

L'ESPLANADE DES GUILLEMINS

PERFORMANCES TECHNIQUES
ET ESTHÉTIQUES DES BÉTONS

INFRASTRUCTURE | NOVEMBRE 2014

- DALLES DE BÉTON PRÉFABRICÉ
- BÉTON ARMÉ CONTINU
- REVÊTEMENT DISCONTINU

BB/5/B	
(94)	12





LE BÉTON EN MILIEU URBAIN GÉNÉRALITÉS

Le béton est un matériau aux qualités multiples, capable de combiner performances mécaniques, environnementales et esthétiques propres aux revêtements extérieurs.

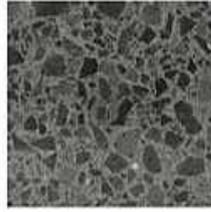
- **Robustesse** : résistance aux sollicitations statiques, dynamiques mais aussi à certaines agressions chimiques.
- **Peu d'entretien**, dans la vie d'un ouvrage, sa réalisation est très peu de chose. D'où la nécessité de limiter les coûts d'entretien au maximum.
- **Durée de vie** : supérieure à 30 ans.
- **Sécurité** : surface structurée et claire pour une adhérence et une lisibilité maximales.
- Entièrement **recyclable** par simple opération de concassage sur site, le béton a une empreinte écologique réellement limitée.
- Types de mise en œuvre variés pour des résultats **performants diversifiés** et à un **budget adaptable**.

En parallèle avec le développement des techniques et du savoir, la qualité des réalisations en béton s'est améliorée significativement (acoustique, adhérence, résistance gel/dégel et Réaction Alcali-Silice) et les applications se sont considérablement diversifiées jusqu'à occuper largement aujourd'hui, et avec raison, l'espace public sous des formes très diversifiées.

En bref, les avantages :

- revêtement résistant et liberté formelle en béton coulé en place,
- pavés, dalles, bordures et caniveaux, les réalisations préfabriquées modulables offrent un fini de surface garanti par le producteur et sont rapides à mettre en œuvre.

La force du béton, c'est aussi la multitude de coloris et de finis de surface disponibles.



OPFERLEICA



Depuis la construction des premiers centres urbains, le développement des espaces publics dans les villes et les communes constitue une préoccupation majeure. Outils fonctionnels dans la gestion de la mobilité, ils sont aussi espaces de rencontre entre citoyens et visiteurs d'un jour. Les espaces publics évoluent au cours du temps et s'adaptent aux nouveaux modes de vie et de transport. La voiture, désormais accessible au plus grand nombre, a littéralement envahi les centres urbains et, en parallèle, le développement des infrastructures de transport en commun et de la mobilité douce est sur le devant de la scène.

La qualité d'un espace public se définit d'abord par le respect de la sécurité et du confort de ses usagers. Tant pour les espaces de circulation automobiles que pour les lieux réservés aux piétons, le revêtement se doit d'être résistant, propre et agréable. Au même titre, les infrastructures destinées au trafic lourd doivent être performantes et robustes. En l'occurrence, l'adhérence du revêtement, la bonne évacuation des eaux et la résistance au gel et aux agents de déneigement sont autant de critères concrets garantissant longévité et qualité à ces dispositifs. En outre, la qualité des espaces de mobilité douce passe aussi par le valeur esthétique de l'espace, en complément aux performances mécaniques et de durabilité.

L'enjeu de l'aménagement des espaces urbains est donc l'équilibre à trouver entre forme, esthétique, fonctionnalité, résistance et pérennité.

GARANTIE DE DURABILITÉ

La certification est un gage de qualité, mais n'est pas la seule assurance d'un ouvrage pérenne.

- Qualité du revêtement : choix des matériaux
- Qualité de conception : prescription de performances techniques et esthétiques, détails de conception
- Qualité de réalisation : mise en œuvre maîtrisée, adaptée et méticuleuse
- Qualité d'entretien : la vie du revêtement en dépend également

ESPLANADE DES GUILLEMINS LE PROJET

C'est en 1999 que l'architecte urbaniste Claude Strebelle dépose un schéma directeur pour le remodelage du quartier autour de la gare des Guillemins dont le projet avait, trois ans plus tôt, été confié à Santiago Calatrava. Ce document, qui trace les grandes lignes de l'évolution du site depuis la colline de Coître jusqu'aux bords de Meuse, s'est notamment concrétisé par un appel d'offres international pour la conception d'une place devant les nouvelles installations ferroviaires, appel que le bureau Dechur Architecture, en association avec Ney & Partners, l'Atelier 4D et l'Agence TER, a remporté en 2003.

FICHE TECHNIQUE

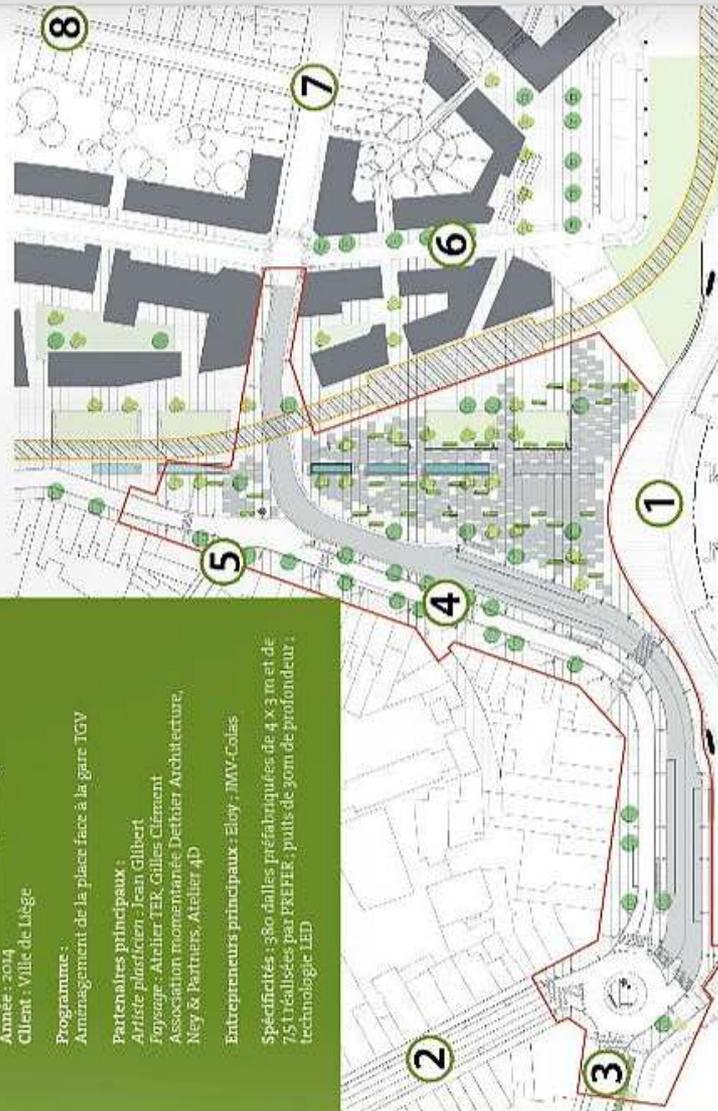
Localisation : Rue Paradis, 4000 Liège
Année : 2014
Client : Ville de Liège
Programme :
Aménagement de la place face à la gare TGV
Partenaires principaux :
Artiste plasticien : Jean Gilbert
Paysage : Atelier TER, Gilles Clément
Association temporaire : Dechur Architecture, Ney & Partners, Atelier 4D

Entrepreneurs principaux : Eloy ; JMV-Coles

Spécificités : 380 dalles préfabriquées de 4 x 3 m et de 75 l'alésées par PREHER, puits de 30m de profondeur, technologie LED

La place des Guillemins a été achevée en 2014. Elle témoigne non seulement de la prise en compte des nombreuses et très hétéroclites questions posées par ce type d'aménagement mais également d'une vision urbanistique globale. En effet, les architectes ont d'emblée conçu cet espace comme un point de départ pour des aménagements ultérieurs destinés à revaloriser l'ensemble du quartier.

Il a donc fallu plus de dix ans, le dépôt de trois permis d'urbanisme, de nombreuses phases de conciliation entre les différents intervenants (Eurologge TVG, TEC, Ville de Liège, SRWT...) ainsi que de sévères réajustements budgétaires pour faire aboutir le projet.



- 1 Gare Liège-Guillemins
- 2 Rue des Guillemins
- 3 Rue de l'Épave
- 4 Rue Paradis
- 5 Rue de la Poste
- 6 Rue Boyy
- 7 Rue de Sclessin
- 8 Rue Albert de Cotte

- Limite de la place réalisée
- Voie piétonne
- Voie tram



©Dechur Architecture

Située entre la rue des Guillemins, la rue Boyy et la jonction des rues de Serbat et de Sclessin, la place définit une forme triangulaire ouverte en direction de la Meuse. Ses développements formels, en particulier le calcul des galeries et le placement des matériaux, tendent à lui conférer une unité qui renforce sa présence urbanistique et son rôle d'élément de cohésion envers son environnement. Cette préoccupation se traduit notamment par la définition d'une trame parallèle à celle de la gare, visible dans la disposition des joints de calepinage des revêtements de sol. Les traditionnels pavés des trottoirs s'allient avec les dalles de béton et s'allègent dans un dégradé jusqu'au centre de la place, rejoignant ainsi les différences de niveaux. Les zones pavées permettent un accès plus facile aux divers impérialis situés sous le revêtement.

Sur le plan fonctionnel, l'esplanade a été voulue comme un espace polyvalent et flexible. En plus d'assurer la fonction de lieu de rassemblement, le site se présente surtout comme un carrefour de circulations multimodales avec toutes les conditions contemporaines d'efficacité et de sécurité. Les différents moyens de transport (train, vélo, bus, tram) qui connaissent ici des fréquences élevées s'y trouvent connectés et intégrés dans des séquences cohérentes et fluides. Il est également question de confort. L'emploi des grandes dalles de sol facilite le passage des nombreux usagers munis de valises. Réalisées en béton désactivé, elles ont été préfabriquées en atelier pour assurer une finition et une homogénéité de surface de haute gamme.

Les architectes ont traité avec un soin particulier l'ensemble des circulations piétonnes structurées par l'implantation du végétal et la présence de trois bassins, animés de vagues. Un parterre de jets aléatoires ajoute une dimension supplémentaire à la convivialité du lieu.

Étudié en collaboration avec le paysagiste Gilles Clément, les aménagements verts comprennent des pelouses plantées de rosiers, des prunus, des magnolias kobus, des sophoras du Japon, ainsi que de nombreux espaces plantés de bambous (550 sujets répartis dans 31 zones distinctes).

Une attention particulière a été portée à l'éclairage, principalement basé sur la technologie LED, utilisée pour la première fois dans un projet de telle ampleur à Liège. Les signaux ponctuant les deux extrémités de la place (le rond-point et le carrefour rue de Serbat/rue de Sclessin) ont été étudiés en collaboration avec l'artiste bruxellois Jean Gilbert. Les mâts d'éclairage routier très bas ainsi que la disposition des sources lumineuses au sol créent une animation visuelle qualitative, à dimension résolument humaine. Mais surtout, ils favorisent l'intégration des différentes expressions architecturales en présence, et en particulier la gare de Calatrava qu'ils participent, sans effet ostentatoire, à mettre en valeur en la rattachant à son contexte.



©George Biron



©HEBELISA



©HEBELISA

L'ESPACE PUBLIC

I. DALLES PRÉFABRIQUÉES

1. CONCEPTION

Les dalles de béton préfabriqué qui composent le revêtement de l'esplanade sont de grande taille (12 m²) et ont été manufacturées spécialement pour le projet des Guillemins, face à la blancheur de la gare dessinée par Calatrava, le revêtement de l'esplanade veut créer le contraste. Le choix des dalles de béton avec une tonalité sombre s'est donc rapidement imposé. Le traitement de surface est un béton lavé mettant en valeur les granulats à dominante forcée. Le revêtement évolue dans le temps et les architectes en ont également tiré parti. Homogène par temps sec, les dalles retrouvent leur brillante une fois humides. Touchés d'un rayon de soleil, les granulats de quartz étincellent, en plus de donner aux dalles un léger mouchetaie, permettant d'effacer l'empreinte du temps (ex: salissures, etc.).

Les éléments de béton préfabriqué sont largement utilisés en revêtements destinés aux espaces publics. Le contrôle des conditions de mise en œuvre et de maturation du béton, la consistance des mélanges et la précision dimensionnelle en font un produit stable offrant un aspect régulier et une réelle garantie du fini de surface. Favorisant une mise en œuvre rapide et aisée, les produits de béton préfabriqué comprennent usuellement les pavés classiques, le mobilier urbain, les systèmes d'égouttage mais aussi les encadrements d'arbres et bacs à fleur de formes et de grandeurs diverses.

BÉTON PRÉFABRIQUÉ AVANTAGES

- Garantie d'aspect et homogénéité
- Accès facile aux impératifs
- Mise en œuvre simplifiée
- Variétés dans les applications, les formes et les couleurs.

Ochser Architecture



©FEBELCIA

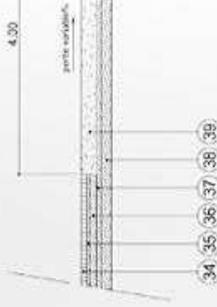
EVACUATION DES EAUX

La garantie d'un revêtement de qualité va de pair avec un système performant d'évacuation des eaux de pluie. En effet, outre les gênes causées pour les utilisateurs du fait de la présence d'eau stagnante, les dégâts dus à un mauvais drainage de la surface compromettront nécessairement la durabilité du revêtement. Dans la gestion des eaux de pluie, trois catégories d'écoulements sont à distinguer : les eaux de surface, l'eau infiltrée et l'eau ascensionnelle. Typiquement, les dégradations causées par la présence d'eau en surface ou au cœur de la structure peuvent être de plusieurs natures. Mais dans tous les cas, ces dégâts compromettent l'intégrité de la surface du revêtement. En combinaison avec les effets des cycles de gel-dégel, l'écaillage en est un exemple. Une érosion de la fondation peut également causer un battement de dalle rendant ainsi la surface peu praticable – en particulier par les usagers les plus faibles. En effet, la teneur en eau influence négativement la portance de la structure du sol, et donc celle de la fondation. L'évacuation des eaux est dès lors un paramètre essentiel dont il faut tenir compte dans la réalisation de revêtements, et ce dès la conception.

Les dispositifs mis en place sur ce projet grand de 8000 m² garantissent une gestion efficace des eaux. En voici quelques uns :

- un revêtement imperméable :
 - › revêtement en béton riche ;
 - › imperméable naturellement ;
 - › scellement des joints de qualité ;
 - › contribue à limiter autant que possible la pénétration de l'eau à travers les interstices tels les joints.
- Un entretien régulier de ceux-ci constitue également un gage de durabilité de la structure complète ;
- pente transversale de min. 2 ‰ sur l'entièreté de la surface pour une évacuation des eaux de ruissellement la plus rapide possible ;
- un système de collecte des eaux effacé :
 - › nombre suffisant d'avaloirs et caniveaux et emplacement adéquat. A cet effet, chaque obstacle (bassins, fosses à barboues, etc.) agit comme collecteur des eaux de ruissellement, et ce dans une logique de recroisement de l'entièreté de la zone.

4,300



34 35 36 37 38 39

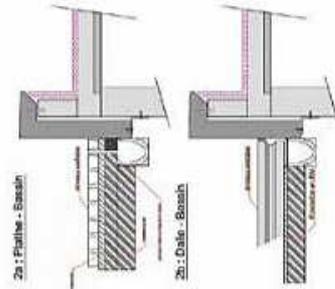
COUPE TRANSVERSALE

- 34 - Minceur en pavés de pierre pour lame plein surélevage, système hauteur de queue, 10,4 cm
- 35 - Revêtement en pavés de pierre, supplément pour couche de pose en polypos 24 ou en plan 24
- 36 - Fondation en béton massif type 1-Episcieur, E=1,0cm
- 37 - Supplément pour couche de pose en revêtement tassé (de calibre 2/5) ou 2/8-Episcieur, E=0,2cm
- 38 - Fondation en béton massif type 1-Episcieur, E=1,0cm
- 39 - Dalles de béton préfabriquées 2,7m x 2,7m, joint creux.



©FEBELCIA

2a: Plaque - Bassin



2b: Dalle - Bassin

©FEBELCIA

2. PHASE TESTS, PRÉ-ÉTUDES ET CONTRÔLE

Les dalles destinées à l'espace public ont été fabriquées en usine spécialement pour ce projet. Un total de 380 dalles de dimensions identiques ont donc été produites en série limitée. Le travail en amont a été important et a permis de développer la meilleure qualité de surface pour ces dalles. Les compositions ainsi que tous les détails ont donc fait l'objet d'un travail de recherche conséquent, mené par une équipe pluridisciplinaire.

Le cahier spécial des charges a la particularité de prescrire le béton sur composition. En comparaison à une prescription basée sur les performances mécaniques et de durabilité du béton (plus répandue via la certification BÉNOB), la prescription sur composition a l'avantage d'être précise. Tant en phase d'avant-projet que durant la mise en œuvre, plusieurs paramètres clés ont donc été testés, étudiés et contrôlés par les architectes, en étroite collaboration avec les équipes d'ingénieurs, de producteurs et d'entrepreneurs.

L'objectif est de mettre au point une composition capable de matérialiser l'aspect de surface imaginé en termes esthétiques tout en répondant à toutes les exigences de résistance mécanique et de durabilité requises. L'exercice est complexe et plusieurs compositions ont donc été testées. Les variables étaient par exemple : origine du granulat, pourcentage de pigment, courbe granulométrique. La mise au point du procédé de fabrication ainsi que de la composition aura duré environ 6 mois. En effet, l'équation capable de trouver l'équilibre entre tous les critères peut s'avérer complexe. Toute exigence esthétique est, entre autres, dépendante du type de composition. En fonction du choix et de la disponibilité des matières premières les composants doivent être choisis en adéquation avec les performances mécaniques et de durabilité, mais aussi en fonction de la méthode de mise en œuvre.

ORIGINE DES GRANULATS

La couleur et la forme des granulats sont les paramètres qui influencent le plus l'aspect esthétique de surface du béton démodé. En complément, d'autres facteurs confèrent au revêtement un ensemble de caractéristiques complémentaires, toutes aussi importantes telles la rugosité ou encore la résistance au gel. Les exigences peuvent porter sur les aspects suivants :

- non-géhyvité du granulat;
- les granulats roulés présentent un risque d'une surface plus glissante. Les granulats concassés sont donc à préférer (coefficient d'aplatissement).

COURBE GRANULOMÉTRIQUE

L'origine des granulats n'est pas seule à conférer au béton ses caractéristiques finales esthétiques, de résistance et de durabilité. Ces propriétés sont également, et en grande partie, déterminées par la courbe granulométrique du matériau merle, c'est-à-dire la répartition et la quantité des différents calibres. Ainsi, le dosage plus ou moins important de certaines fractions influence l'aspect de surface.

En l'occurrence, le choix du diamètre du plus gros granulat – appelé Dmax – a, en plus de l'influence sur l'aspect esthétique, également un impact sur une des propriétés du béton frais : la consistance. Ainsi, suivant le type de mise en œuvre (machine à coffrage glissant ou manuelle), le Dmax pourra être augmenté (béton consistant – énergie de compactage élevée), soit diminué (béton fluide – énergie de compactage faible).

Les dalles ont la spécificité d'être composées d'une structure bicouche coulée en négatif et frais sur frais. La courbe granulométrique de la couche supérieure étant discontinue et combinée à un Dmax égal à 14 mm, une densité élevée de granulats de la même taille est visible en surface. Cette combinaison donne un aspect serré, avec peu de mortier. Le mortier étant le maillon faible en termes de porosité, la durabilité s'en voit améliorée.



©Dether Architecture

UNE COMPOSITION ROBUSTE

Le travail s'est aussi porté sur la recherche d'une composition de béton qui soit robuste dans le sens de résistance aux sollicitations mécaniques et à tout mécanisme de dégradation (chimique et thermique) mais également dans le sens où elle sera le moins sensible possible à divers facteurs tels :

- le mode et les conditions de mise en œuvre (maîtrisées en usine de préfabrication);
- une profondeur de désactivation irrégulière;
- l'éventuel déchaussement de granulats les salissures (liées à l'utilisation sur le long terme et éventuellement l'absence de nettoyage).

Pour cela, plusieurs astuces sont à disposition de l'auteur de projet. Par exemple, le choix de la couleur du mortier et des granulats peut contribuer à assurer la durabilité du revêtement, aussi en termes esthétiques. En particulier sur ce projet :

- un léger moucheutage a été obtenu de par l'incorporation de granulats de quartz blancs de manière à masquer les dépôts et salissures, inévitables,
- dans le choix de la courbe granulométrique, la fraction 2-4 mm a été limitée de manière à éviter les irrégularités de surface y étant liées. En effet, une fois mis en service, les granulats de cette taille se déchaussent très facilement, laissant ainsi apparaître des cavités qui rendent la surface du revêtement irrégulière;
- la couleur de la pâte de ciment est identique à celle des granulats: les éventuelles différences de teinte dues à une mauvaise dispersion granulaire dans certaines zones sont ainsi effacées. De plus, ce choix renforce le caractère architectural et monolithique du dallage.

COMPOSITION DU BÉTON DE SURFACE

- Ciment CEM I 52,5 R LA (blanc)
- Gravitons concassé calcaire 8/14
- Sable de Rhin 0/4
- Quartz blanc 8/12
- Sable Mika 0/2
- Superplastifiant Dynamon Sk
- Colorant Ornauxon BL 6550 Noir

COMPOSITION DU BÉTON AUTOPLAÇANT

- Ciment CEM I 52,5 R LA
- Gravitons concassé calcaire 2/8
- Gravitons concassé calcaire 8/14
- Sable de Rhin 0/4
- Filler calcaire Calctec 2001 S
- Superplastifiant Dynamon Sk



©Dether Architecture



3. PRÉFABRICATION

La technique du béton désactivé consiste à éliminer, par lavage, la couche superficielle de mortier n'ayant pas fait prise, dans le but de faire apparaître le granulat. Le granulat ainsi dénudé confère au béton ses propriétés d'adhérence, mais pas seulement. C'est aussi lui qui donnera l'aspect final à la surface du revêtement. D'où l'importance de la qualité du travail de désactivation. Le paramètre le plus important est la profondeur de désactivation, exprimée en mm. La profondeur de désactivation varie entre 0,9 et 1,5 mm.

En béton esthétique, la profondeur de désactivation est une affaire de goût. Ce qui est dit, le bon compromis doit être trouvé afin de laisser apparaître suffisamment les granulats, sans pour autant risquer un déchaussement de ceux-ci. Ainsi, en fonction de la nature de la composition et des conditions climatiques, le produit de désactivation approprié sera sélectionné. Propre à chaque producteur, une couleur détermine la force d'attaque. Une préfabriation soignée et un lavage homogène et régulier garantiront l'uniformité de désactivation. Sur cet aspect les produits préfabriqués offrent un fini de surface de qualité.

COULAGE DU BÉTON EN NÉGATIF

Technique abondamment utilisée en préfabrication, le moulage du béton en négatif consiste à disposer la surface supérieure de l'élément en fond de coffrage. Ce mode opératoire permet un meilleur contrôle du fini de surface et l'aspect obtenu via cette technique est très différent de celui d'un béton coulé traditionnellement en positif. En effet, en fonction de la nature de la courbe granulométrique (continue ou discontinue), la gravité influencera ou non la répartition des granulats en surface selon le fait qu'elle soit inversée ou pas.

STRUCTURE BICOUCHE

La structure des dalles est une structure de type bicouche. Cette technique se justifie principalement par le prix élevé des granulats nobles et du colorant, alors réduits sur une épaisseur de 7 cm. Les 15 cm restant sont alors réalisés avec une composition de béton classique et donc moins onéreuse. Réduire l'épaisseur de la surface visible du revêtement a également l'effet de réduire considérablement le risque de ségrégation des granulats. En résulte un aspect de surface avec une densité de granulats de la même taille élevée, pour autant que la courbe granulométrique soit étudiée en ce sens (discontinue et Dmax petit).



©Dochter Architecture

LE COULAGE DU BÉTON FRAIS SUR FRAIS

La réalisation d'un revêtement bicouche induit un coulage du béton « frais sur frais », de manière à garantir l'adhérence entre les deux couches. Concrètement, la couche de finition doit être appliquée le plus rapidement possible après la couche inférieure, et ce dans les 30 minutes. L'épaisseur de béton peut ainsi théoriquement être considérée comme étant monolithique et la répartition des contraintes s'effectue linéairement et sans interruption au niveau de l'interface entre les deux couches.

COFFRAGE

Les finitions, tel que le chariot des dalles, ont été conçues de manière à permettre une mise en œuvre aisée, rapide et d'une précision maximale lors du montage des dalles sur chantier.

STOCKAGE ET RÉCEPTION

Le nombre de dalles qu'il est possible d'empiler dépend du poids mais aussi des tolérances dimensionnelles (flèche + importante). Chacune de ces dalles mesure 4 x 3 m et pèse 7,5 tonnes.

La réception des dalles s'est effectuée de manière hebdomadaire et individuelle. Un historique a d'ailleurs été enregistré pour chacune d'elles. Les dalles ainsi validées étaient répertoriées en fonction de leurs caractéristiques géométriques, et en particulier des valeurs de flèche, pour ensuite être triées lors du stockage sur chantier. Les dalles présentant une flèche particulièrement élevée étaient isolées et positionnées au cas par cas (voir montage). Les dalles refusées étaient elles, transférées pour réparation ou démolition.

©Dochter Architecture



©Dochter Architecture

4. MONTAGE SUR CHANTIER

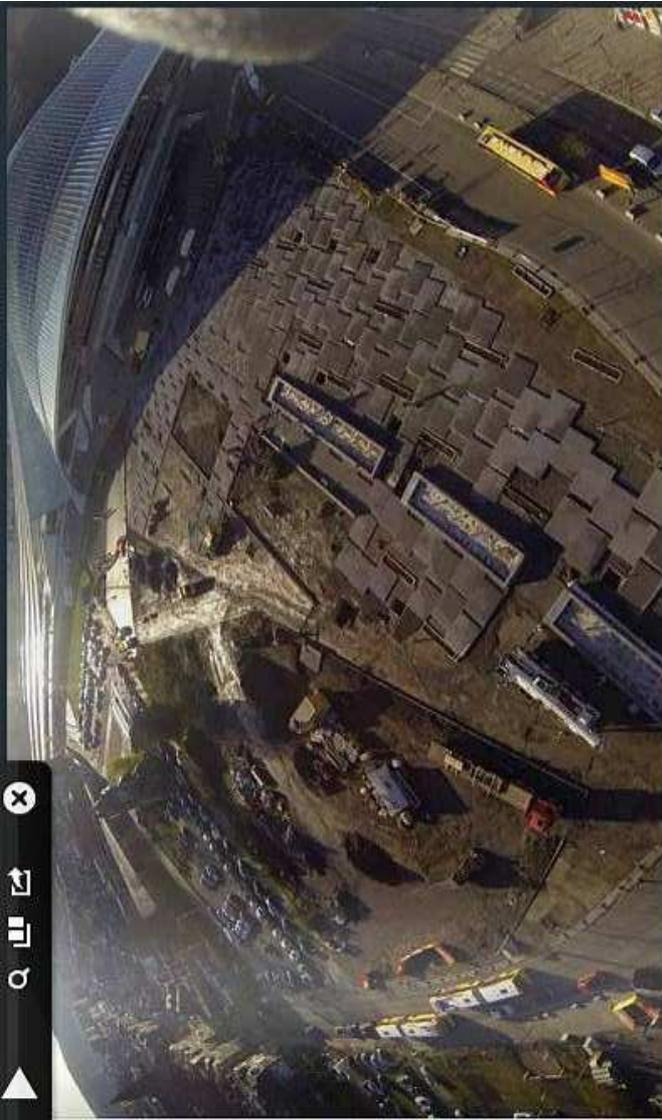
Les 380 dalles de béton préfabriqué, réceptionnées individuellement, ont été posées une à une sur chantier. Le niveau de détail est tel qu'aucun ancrage de manutention n'est visible. Avec une cadence de départ de 8 dalles posées par jour, le rendement a atteint le nombre de 15 dalles par jour sur la fin du chantier.

Procédure de pose des dalles :

1. nivellement global de toute la couche de pose avec une finisseuse guidée par GPS
2. installation d'une trame de guidage
3. pose des dalles par rang
4. pose des pavés entre les dalles
5. scellement des joints

SYSTÈME D'ACCROCHE ET DE POSE

L'idée étant de n'avoir aucune double apparente, un système de palanquer réalisé sur mesure a été imaginé et a pu être utilisé dans 90 % des configurations. Dans le cas de dalles adjacentes aux bessins, un système de platines avec anneaux scellés chimiquement a été utilisé, suivi d'une réparation précise à la main (forage de 14 mm et remplacement du granulats manquant). Cette technique est aussi celle prévue en cas de démontage éventuel d'une ou plusieurs dalles dans le futur.



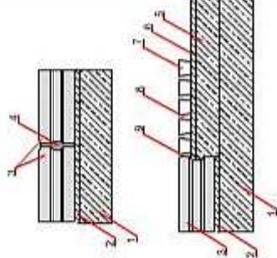
©Dexther Architecture

SCÉLLEMENT DES JOINTS

Le joint entre deux dalles assure cohésion et étanchéité mais doit aussi être en mesure d'absorber les dilatations auxquelles le béton est sujet suite aux cycles journaliers et saisonniers de variation de température. A l'origine prescrit comme un seul produit, le type de joint finalement choisi est un « multi-joint », à savoir :

- un fond de joint;
- remplissage de la gorge à la masse de scellement traditionnelle - assure la cohésion;
- un joint de finition auto-lissant réalisé sur une faible profondeur garantissant l'accroche et l'étanchéité.

La réalisation d'un « mock-up » grandeur nature sur chantier, a permis de déterminer, entre autres, la couleur du joint. L'architecte a opté pour un produit de scellement de couleur noire.



PLAN DE MONTAGE



12 INFRASTRUCTURE | L'ESPLANADE DES GUILLEMINS Performances techniques et esthétiques des bétons



©Dexther Architecture

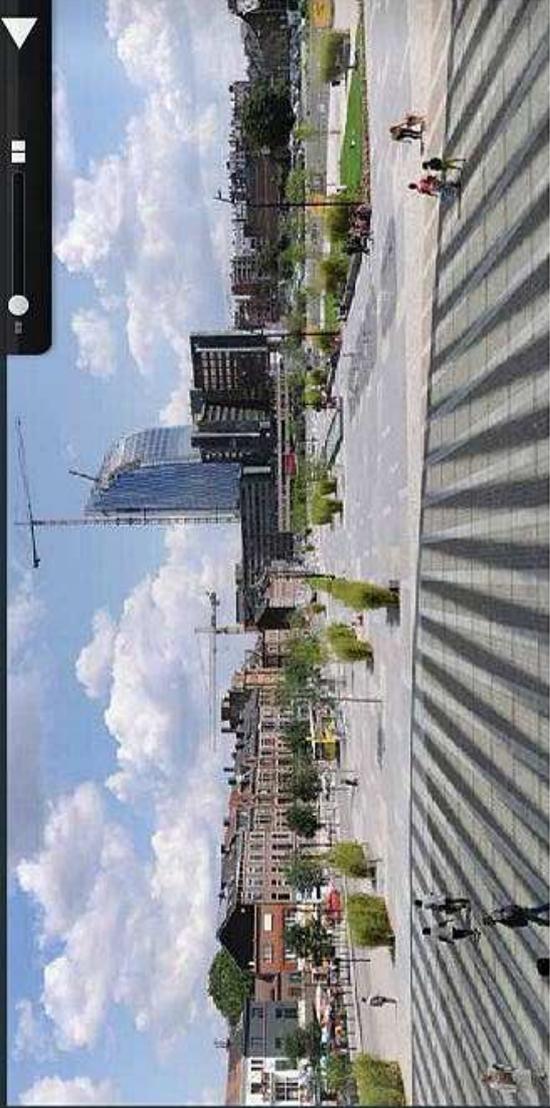
Réaliser à l'aide d'une machine équipée d'un système GPS, la précision de pose de la fondation est de haut niveau, en particulier en termes de planéité.



©Dexther Architecture



12 INFRASTRUCTURE | L'ESPLANADE DES GUILLEMINS Performances techniques et esthétiques des bétons



©Serge Branon



©Serge Branon



©Delbuer Architecture



©Delbuer Architecture



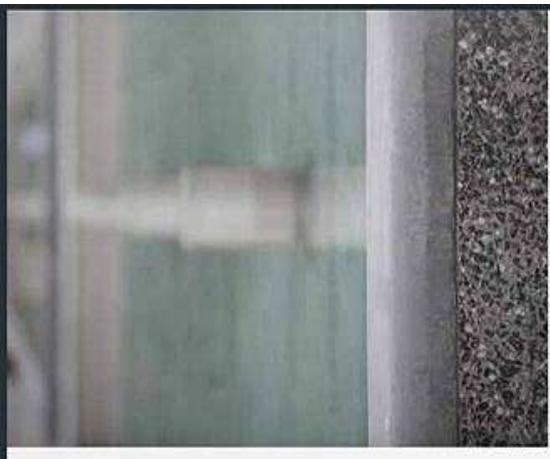
©Delbuer Architecture



©Delbuer Architecture



©Delbuer Architecture



©Delbuer Architecture



©Delbuer Architecture



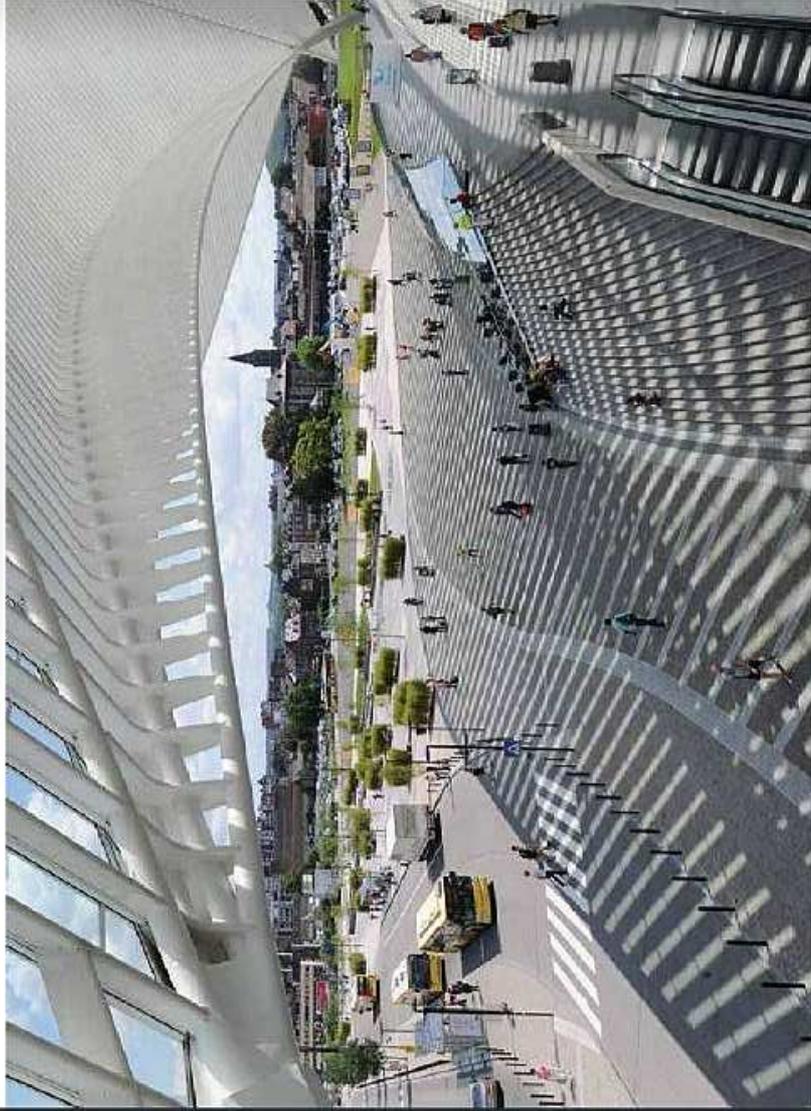
Joli «ballon» de grues sur la place des Guillemins à Liège, pour la mise en place des trois bassins. Entièrement réalisés en acier inoxydable, ils seront ensuite habillés d'éléments en béton préfabriqués.
<http://goo.gl/0t1zgg9>

Avant la mise en place des bassins, des injecteurs (légalement en acier inoxydable) ont été intégrés dans le béton des locaux techniques. Grâce à ces dispositifs, des vagues auvent les bassins.
<http://goo.gl/2c3o168>

LE PROJET D'INFRASTRUCTURE GIRATOIRE ET VOIE DE BUS

Le périmètre du projet s'étend assez naturellement au-delà de l'espace de l'esplanade et développe également les infrastructures routières adjacentes. Par souci d'unité avec l'esplanade mais également en raison des performances élevées garanties par le matériau en tant que tel, c'est également le béton qui a été choisi pour leur réalisation. En effet, étant un nœud routier urbain important, le trafic de bus y est intensif (de l'ordre de 4200 bus par jour) et nécessite dès lors une infrastructure robuste et durable.

Aux exigences techniques évidentes se combinent des exigences esthétiques élevées, en écho avec la gare des Guillemins et son esplanade. Le projet, dans son entièreté, comprend donc également les trottoirs, voiries, ronds-points et voies de bus attenantes à la place.



©Singer Branson

1. GIRATOIRE EN BÉTON ARMÉ CONTINU (BAC)

Jonction entre la rue du Plan Incliné et la rue des Guillemins, le rond-point est l'acres principal au site de la gare des Guillemins pour le trafic de bus. Garant de plus de sûreté et de fluidité, le rond-point est un outil dont l'efficacité n'est plus à démontrer en matière de mobilité en zone urbaine.

Le rond-point des Guillemins a été conçu en accord avec une approche globale de durabilité et de mobilité, et ce jusque dans les moindres détails afin de garantir un maximum de confort et de sécurité aux usagers. Les auteurs de projets ont opté pour la solution d'un anneau franchissable au regard de la durabilité des infrastructures. En raison du trafic intense à cet endroit, l'incorporation d'éléments de bordure préfabriqués est déconseillée du point de vue d'un risque de déchaussement de ceux-ci.

Les critères esthétiques sont nécessairement en accord avec la vision architecturale de l'Esplanade, avec, en complément, des aspects visuels et sécuritaires propres à la mobilité. C'est dans cet esprit que le rond-point et l'îlot séparateur adjacents ont été conçus : bordures en pierre bleue, anneau de circulation béton brosse de teinte foncée, zone franchissable en béton désactivé. En plus de l'inclinaison, le changement de texture n'est pas qu'un choix esthétique. Ce changement contribue à donner un signal perceptible de l'approche de l'obstacle. Des éléments architecturaux complètent le dispositif tel le totem – réalisation de l'artiste Jean Gilbert. Les éléments linéaires ainsi que le socle circulaire sont réalisés en béton gris à finition désactivée également.



©Dechuer Architecture



©FIBELCERA

Le béton utilisé comme revêtement dans les giratoires, à les abouts nécessaires à la réalisation d'un ensemble à la fois robuste et pérenne. En réponse aux types de sollicitations, telles qu'écrasées et dessous, ses principales qualités sont :

- Inscritibilité à l'ornementage
- Bonne adhérence - quel que soit le type de traitement de surface
- Faible entretien

Les giratoires étant des nœuds stratégiques pour l'écoulement du trafic, toute solution réduisant au strict minimum les opérations d'entretien et leur fréquence se justifie d'autant plus. La permanence du trafic routier est, ainsi, assurée et la gêne aux usagers minimisée.

TECHNIQUE DU BETON ARMÉ CONTINU

Le revêtement choisi pour le rond-point est un béton armé continu. Cette technique, développée initialement sur les autoroutes, est à présent abondamment utilisée pour les giratoires. L'ouvrage des Guillemins a été réalisé suivant les règles de l'art d'un revêtement en béton armé continu (BAC) classique et en particulier sur base des prescriptions relatives au Cahier des Charges-type en vigueur : le CCT-RW99 (2004). Une particularité tout de même : le rond-point est réalisé en béton noir. La composition du béton contient donc des pigments colorants.

PRINCIPE - BAC

Le principe de base d'un revêtement en BAC est l'intégration, dans le revêtement, d'armatures dont le rôle est de maîtriser la fissuration. Ce type de revêtement est une alternative au revêtement de dalles de béton et permet de supprimer les joints. Au regard des efforts importants propres à la circulation giratoire, les joints constituent un affaiblissement important dans le revêtement en plus de la problématique d'une géométrie complexe à gérer. Les armatures sont placées en partie supérieure du revêtement et sont de deux natures :

- Armatures longitudinales : répartition et contrôle de l'ouverture des fissures.
- Armatures transversales : reprise des efforts radiaux de poussée au vide.

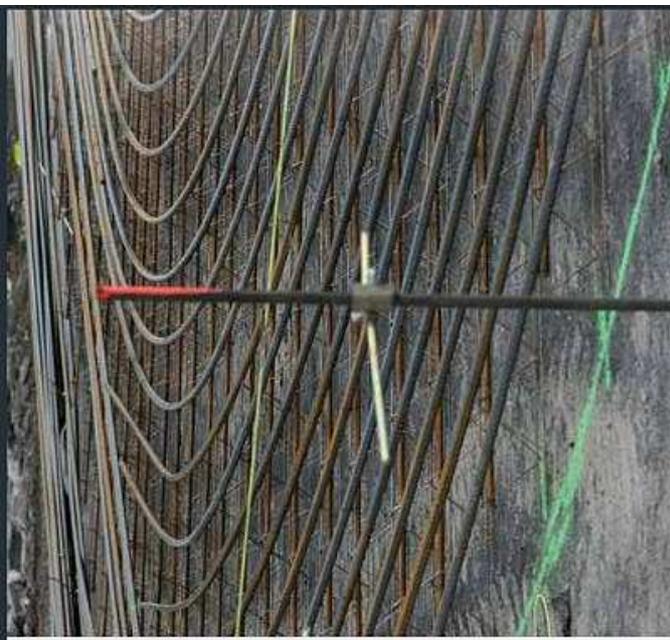
En comparaison avec un BAC classique, les nappes d'armature épousent la géométrie circulaire du rond-point. En parallèle, un système à caractère autobloquant est créé à l'intérieur de la structure et les fissures n'ont pas la possibilité de s'ouvrir de manière significative. Le pourcentage d'armature effectif peut donc être réduit à 0,67 % au lieu de 0,75-0,76% pour un BAC classique. De plus, l'anneau extérieur étant significativement le plus sollicité, une réduction du pourcentage d'armature supplémentaire peut être appliquée au centre de l'ouvrage. Malgré une réduction par rapport au BAC classique, la densité d'armature reste élevée. En conséquence, le choix du Dmax limité est d'application.

Du fait que les performances mécaniques et de durabilité sont tout à fait comparables, la composition du BAC pour ce giratoire est celle d'un béton routier classique. Le revêtement est de couleur noire et le traitement de surface est un brosseage transversal. L'anneau franchissable est réalisé avec un traitement de surface différent, il est désactivé.

MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre a été effectuée avec une machine à coffrage glissant et en plusieurs phases :

- Phase 1 : bétonnage complet de l'anneau intérieur
- Phase 2 : bétonnage de l'anneau extérieur. Le joint de construction a été ancré
- Phase 3 : réalisation de l'anneau franchissable intérieur
- Phase 4 : bétonnage de la partie extérieure de l'anneau franchissable et bétonnage de la zone centrale
- Phase 5 : réalisation des amorces pour les voies de bus



©Delphier Architecture

2. VOIES DE BUS EN DALLES DE BÉTON

Les voies de bus font également partie intégrante du projet urbanistique pour la place des Guillemins. Au-delà des aspects esthétiques et de mobilité douce, il convient ici de concevoir des infrastructures adaptées tant pour les usagers que pour l'exploitant. Les bus circulent en site propre sur le site de la place, ce qui favorise un flux de circulation fluide tant pour le trafic de bus que les voitures.

La qualité de l'infrastructure a une influence directe sur la fiabilité et la ponctualité des transports en commun, et par extension sur la satisfaction des voyageurs. Premièrement, la voie doit subir le moins possible de dégâts afin que les réparations qui s'accompagnent généralement de perturbations de la circulation, ne soient pas nécessaires. Deuxièmement, une route nécessitant peu ou pas d'entretien représente un avantage considérable pour le gestionnaire. Enfin, il est important que la route puisse durer le plus longtemps possible en évitant d'importantes renouvelations ou maintenances structurelles.

Le parterre de bus comprend 4 zones de quais de 50 m avec la possibilité pour les bus de se croiser, et ce, dans le cas de figure où 2 autres bus sont en stationnement de chaque côté. La largeur de la voirie est donc en mesure de supporter 4 véhicules l'un à côté de l'autre. Certains détails de conception témoignent de la difficulté géométrique. Par exemple, le choix d'un filet d'eau central sur toute la longueur. Outre son rôle premier d'évacuation des eaux, il matérialise aussi la limite entre les bandes de circulation.

En réponse aux types de sollicitations explicites précédemment, le revêtement des voies de bus est constitué de dalles de béton désactivé goudonnées. Cette solution répond en premier lieu aux exigences posées et en particulier, le revêtement en dalles de béton possède les qualités suivantes :

- Peu d'entretien (en dehors de joints);
- Longue durée de vie;
- Insensible à l'ornétagé;
- Robuste face aux accélérations/décélérations.



INTERRUPTION DU TRAFIC

Le développement des résistances est avant tout fonction de la composition (type et qualité de ciment). À titre d'exemple, le revêtement peut être mis en service quatre à sept jours après sa pose, à savoir dès que la résistance à la compression mesurée sur carottes s'élève à 40 MPa en moyenne (CCI, Qualitroutes 2017).

TRAITEMENT DE SURFACE

La technique du dénuage confère au béton une qualité de surface excellente en termes d'adhérence. D'un point de vue esthétique, et dans un souci de créer un ensemble le plus monolithique possible, l'objectif a été de se rapprocher le plus possible de l'aspect de surface des dalles préfabriquées qui constituent l'espace piéton adjacent.

Au-delà des critères esthétiques, plusieurs critères de performances propres aux revêtements routiers sont cependant à prendre en compte pour un revêtement destiné à être circulé, à savoir :

- Adhérence ; profondeur de désactivation ;
- Propriétés intrinsèques des granulats :
 - Résistance au polissage (PSV)
 - Résistance à l'usure (Micro Deval)
 - Résistance à la fragmentation (LA)

Sur base de ces exigences, le porphyre a été utilisé pour la composition du béton destiné aux voies de bus. Par rapport à celui de l'esplanade, la différence d'aspect est notable et logique. En effet, la méthode de mise en œuvre est fondamentalement différente. Le revêtement des voies de bus est composé d'une structure monocouche et est mis en œuvre à l'aide d'une machine à coffrage glissant. En résulte un aspect de surface moins homogène et où le mortier est davantage visible.



JOINTS

Dans le cas des revêtements en dalles de béton, la maîtrise de la fissuration se fait à l'aide de joints de retrait. Le revêtement est habituellement non armé et les fissures inévitables, qui apparaissent suite au retrait plastique du béton, sont alors canalisées au droit des joints. De manière à garantir l'efficacité de ces joints, voici quelques règles essentielles à respecter :

- Sciage au 1/3 de la hauteur du revêtement
 - Dimension des dalles : $1 \leq l/l \leq 1,5$
 - Interdistances des joints est aussi fonction de la hauteur du revêtement
- Le plan de calepinage a donc été élaboré en ce sens.

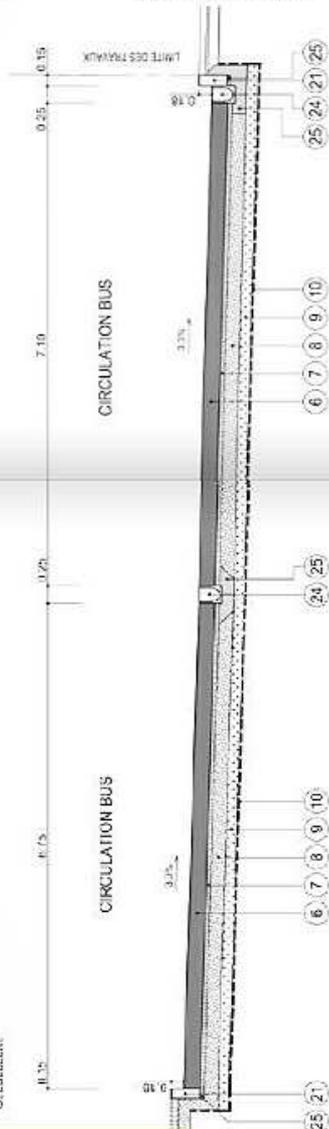
Des joints de dilatation ont été réalisés aux entrées et sorties de coupe, ainsi qu'aux endroits où le calepinage entraînait un décalage entre les joints longitudinaux de construction.



SCELLEMENT

Les joints sont scellés au moyen d'une masse à chaud, selon la méthode habituellement préférée en voirie. Les joints sont les seuls éléments du revêtement qui demandent un minimum d'entretien. On estime qu'ils doivent être vérifiés tous les 5 à 10 ans.

© EBELCEM



CIRCULATION BUS (SOCIÉTÉ DU TEC)

1. Revêtement en béton armé goudonné, épaisseur E = 15 cm. Filet d'eau central en mortier ciment
2. Couche de liaison et de repérage en mortier hydraulique au laitier, épaisseur E = 3 cm, épaisseur E = 6 cm
3. Revêtement en béton armé goudonné, épaisseur E = 15 cm
4. Finition en béton maigre type 1, épaisseur E = 10 cm
5. Sous-finition de type 2, épaisseur E = 15 cm
- 6-10. Structure de fini de coffrage
- 11-15. Béton armé goudonné en place type III 2, largeur B = 150 mm
- 16-20. Béton armé goudonné en place type III 2, largeur B = 150 mm
- 21-25. Fondation en béton armé type I pour le fondation et l'ornétagé d'élement, largeur section 100x100x150 épaisseur - symétrique entre les bords de la prise de béton



MISE EN ŒUVRE

Les aspects de mise en œuvre des voies de bus pour le projet des Guillemins sont identiques à toute réalisation de revêtement en dalles de béton désuédé goudonnées. Ici, le revêtement a été réalisé au moyen d'une machine à coffrages glissants.

Les principales étapes de mise en œuvre sont les suivantes :

1. préparation du fond de coffre
 2. placement des goudons
 3. coulage du béton
 4. compactage au moyen d'augettes vibrantes
 5. lissage à la poutre vibrante
 6. pulvérisation du produit de désuédage et revêtement couvert d'un film plastique
 7. sciage des joints
 8. opération de désuédage par brossage ou lavage
 9. protection du béton contre la dessiccation
- Les opérations 3 à 5 peuvent être réalisées par la machine à coffrages glissants.

Étant donné la largeur non constante de la voie de bus, le bétonnage de celle-ci a été réalisé manuellement (coffrage/ferrailage/bétonnage à la poutre vibrante).

Les filets d'eau et bandes de contrebutage ont par contre été réalisés à l'aide d'une machine à coffrages glissants.

LE BON TIMING

A compter de 6 à 24 heures après le bétonnage, en fonction de la température et donc de la vitesse de prise, les joints sont sciés jusqu'à 1/3 de l'épaisseur du béton. Ainsi, pendant les jours suivants, le béton se fissurera sous cette entaille, si bien que le revêtement se répartisse en dalles de 4,5 m de longueur.

Après le sciage, la laitance de ciment sur la surface du béton est brossée à l'eau maximum 48 h, après le bétonnage (à adapter en fonction des conditions climatiques). Ainsi se crée une surface avec une très bonne caractéristique de rugosité et de bruit de roulement.

DETAILS DE CONCEPTION

Le béton offre également la possibilité d'une structure routière entièrement monolithique. En particulier, le filet d'eau central a été bétonné simultanément aux voies de circulation. Ce choix garantit une structure rigide et résistante à tout débordement possible de véhicules - y compris des gros charrois. En effet, l'utilisation d'éléments linéaires unitaires présente le risque d'un détachement de ces derniers, si la zone est soumise à un trafic important. En outre et en raison de l'intensité du flux de véhicules lourds, le filet d'eau intégré est aussi ferrailé.

Une bande de béton clair brossé matérialise la transition entre les voies de bus et la voirie. L'absence de saillie profite à la fluidité de l'espace. Dans le futur, cette zone est pensée comme véritable lieu de rencontre entre l'espace public, le trafic bus mais également le réseau de tram à venir. Le béton de couleur clair est un signal visuel de changement d'affectation (bus - routier). En complément, 8750 clous en inox ont été enfoncés un à un et sont la matérialisation d'une limite à l'espace piétonnier.

Les filets d'eau et bandes de contrebutage ont été armés au moyen de 2 barres longitudinales de diamètre 12 mm reposant sur des supports en acier, diamètre 8 mm, piles en U et fichés dans le béton, malgré de fondation des éléments linéaires.



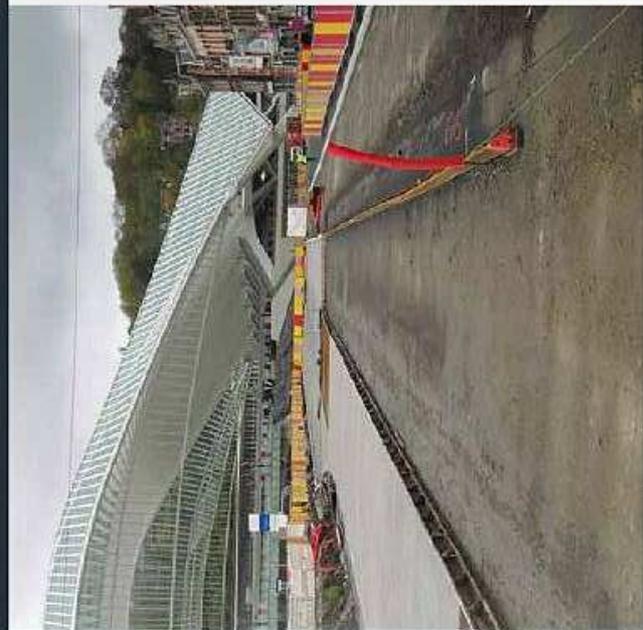
©OFBEILEM



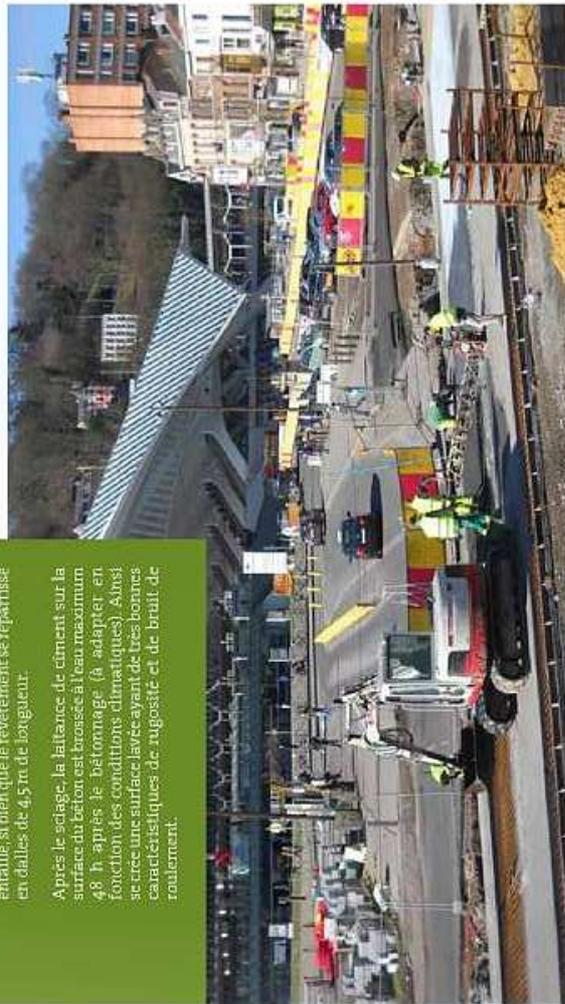
©Dethier Architecture



©OFBEILEM



©COLAS



©COLAS

CONCLUSION

Le projet de la gare des Guillemins a su montrer les multiples facettes de l'utilisation du matériau béton dans les projets d'infrastructure et en espace public. Combinant les techniques de béton coulé en place et préfabriqué, le projet a décliné le matériau sous pas moins de sept aspects de surface différents, tout en formant un ensemble esthétique cohérent aux performances techniques et de durabilité de haut niveau.

En qualité de produits béton, l'ensemble des dalles de béton coloré lavé préfabriquées et le mobilier urbain constituent un ensemble réussi. Dotées d'une texture granulaire à tonalité sombre, les dalles définissent un espace à l'échelle humaine en réponse à la blancheur de la gare-cathédrale de Calatrava. Le niveau de précision ainsi que la coordination des différents corps de métier lors des travaux préparatoires ont été déterminants pour la réussite de ce projet. Le revêtement ainsi constitué est durable, tant du point de vue esthétique que de la résistance aux diverses sollicitations futures.

Enfin, centre névralgique de la mobilité à Liège, le rond-point et les voies de bus s'inscrivent également dans une politique de durabilité par le choix du revêtement en béton. Recyclable et robuste, le béton offre une réponse performante et garantie à long terme, à un trafic de bus intensif.



©Dethier Architecture

BIBLIOGRAPHIE

- Les Voies de Bus en Béton, FEBELCEM, Octobre 2009
- Les Revêtements en Béton Coloré Lavé, FEBELCEM, Décembre 2010
- Les Giratoires en Béton, FEBELCEM, Octobre 2011
- La Route en Béton : Un Choix Réfléchi et Durable, FEBELCEM 2009
- Béton et espaces publics, Solutions Béton, Construction Moderne N°108
- Rotondes in beton, net even anders, Beton Goed op Weg, Centrum, Oktober 2012
- Canefours et Giratoires - Des solutions durables en béton de ciment, Collection Technique Cimbéton 156, Septembre 2005
- CCK-Qualiroutes 2012, Service Public de Wallonie
- www.dethier.be/fr/projets/places-des-guillemins
- www.infociments.fr

Ce bulletin a été réalisé en étroite collaboration avec Thomas Fies de Dethier Architecture et avec l'aimable coopération de P&FER et COLAS, qui ont fourni les dossiers techniques. Nous les en remercions chaleureusement.



©Dethier Architecture



© 2014

A. Jasiński

Ed. resp. :

D/2014/0280/06

Dépôt légal :

Ir Arch. N. Balthold

Auteur :

Info@fabelcem.be

www.fabelcem.be

tel. 02 645 52 11 - fax 02 640 06 70

Boulevard du Souverain 88 - 1170 Bruxelles

Fédération de l'Industrie Cimentière Belge

FEBELCEM

Ce bulletin est publié par :

