

DE GUILLEMINS ESPLANADE

TECHNISCHE EN ESTHETISCHE
PRESTATIES VAN BETON

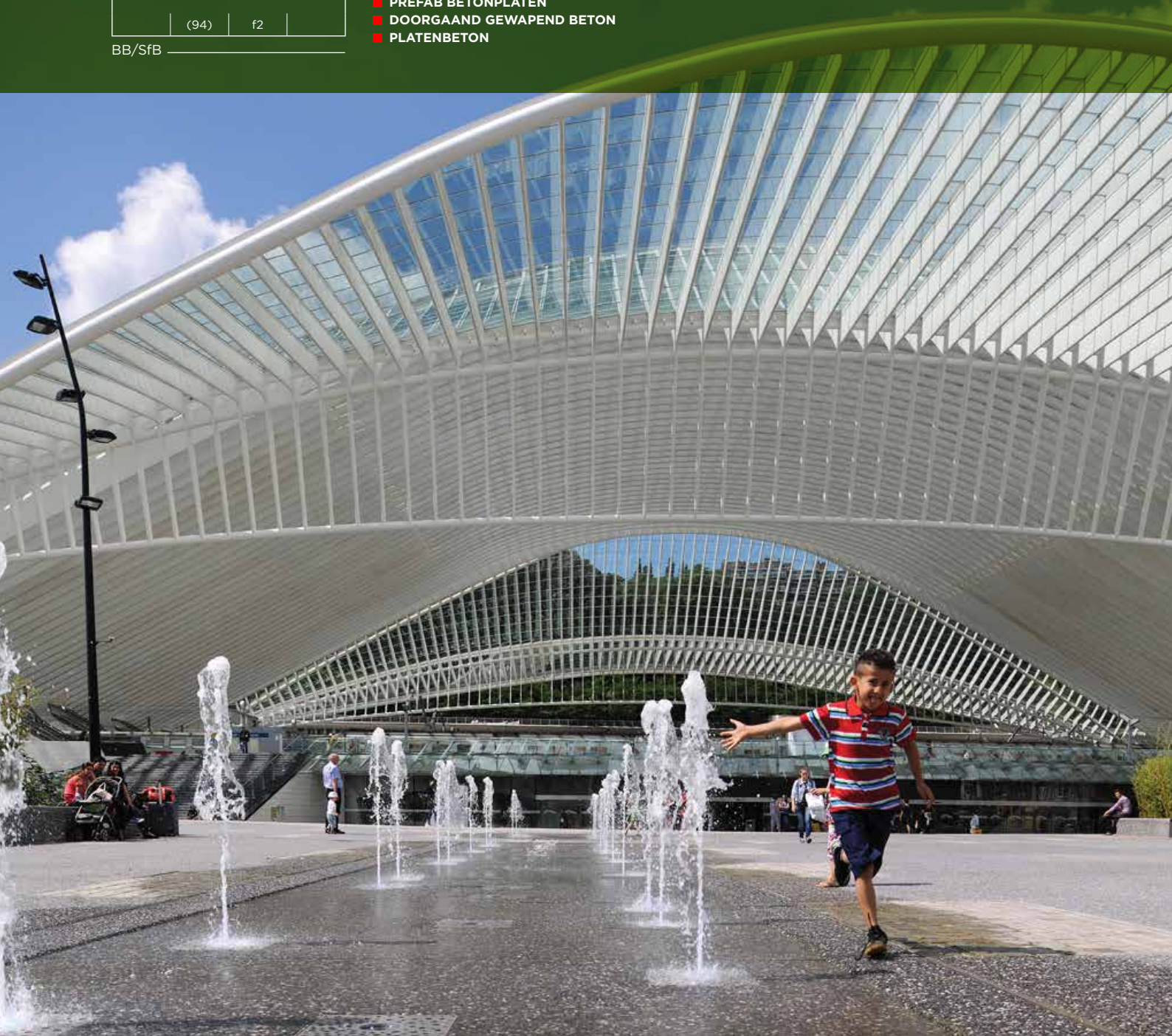
INFRASTRUCTUUR | NOVEMBER 2014

(94)

f2

BB/SfB

- PREFAB BETONPLATEN
- DOORGAAND GEWAPEND BETON
- PLATENBETON





©FEBELCEM

De ontwikkeling van openbare ruimten in steden en gemeenten is sinds het ontstaan van de eerste stadscentra een belangrijke bekommernis. Naast effectief hulpmiddel voor het mobiliteitsbeheer zijn ze ook een ontmoetingsruimte voor bewoners en eendagsbezoekers. De openbare ruimte evolueert gaandeweg om zich aan te passen aan de nieuwe levensstijlen en transportmogelijkheden. De auto, tegenwoordig binnen bereik van de meeste mensen, heeft letterlijk de stadscentra ingenomen. Tegelijkertijd staat ook de uitbouw van de voorzieningen voor openbaar vervoer en van de zachte mobiliteit op de voorgrond.

De kwaliteit van een openbare ruimte wordt in de eerste plaats bepaald door het respect voor de veiligheidsnormen en het comfort van de gebruikers. Zowel in de zones bestemd voor het autoverkeer als op de plaatsen voorbehouden aan voetgangers moet het wegdek duurzaam, net en gebruiksvriendelijk zijn. De voorzieningen bestemd voor zwaar verkeer moeten eveneens prestatiegericht en stevig zijn. De grip op het wegdek, de juiste waterafvoer, de vorstbestendigheid en de bestandheid tegen dooizouten zijn in dit geval tastbare maatstaven die de levensduur en de kwaliteit van de ruimte waarborgen. Naast de mechanische en duurzaamheidsprestaties wordt de kwaliteit van de zones bestemd voor zachte mobiliteit ook bepaald door de esthetische waarde van de ruimte.

Bij de inrichting van de stedelijke ruimtes ligt de uitdaging in het vinden van het juiste evenwicht tussen vormgeving, esthetiek, functionaliteit, resistentie en duurzaamheid.

BETON IN STEDELIJKE OMGEVING

ALGEMEENHEDEN

Beton is een bouw materiaal met tal van positieve eigenschappen. Het biedt de mogelijkheid mechanische, omgevings- en esthetische prestaties eigen aan buitenverhardingen te combineren.

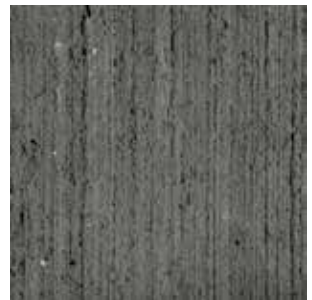
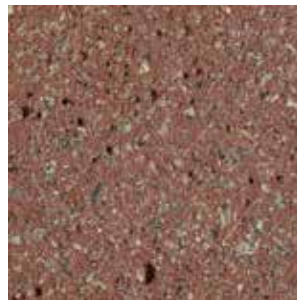
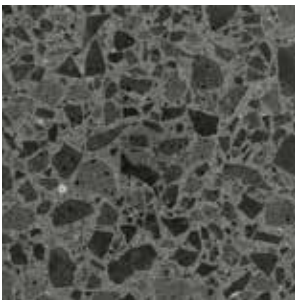
- **Robuustheid:** weerstand tegen statische en dynamische belastingen, maar ook tegen bepaalde agressieve chemische stoffen.
- **Weinig onderhoud:** in de totale levensloop van een bouwwerk is de constructiefase maar een klein onderdeel. Vandaar het belang om de onderhoudskosten zoveel mogelijk te beperken.
- **Levensduur:** langer dan 30 jaar.
- **Veiligheid:** een oppervlak met een textuur en een lichte kleur voor een maximale stroefheid en goede leesbaarheid.
- Beton heeft een uitermate beperkte ecologische footprint omdat het volledig **gerecycleerd** kan worden door eenvoudige verbrijzeling in een breekinstallatie.
- Uiteenlopende types uitvoeringen voor een **breed scala aan performante** resultaten aangepast aan het **budget**.

Tegelijk met de ontwikkeling van kennis en techniek is de kwaliteit van betonconstructies duidelijk verbeterd (akoestiek, grip, vorst-dooiweerstand, bestandheid tegen alkali-silicareactie). De toepassingen zijn aanzienlijk veelzijdiger geworden, waardoor het materiaal beton vandaag, en terecht, algemeen aanwezig is in de openbare ruimte, en dit onder verscheidene gedaanten.

De voordelen samengevat:

- een duurzame verharding en een vormelijke vrijheid in ter plaatse gestort beton;
- geprefabriceerde moduleerbare elementen zoals straatstenen, tegels, boordstenen en goten, met een door de producent gegarandeerde verzorgde oppervlakafwerking, en die snel kunnen worden verwerkt.

Een andere troef van beton is ook de veelheid van kleuren en texturen.



©FBELCEM

DUURZAAMHEIDSGARANTIE

Certificatie is een manier om kwaliteit te garanderen, maar er is meer nodig voor een duurzaam bouwwerk:

- Kwaliteit van de **verharding**: gebruikte materialen
- Kwaliteit van het **ontwerp**: voorschrijven van technische en esthetische prestaties, ontwerpdetails
- Kwaliteit van de **uitvoering**: vakkundige, aangepaste en zorgvuldige uitvoering
- Kwaliteit van het **onderhoud**: de duurzaamheid van de verharding is er eveneens afhankelijk van

DE GUILLEMINS ESPLANADE PROJECT

In 1999 diende architect-stedenbouwkundige Claude Strebelle een structuurplan in voor de vernieuwing van de wijk rond het station Guillemins waarvan het ontwerp drie jaar eerder aan Santiago Calatrava was toevertrouwd. Dit document, dat de grote lijnen van de ontwikkeling van de zone vanaf de heuvel van Cointe tot aan de oever van de Maas schetst, was tot stand gekomen via een internationale aanbesteding voor het ontwerp van een plein aan de voet van de nieuwe spoorweginfrastructuur – aanbesteding die het bureau Dethier Architecture, in samenwerking met Ney & Partners, Atelier 4D en het Agence TER, in 2003 won.

De *place des Guillemins* werd voltooid in 2014. Het plein getuigt niet alleen van een globale stedenbouwkundige visie maar ook van een aanpak die rekening heeft gehouden met de vele en uiteenlopende eisen van dit type inrichting. De ruimte werd door de architecten reeds van in het begin ontworpen als vertrekpunt voor latere stadsvernieuwingen, bedoeld om de hele wijk te herwaarderen.

Het tot een goed einde brengen van het project heeft meer dan tien jaar, drie stedenbouwkundige vergunningen, talrijke bemiddelingen tussen verschillende partijen (EuroliegeTGV, TEC Ville de Liège, SRWT ...), alsook strenge budgettaire aanpassingen gevergd.

TECHNISCHE FICHE

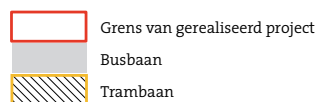
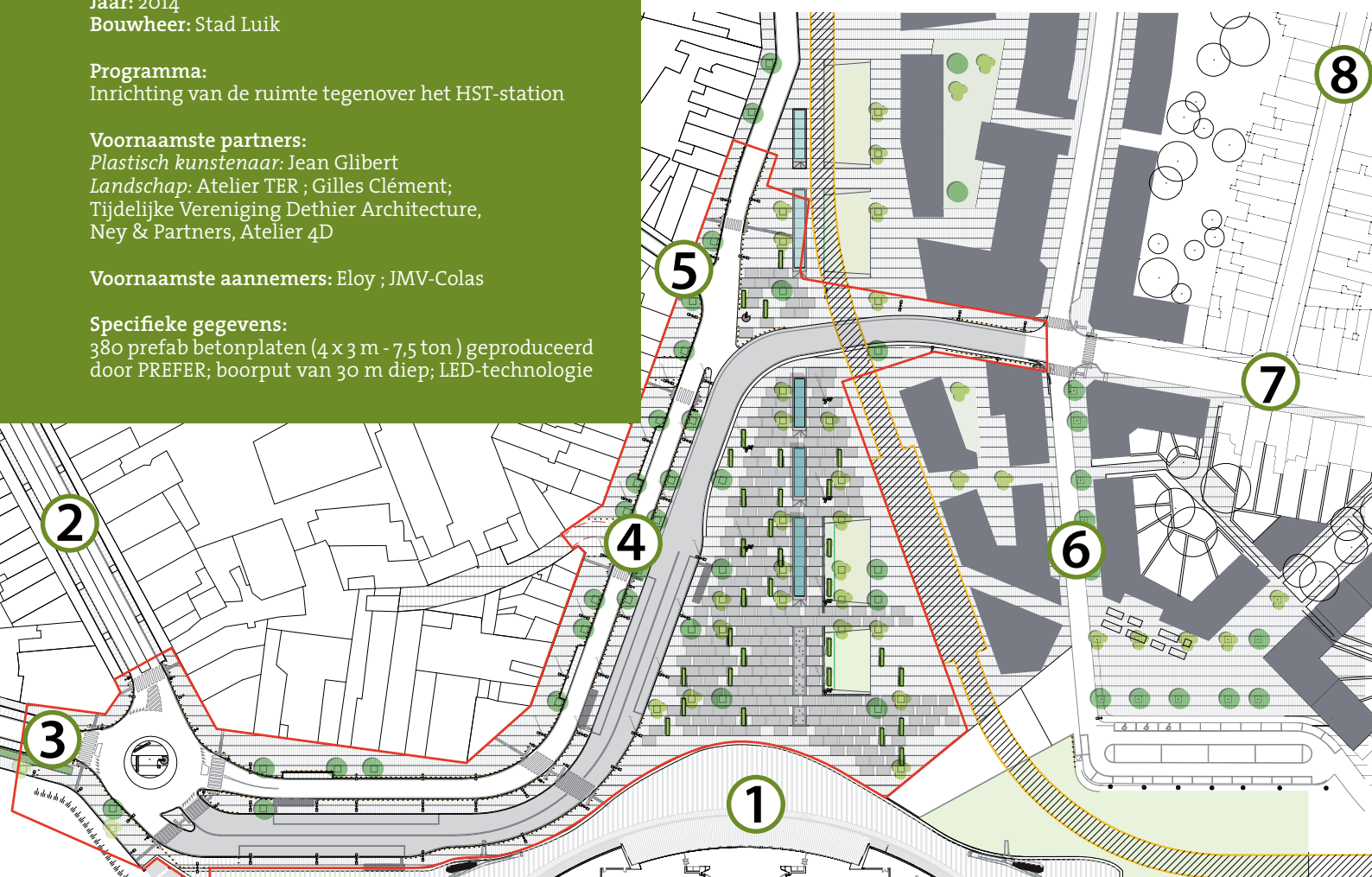
Situering: *Rue Paradis*, 4000 Luik
Jaar: 2014
Bouwheer: Stad Luik

Programma:
Inrichting van de ruimte tegenover het HST-station

Voornaamste partners:
Plastisch kunstenaar: Jean Glibert
Landschap: Atelier TER ; Gilles Clément;
Tijdelijke Vereniging Dethier Architecture,
Ney & Partners, Atelier 4D

Voornaamste aannemers: Eloy ; JMV-Colas

Specifieke gegevens:
380 prefab betonplaten (4 x 3 m - 7,5 ton) geproduceerd door PREFER; boorput van 30 m diep; LED-technologie



- 1 Station Luik-Guillemins
- 2 Rue des Guillemins
- 3 Rue du Plan Incliné
- 4 Rue Paradis
- 5 Rue de Serbie
- 6 Rue Bovy
- 7 Rue de Sclessin
- 8 Rue Albert de Cuyck

Het plein, gelegen tussen de *rue des Guillemins*, de *rue Bovy* en de aansluiting tussen de *rue de Serbie* en de *rue de Sclessin*, definieert een driehoekige vorm met een opening richting Maas. Zijn vormelijke uitwerking, in het bijzonder de berekening van de afmetingen en de plaatsing van de materialen, creëren een ruimtelijke eenheid die zijn stedelijke aanwezigheid en zijn rol als coherent element ten opzichte van zijn omgeving versterken. Deze bekommernis wordt uitgedrukt door het vastleggen van een stramen evenwijdig aan dat van het station, en waarneembaar door het voegschema in de verharding. Klassieke kasseien en prefab betonplaten wisselen elkaar af in een patroon dat vervaagt naar het midden van het plein toe en vangen de niveaoverschillen op. De zones met straatstenen maken een eenvoudigere toegang mogelijk tot de nutsvoorzieningen onder het wegdek.

Vanuit praktisch oogpunt is het plein bedoeld als een polyvalente en flexibele ruimte. Bovenop zijn functie als ontmoetingsplaats is het vooral een knooppunt voor multimodaal verkeer dat aan alle eisen inzake efficiëntie en veiligheid eigen aan deze tijd voldoet. De verscheidene transportmiddelen (trein, fiets, bus, tram) die hier met een hoge frequentie aanwezig zijn, worden geïntegreerd en met elkaar verbonden in een logische en vlotte opeenvolging. Ook aan het comfort is gedacht. Grote betonplaten vergemakkelijken het stappen voor de vele passanten met koffers. Ze zijn vervaardigd uit uitgewassen beton en werden in een atelier geprefabriceerd teneinde een hoogwaardige afwerking en homogeniteit van oppervlak te waarborgen.

De architecten hebben extra aandacht besteed aan de voetgangerszones. Ze worden afgebakend door beplante stroken en door drie waterbassins met golfslag. Een zone met onregelmatig spuitende fonteinne geeft een extra dimensie aan de gezelligheid van deze plek.

De groene zones, bestudeerd in samenwerking met tuinarchitect Gilles Clément, bestaan uit grasperken met rozenstruiken, prunussen, kobus magnolia's, honingbomen (*sophora japonica*) en een groot aantal perkjes beplant met bamboe (550 exemplaren in 31 aparte zones).

Speciale aandacht werd besteed aan de verlichting. Zij is voornamelijk gebaseerd op LED-technologie die voor het eerst in het kader van zo'n omvangrijk project in Luik werd gebruikt. De lichtbakens die de twee uiteinden van het plein accentueren (de rotonde en het kruispunt *rue de Serbie/rue de Sclessin*) werden bestudeerd in samenwerking met de Brusselse artiest Jean Glibert. De lage verlichtingsmasten en ook de verdeling van de in de bodem verwerkte verlichtingspunten scheppen een kwalitatieve visuele animatie op mensmaat. Maar ze bevorderen vooral de integratie van de verscheidene aanwezige architectuurvormen, in het bijzonder het station van Calatrava, dat ze, zonder opzichtig effectbejag, goed tot zijn recht laten komen en in zijn context verankeren.



©Serge Brison



©FEBELCEM



©FEBELCEM



GEPREFABRICEERD BETON VOORDELEN

- Gewaarborgd uitzicht en homogeniteit
- Gemakkelijke toegang tot nutsvoorzieningen
- Vereenvoudigde plaatsing
- Verscheidenheid in toepassingen, vormen en kleuren

©Dethier Architecture

OPENBARE RUIMTE

I. PREFAB BETONPLATEN

1. ONTWERP

De geprefabriceerde betonplaten waarmee de bestrating van het plein is gerealiseerd, zijn van groot formaat (12 m²) en werden speciaal voor het project Guillemins vervaardigd. Het was de bedoeling een contrast te creëren met de witheid van het treinstation ontworpen door Calatrava. De keuze voor betonplaten met een overheersende donkere kleur was daarom snel gemaakt. De oppervlak bestaat uit uitgewassen beton dat de granulaten met een overheersende donkere kleur goed tot hun recht laat komen. De verharding evolueert met de tijd en de architecten hebben hier ook gebruik van gemaakt. Hoewel het oppervlak bij droog weer een egaal uitzicht heeft, blinkt het telkens opnieuw wanneer het vochtig is. Als het zonlicht erop schijnt, fonkelen de kwartsgranulaten en creëren een gespikkeld effect, waardoor de sporen van de tijd (vervuiling, enz.) vervagen.

Geprefabriceerde betonproducten worden vaak gebruikt voor verhardingen in openbare ruimtes. Toezicht op het rijpingsproces van het beton en op de verwerkingsomstandigheden, gebruik van steeds dezelfde betonsamenstellingen en maatvastheid maken ze tot een stabiel product met een gelijkmatig uiterlijk en met een gewaarborgde oppervlakafwerking. Geprefabriceerde betonproducten kunnen op een snelle en eenvoudige manier worden verwerkt. Het aanbod omvat gewoonlijk klassieke straatstenen, straatmeubilair en afwateringssystemen, maar daarnaast ook kaderelementen voor bomen en bloembakken met tal van vormen en afmetingen.



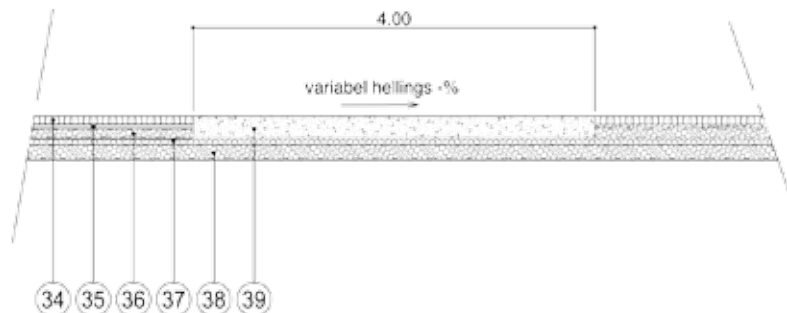
©FEBELCEM

WATERAFVOER

Het waarborgen van een kwaliteitsvolle verharding gaat gepaard met een efficiënt regenwaterafvoersysteem. Een slechte afwatering van het oppervlak veroorzaakt niet alleen hinder voor de gebruikers door de aanwezigheid van plassen. Ze leidt ook tot schade aan de verharding waardoor de duurzaamheid ervan in het gedrang komt. Het regenwaterbeheer maakt een onderscheid tussen drie soorten afvoer: oppervlaktewater, infiltrerend water en opstijgend vocht. De schade die typisch het gevolg is van de aanwezigheid van water op het oppervlak of dieper in de structuur, kan van allerlei aard zijn. Maar ze tast in ieder geval de integriteit van het oppervlak van de verharding aan. Afbrokkeling is daar een voorbeeld van, in combinatie met de gevolgen van vorst-dooicycli. Erosie in de funderingen kan eveneens oorzaak zijn van loszittende platen, waardoor het wegdek moeilijk begaanbaar wordt, in het bijzonder voor de zwakkere weggebruikers. Het vochtgehalte beïnvloedt inderdaad op een negatieve wijze het draagvermogen van de bodemstructuur en bijgevolg ook dat van de funderingen. Waterafvoer is derhalve een onontbeerlijke parameter waarmee men rekening moet houden bij de realisatie van de verharding en dit vanaf het ontwerp.

De voorzieningen die voor dit project van 8000 m² zijn toegepast, garanderen een efficiënt waterbeleid. Ze omvatten onder meer:

- een waterdichte verharding:
 - › **verharding in rijk beton:** van nature waterdicht;
 - › **kwalitatieve voegdichting:** zorgt ervoor dat waterinsijpeling doorheen spleten (en met name de voegen) zoveel mogelijk beperkt blijft. Hun regelmatige onderhoud vormt ook een garantie voor de duurzaamheid van de hele structuur;
- een dwarshelling van min. 2 % over de totale oppervlakte om het afstromend water zo snel mogelijk te evacueren;
- een efficiënt wateropvangsysteem:
 - › voldoende straatkolken en goten en een aangepaste situering. Iedere hindernis (waterbassins, bamboeperken, enz.) gedraagt zich als een collector voor afvloeiend water binnen een logisch opgedeelde oppervlakte.



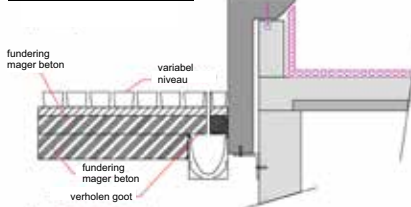
DWARSDOORSNEDE

- 34 – Natuursteen platines, 14 x 14 cm, dikte 8 à 9 cm
- 38 – Voor verharding in platines: supplement voor stellaag in porfier 2/4 of graniet 2/4
- 36 – Fundering in mager beton type 1 ; dikte 10 cm
- 37 – Supplement voor stellaag in gebroken steenslag kaliber 2/6,3 of 2/8 ; dikte 10 cm
- 38 – Fundering in mager beton type 1, dikte 15 cm
- 39 – Prefab betonplaat 3 x 4 m ; dikte 22 cm ; voeg inbegrepen

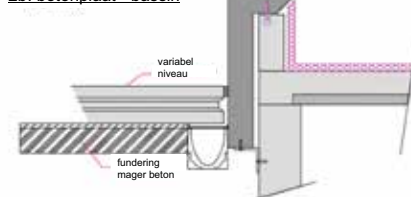


©FEBELCEM

2a: straatstenen - bassin



2b: betonplaat - bassin



©FEBELCEM

2. TESTFASE, VOORSTUDIES EN CONTROLE

De betonplaten, bestemd voor de openbare ruimte, werden speciaal voor dit project in de fabriek vervaardigd. In totaal werden 380 platen met dezelfde afmetingen in beperkte oplage geproduceerd. Het voorafgaande werk was belangrijk teneinde de beste oppervlakkwaliteit voor deze elementen te ontwikkelen. De samenstellingen, maar ook alle details, waren het onderwerp van een diepgaand onderzoek door een multidisciplinair team.

Het lastenboek is bijzonder omdat het beton werd voorgeschreven op samenstelling. In vergelijking met een specificatie op de mechanische en duurzaamheidsprestaties van beton (meer verspreid via de BENOR certificatie) heeft het voorschrijven op samenstelling het voordeel dat het nauwkeurig is. Zowel tijdens de fase van het voorontwerp als tijdens de uitvoering werden aldus verschillende belangrijke parameters getest, bestudeerd en gecontroleerd door de architecten, en dit in nauwe samenwerking met de teams van ingenieurs, producenten en aannemers.

Het objectief was het op punt stellen van een samenstelling die in staat zou zijn om het uiterlijk van het oppervlak in termen van esthetiek gestalte te geven, en wel zo dat alle gangbare eisen rond mechanische sterkte en duurzaamheid werden nageleefd. Het was een ingewikkelde oefening en verschillende samenstellingen werden aldus getest. Voorbeelden van variabelen zijn de oorsprong van de granulaten, het percentage kleurstof, de korrelverdelingskromme enz. Het heeft ongeveer zes maanden geduurd om het productieproces en de samenstelling op punt te stellen. Het vinden van een evenwicht tussen alle criteria kan inderdaad moeilijk zijn. Iedere eis van esthetische aard is onder meer afhankelijk van het type samenstelling. Die is op haar beurt functie van keuze en beschikbaarheid van de grondstoffen en moet in overeenstemming zijn met de mechanische en duurzaamheidsprestaties, alsook met de wijze van uitvoering.

OORSPRONG VAN DE GRANULATEN

Kleur en vorm van de granulaten zijn de parameters die het esthetische aspect van het uitgewassen betonoppervlak het meest beïnvloeden. Ter aanvulling, andere factoren verlenen aan de verharding een reeks bijkomende kenmerken die even belangrijk zijn, b.v. de stroefheid of de bestandheid tegen vorst. De eisen kunnen op de volgende aspecten betrekking hebben:

- de vorstbestendigheid van de granulaten;
- hun vorm: gerolde granulaten verhogen het risico op een glad oppervlak. Gebroken granulaten krijgen de voorkeur.

KORRELVERDELINGSKROMME

Niet alleen de herkomst van de granulaten is verantwoordelijk voor de uiteindelijke kenmerken met betrekking tot esthetiek, sterkte en duurzaamheid van het beton. Deze eigenschappen worden bovendien ook en grotendeels bepaald door de korrelverdelingskromme van het inerte materiaal, namelijk de verdeling en de hoeveelheid van de verschillende kalibers. De hogere of lagere dosering van bepaalde fracties beïnvloedt met andere woorden het uitzicht van het oppervlak.

De keuze van de grootste korrelafmeting - Dmax genaamd - heeft in dit geval, bovenop zijn invloed op het esthetische aspect, ook een impact op één van de eigenschappen van vers beton: de consistentie. Dmax moet, in functie van het type uitvoering (glijbekistingmachine of manueel), hetzij toenemen (stug beton, veel verdichtingsenergie), hetzij afnemen (vloeibaar beton, weinig verdichtingsenergie).

De prefab betonplaten hebben als specifieke eigenschap dat ze zijn samengesteld uit een tweelagige structuur gegoten in negatief en vers op vers. De korrelverdelingskromme van de toplaag is discontinu en wordt gecombineerd met een lage Dmax, t.t.z. 14 mm. Aan het oppervlak is een aaneengesloten laag steentjes met dezelfde afmetingen zichtbaar. Deze combinatie geeft een dicht oppervlakaspect, met weinig mortel. Omdat de mortel de zwakke schakel is ten aanzien van porositeit, wordt de duurzaamheid aldus verbeterd.



©Dethier Architecture

EEN ROBUUSTE BETONSAMENSTELLING

Met een robuuste betonsamenstelling wordt bedoeld dat ze opgewassen is tegen mechanische belastingen en tegen ieder chemisch of thermisch beschadigingsmechanisme, maar ook dat ze zo weinig mogelijk gevoelig is voor uiteenlopende factoren zoals:

- de manier en de omstandigheden waarop de fabricage heeft plaatsgevonden (in de fabriek);
- een ongelijke uitwasdiepte;
- eventueel loskomende granulaten;
- vervuiling (op lange termijn veroorzaakt door het gebruik, eventueel ook door een gebrek aan reiniging).

De ontwerper beschikt over een aantal trucjes om dit op te lossen. De kleur van de mortel en van de granulaten kan ertoe bijvoorbeeld toe bijdragen dat de duurzaamheid van het wegdek, ook in esthetisch opzicht, verzekerd wordt. In dit project vertaalt zich dit als volgt:

- Door de toevoeging van witte kwartsgranulaten is een enigszins gespikkeld uitzicht verkregen waardoor de onvermijdelijk afgezette vuildeeltjes minder opvallen.
- Bij het kiezen van de korrelverdelingskromme werd de fractie 2-4 mm beperkt om zo de oneffenheden in het oppervlak waarmee ze gepaard gaan, te vermijden. Na ingebruikneming van de verharding komen deze granulaten inderdaad gemakkelijk los. De ontstane kleine holtes brengen met zich mee dat het oppervlak een onregelmatig aspect krijgt.
- De cementpasta en de granulaten hebben dezelfde kleur: de mogelijke kleurschakeringen veroorzaakt door een slechte spreiding van de granulaten in bepaalde zones, worden op die manier teniet gedaan. Bovendien versterkt deze keuze het architecturaal en monolithisch karakter van de verharding.



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture

SAMENSTELLING BETON VOOR TOPLAAG

- cement CEM I 52,5 R LA (wit)
- gebroken kalksteen 8/14
- Rijnzand 0/4
- wit kwarts 8/12
- Mika zand 0/2
- superplastificeerder Dynamon SR1
- kleurstof Omnixon BL 6350 Zwart

SAMENSTELLING ZELFVERDICHTEND BETON

- cement CEM I 52,5 R LA
- gebroken kalksteen 2/8
- gebroken kalksteen 8/14
- Rijnzand 0/4
- kalksteen filler Calcitec 2001 S
- superplastificeerder Dynamon SR11

3. PREFABRICAGE

De techniek van het uitwassen van beton houdt in dat aan het oppervlak een laagje mortel dat niet gebonden is, wordt verwijderd, waardoor de steentjes zichtbaar worden. Zij bepalen niet alleen de wrijvingsweerstand van het beton, maar ook het uiteindelijke uiterlijk van het verharde oppervlak. Vandaar dat dit uitwassen op een kwalitatieve manier moet gebeuren. De belangrijkste parameter, uitgedrukt in mm, is de textuurdiepte na uitwassen. In dit geval varieert deze tussen 0,9 en 1,5 mm.

Voor esthetisch beton is de uitwasdiepte een kwestie van smaak. Dit gezegd zijnde moet men het juiste evenwicht vinden, teneinde de steentjes voldoende tevoorschijn te laten komen, zonder echter het risico te lopen dat ze losraken. De juiste bindingsvertrager zal worden gekozen in functie van de wijze van uitvoering, de uithardingstijd en de weersomstandigheden. De producten hebben een verschillende kleur die aangeeft hoe krachtig, en bijgevolg hoe diep ze inwerken. Homogeen verstuiven van de bindingsvertrager en gelijkmatig uitwassen zorgen voor een uniform oppervlak. Door het toezicht op de uitvoering en de ideale omstandigheden voor het rijpingsproces, bieden geprefabriceerde producten een kwaliteitsvolle oppervlakafwerking.

HET GIETEN VAN BETON IN NEGATIEF

Het gieten van beton in negatief, een techniek die veelvuldig in de prefabricage wordt gebruikt, houdt in dat de bovenzijde van het betonelement zich op de bodem van de bekisting bevindt. Deze manier van werken laat een betere controle toe van de afwerking. Het aspect dat via deze techniek verkregen wordt, is zeer verschillend van dat van traditioneel gegoten beton (in positief). In functie van de aard van de korrelverdelingskromme (continu of discontinu) zal de zwaartekracht de verdeling van de granulaten aan het oppervlak al of niet beïnvloeden, al naargelang dit oppervlak omgedraaid wordt of niet.

TWEELAGIGE STRUCTUUR

De structuur van de prefab platen is van het tweelagige type. Deze techniek rechtvaardigt zich voornamelijk door de hoge kostprijs van edele granulaten en van kleurstof, die met deze techniek maar over een dikte van 7 cm nodig zijn. De overige 15 cm worden gerealiseerd met een klassieke betonsamenstelling en zijn bijgevolg minder duur. Het reduceren van de dikte van de laag die zich aan het oppervlak van de verharding bevindt, leidt ook tot het vermijden van iedere mogelijkheid tot ontmenging van de granulaten. Dit levert een oppervlak op met een hoge dichtheid aan steentjes met dezelfde afmetingen, voor zover de korrelverdelingskromme vanuit die optiek is bedacht (discontinu, kleine D_{max}).





©Dethier Architecture

HET GIETEN VAN BETON VERS OP VERS

De aanleg van een tweelagige verharding brengt met zich mee dat het beton « vers op vers » wordt gegoten, teneinde de hechting tussen de twee lagen te garanderen. De afwerkingslaag moet praktisch gezien zo snel mogelijk, liefst binnen de 30 minuten na de grondlaag worden aangebracht. Het beton kan zo in principe als monolithisch worden beschouwd. De verdeling van de spanningen verloopt rechtlijnig en zonder onderbreking ter hoogte van het raakvlak tussen de twee lagen.

BEKISTING

De afwerkingen, zoals de zijkanten van de platen, werden zo ontworpen dat ze op het ogenblik van de assemblage van de platen op de bouwplaats een gemakkelijke, vlotte en zeer nauwkeurige uitvoering mogelijk maken.

STOCKAGE EN OPLEVERING

Het aantal platen dat kan worden gestapeld, wordt bepaald door hun gewicht maar ook door hun maattoleranties (doorbuiging \pm belangrijk). Iedere plaat meet 4 bij 3 m en weegt 7,5 ton.

De levering van de platen gebeurde dagelijks en één voor één. Voor elk element werd trouwens een logboek bijgehouden. De goedgekeurde platen werden opgelijst op basis van hun meetkundige eigenschappen, met name hun pijlhoogte, om daarna te worden gesorteerd op het ogenblik van de stockage op de bouwplaats. De platen met een bijzonder grote pijlhoogte werden apart bewaard en geval per geval verwerkt (zie assemblage). De geweigerde platen werden verplaatst voor herstelling of vernietiging.



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture

Dankzij het gebruik van een machine uitgerust met een GPS-systeem, is de nauwkeurigheid waarmee de fundering wordt gerealiseerd uitzonderlijk, met name voor wat de vlakheid betreft.

4. ASSEMBLAGE OP DE BOUWPLAATS

De 380 geprefabriceerde betonplaten werden afzonderlijk opgeleverd en één voor één op de bouwplaats gepositioneerd. De mate van detaillering is van die aard dat geen enkele manuele verankering zichtbaar is. Na een aanvankelijk ritme van 8 geplaatste platen per dag, werd tegen het einde van de werken een rendement van 15 platen per dag gehaald.

Werkwijze voor de plaatsing van de platen:

1. Op niveau brengen van de stellaag met een GPS-gestuurde machine
2. Installatie van een raster van hulplijnen
3. Plaatsing van de platen rij per rij
4. Plaatsing van de kasseien tussen de platen
5. Vullen van de voegen

HUJS- EN PLAATSINGSSYSTEEM

Het was de bedoeling om geen enkel zichtbaar hijsanker te hebben. Daarom werd een op maat gemaakt hijsstelsel uitgedacht dat in 90 % van de configuraties gebruikt kon worden. Voor elementen palend aan de waterbassins werd een systeem van chemisch verankerde plaatjes gebruikt, gevolgd door een nauwkeurige handmatige herstelling (14 mm uitboren, vervangen van het ontbrekende steentje). Deze techniek is ook bruikbaar wanneer in de toekomst eventueel één of meerdere betonplaten dienen weggenomen te worden.



©Dethier Architecture





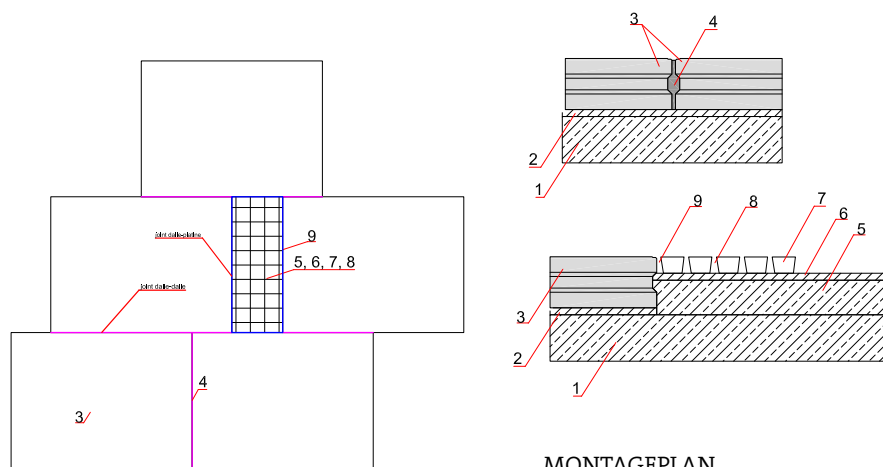
©Dethier Architecture

VULLEN VAN DE VOEGEN

De voeg tussen twee betonplaten verzekert de samenhang en de waterdichtheid. Maar ze moet ook in staat zijn om de uitzetting eigen aan het beton op te vangen, alsook de bewegingen veroorzaakt door de dagelijkse en seizoensgebonden temperatuurschommelingen. Oorspronkelijk voorgeschreven als één enkel product, is de uiteindelijk gekozen oplossing een «multi-voeg», namelijk:

- een voegbodem;
- vulling met een traditioneel voegvullingsmiddel : verzekert de samenhang;
- een zelfnivellerende voegafwerking tot op geringe diepte zodat de hechting en waterdichtheid worden gewaarborgd.

De vervaardiging op de bouwplaats zelf van een « mock-up » op ware grootte heeft onder meer de voegkleur helpen bepalen. De architect koos voor een zwart voegdichtingsproduct.



II. STADSMEUBILAIR, WATERBEKKENS EN FONTEINEN

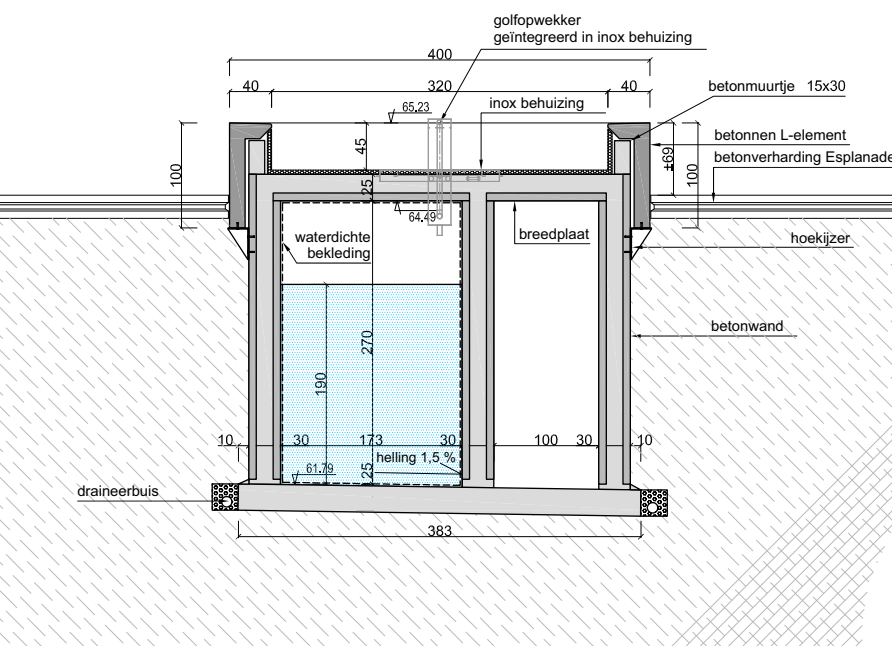
Het evenwicht tussen de aanplantingen, de verharde oppervlakken en de waterpartijen wordt op een subtiele wijze geregeld. Drie 15m lange waterbekkens definiëren, naast de beplantingen met bamboe en andere bomen, de hoofdas van het plein en geven vorm aan de ruimte. De ruimte is op die manier tot menselijke proporties herleid. De banken langs de waterbekkens – volledig geïntegreerd stadsmeubilair – werden eveneens vervaardigd uit geprefabriceerde betonelementen met dezelfde oppervlakbehandeling als die van de verharding. Om een overgang te creëren met het effen wateroppervlak werd het zitoppervlak vervaardigd in glad beton.

1. WATERBEKKENS

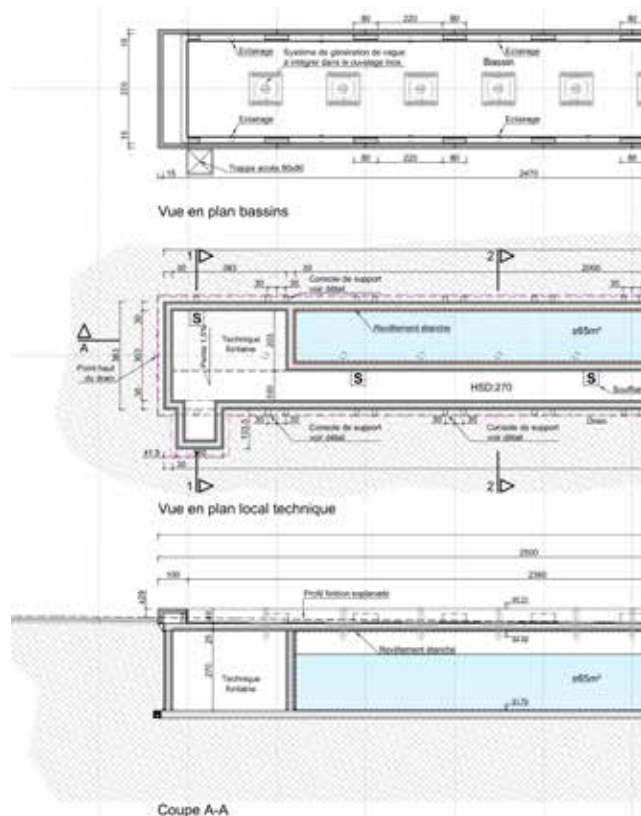
De waterbassins zijn in één stuk gemaakt, met roestvrij stalen elementen ingebouwd in een betonnen structuur, hetgeen het onderhoud vergemakkelijkt. Een technische ruimte die 66 m lang is, herbergt de elektrische bediening van de fonteinen, de pompsystemen en de filters die het water zuiveren middels UV-licht (minder schadelijk voor het milieu). Het water stroomt in een gesloten circuit (130 m³ opgeslagen in twee buffertanks onder het plein) en wordt regelmatig verversd dankzij een 30 m diepe put, die eveneens gebruikt wordt bij handmatig besproeien en waardoor iedere vorm van verspilling wordt vermeden.



©Dethier Architecture



SNEDE 4-4



De technische ruimte is opgebouwd uit typische structurelementen zoals een funderingsplaat in gewapend beton, prenuurelementen en breedplaten. In iedere druklaag is telkens een uitsparing voorzien teneinde de compressoren te integreren. De tolerantiecriteria zijn logischerwijs ook hier zeer streng.

Elementen in geprefabriceerd beton bekleden de randen en de uiteinden van de waterbassins en vormen een horizontale onderbouw waarvan de vloerhoogte oploopt van 50 cm tot 1,50 m. Het oppervlak van de verticale zijde is, net zoals voor de verhardingsplaten, uitgevoerd in zwart uitgewassen beton. De uiteinden van de bassins bestaan uit monolithische elementen die in de fabriek evenwel in verschillende fasen werden gegoten.

2. FONTEINEN

De fonteinen bevinden zich op grondniveau en zijn opgebouwd uit dezelfde platen als de verharding. De betonplaten waarin een fontein moet worden geïntegreerd, worden over cilinders geschoven die het spuitmechanisme bevatten. Iedere locatie is uniek en het resultaat van een minutieus werk, zowel bij het opmeten als tijdens de fabrieksproductie. De toleranties zijn strikt omschreven en iedere uitsparing (vervaardigd met verloren bekistingen) is aangeduid op de productieplannen. Tot slot nog een voorbeeld van detaillering: op de bodem van de bekisting werd een paneel geplaatst teneinde een lichte helling in het betonoppervlak te creëren.



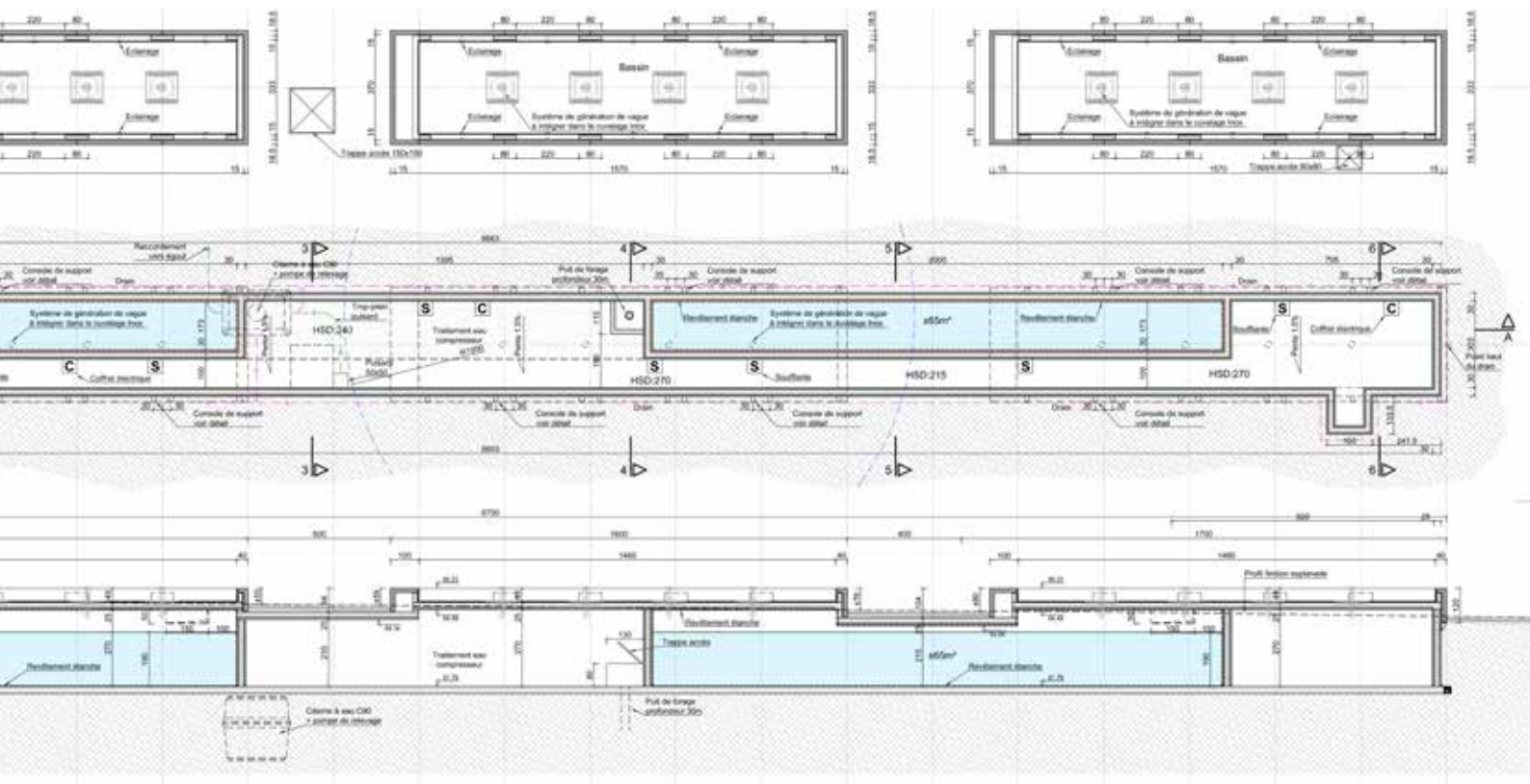
©FEBELCEM



©Serge Brison



©Dethier Architecture





©Serge Brison



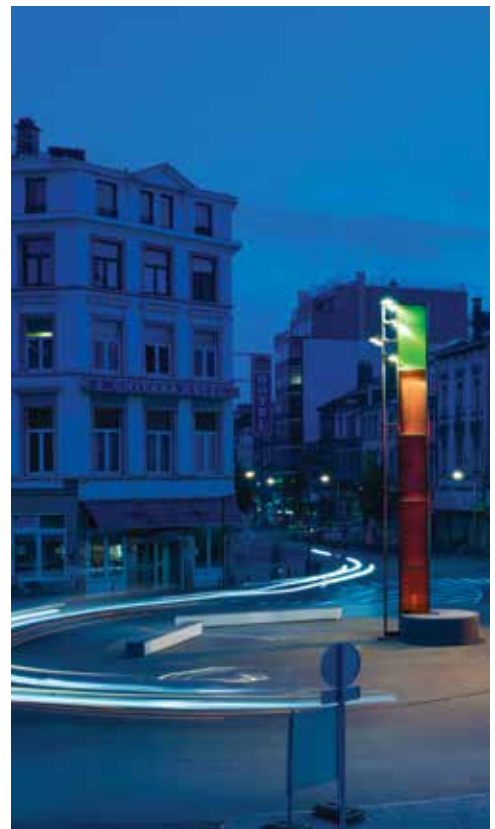
©Serge Brison



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture



©Dethier Architecture



Vrolijk « ballet » van hijskranen op de Luikse Place des Guillemins, naar aanleiding van de plaatsing van de drie waterbekkens. Deze bekkens zijn gemaakt van roestvrij staal en zullen naderhand bekleed worden met prefab betonelementen.
<http://goo.gl/OU4zp3>



Vóór het plaatsen van de bassins, werden injectoren (eveneens van roestvrij staal) ingebouwd in het beton van de technische ruimtes. Met deze installatie kan in de waterpartijen een golfslag gegenereerd worden.
<http://goo.gl/zGoL6R>

INFRASTRUCTUURPROJECT ROTONDE EN BUSBAAN

De perimeter van het project reikt vanzelfsprekend verder dan de ruimte van de Esplanade en grijpt ook in op de omliggende wegeninfrastructuur. Ook voor de realisatie van deze werken werd beton gekozen, omwille van de gewenste harmonie met de Esplanade maar ook in verband met de hoge prestaties die het materiaal als dusdanig garandeert. Dit belangrijk stedelijk wegenknooppunt met intensief busverkeer (grootteorde van 1200 bussen per dag) vergt inderdaad een solide en duurzame infrastructuur.

Logische technische eisen worden gekoppeld aan hoge esthetische criteria, in navolging van het station Guillemins en zijn Esplanade. Het project in zijn totaliteit omvat ook voetpaden, rijwegen, rotondes en de busbanen aangrenzend aan het plein.



©Serge Brison

1. ROTONDE IN DOORGAAND GEWAPEND BETON (DGB)

De rotonde tussen de *rue du Plan Incliné* en de *rue des Guillemins*, is voor het busvervoer de voornaamste toegang tot de site van het station Guillemins. Een rotonde staat garant voor veiliger en vlotter verkeer. Het is een instrument waarvan de doeltreffendheid inzake mobiliteit in stedelijk gebied niet meer aangetoond moet worden.

De Guillemins rotonde werd tot in de kleinste details ontworpen in overeenstemming met een globale aanpak rond duurzaamheid en mobiliteit, teneinde het comfort en de veiligheid van de gebruikers maximaal te garanderen. Met het oog op de duurzaamheid van het geheel opteerden de ontwerpers voor een overschrijdbare strook. Op plaatsen met zeer intens verkeer is het gebruik van prefab boordstenen niet aangewezen omdat het risico bestaat dat deze worden losgewrikt.

De esthetische criteria, en aanvullend hierop de visuele en veiligheidsaspecten eigen aan de mobiliteit, stemmen onvermijdelijk overeen met de architecturale visie op de Esplanade. De rotonde en het aangrenzende verkeerseiland werden vanuit deze intentie ontwikkeld: boordstenen in blauwe hardsteen, rijbaan in gebezemd donker beton, overschrijdbare zone in uitgewassen beton. Helling en verandering van textuur zijn niet enkel een esthetische keuze. Ze vormen een goed zichtbaar signaal dat de aanwezigheid van een obstakel aankondigt. Architecturale elementen zoals de totem – een werk van kunstenaar Jean Glibert – vervolledigen het geheel. De lijnvormige elementen en ook het cirkelvormige voetstuk werden vervaardigd in grijs uitgewassen beton.



©Dethier Architecture



©FEBELCEM

Beton, gebruikt als wegverharding op rotondes, heeft de nodige troeven voor de verwezenlijking van een solide en duurzame constructie. Om een antwoord te bieden op de verschillende types belastingen, zoals hierboven beschreven, beschikt het over de volgende belangrijke kwaliteiten:

- Ongevoeligheid voor spoorvorming
- Goede grip, ongeacht het soort oppervlakbehandeling
- Gering onderhoud

Omdat rotondes strategische knopen zijn voor de doorstroming van het verkeer, zal iedere oplossing die de onderhoudswerkzaamheden en hun frequentie tot het stricte minimum beperkt, des te meer verantwoord zijn. De continuïteit van het wegverkeer wordt zo gegarandeerd en de overlast voor de gebruikers geminimaliseerd.

DE TECHNIEK VAN DOORGAAND GEWAPEND BETON

Alstypestructuur voor de rotonde werd gekozen voor doorgaand gewapend beton (DGB). Deze techniek, oorspronkelijk ontwikkeld op de autosnelwegen, wordt tegenwoordig veelvuldig gebruikt voor rotondes. De verharding van de Guillemins rotonde werd uitgevoerd in klassiek doorgaand DGB, volgens de regels der kunst en in het bijzonder op basis van de voorschriften van het typebestek CCT-RW99 (2004). Een bijzonderheid evenwel: de rotonde werd vervaardigd in zwart beton. De samenstelling van het beton omvat bijgevolg ook kleuropigmenten.

In vergelijking met klassiek DGB volgt de wapening de kromming van de rotonde. Tegelijk ontstaat aan de binnenkant van de rijbaan een zelfblokkerende structuur waardoor scheuren zich niet significant kunnen openen. Het percentage effectieve wapening kan hierdoor worden verminderd tot 0,67 %, daar waar het in traditioneel DGB 0,75 bedraagt. Vermits de buitenring duidelijk het meest wordt belast, kan een bijkomende verlaging van het wapeningspercentage worden toegepast in het midden van de verharding. Ondanks deze verlaging ten opzichte van traditioneel DGB is de dichtheid van de wapening toch nog hoog. De keuze voor een lage D_{max} blijft daarom van toepassing.

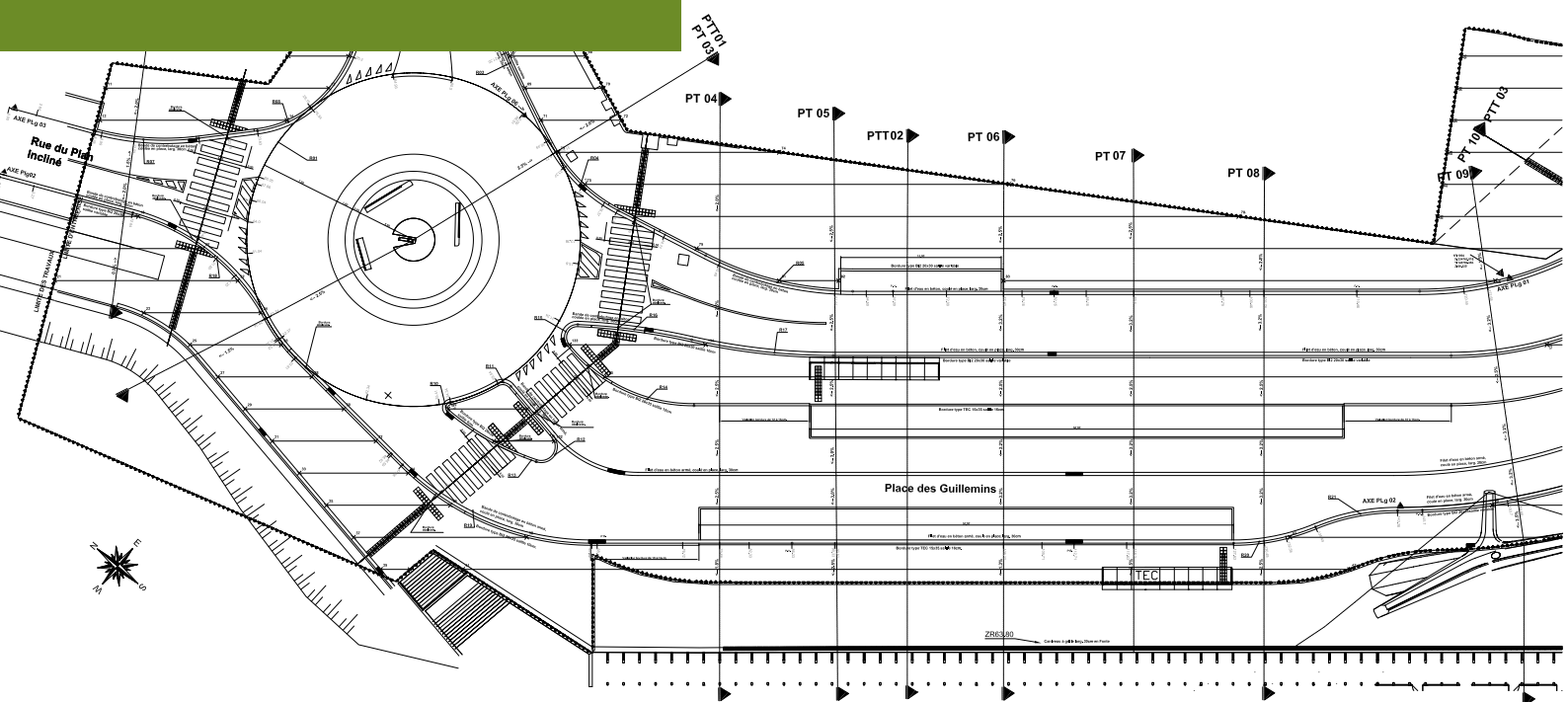
De samenstelling van het DGB voor deze rotonde is, gezien het feit dat de mechanische en duurzaamheidsprestaties gelijkaardig zijn, dezelfde als voor een traditioneel wegenbeton. De kleur van de verharding is zwart en de oppervlaktebehandeling bestaat uit dwarsbezemen. De overschrijdbare strook werd verwezenlijkt met een andere oppervlaktebehandeling, namelijk uitwassen.

DGB - PRINCIPE

Het basisprincipe van een verharding in DGB is de integratie in het wegdek van een wapening teneinde scheurvorming te beheersen. Dit type verharding is een alternatief voor platenbeton en maakt een uitvoering mogelijk zonder voegen. Omwille van de belangrijke spanningen eigen aan het verkeer op een rotonde, veroorzaken voegen een aanzienlijke verzwakking van het wegdek. Maar ook de geometrie van een rotonde is een complex vraagstuk.

Twee soorten wapeningen worden bovenaan in de betonverharding geplaatst:

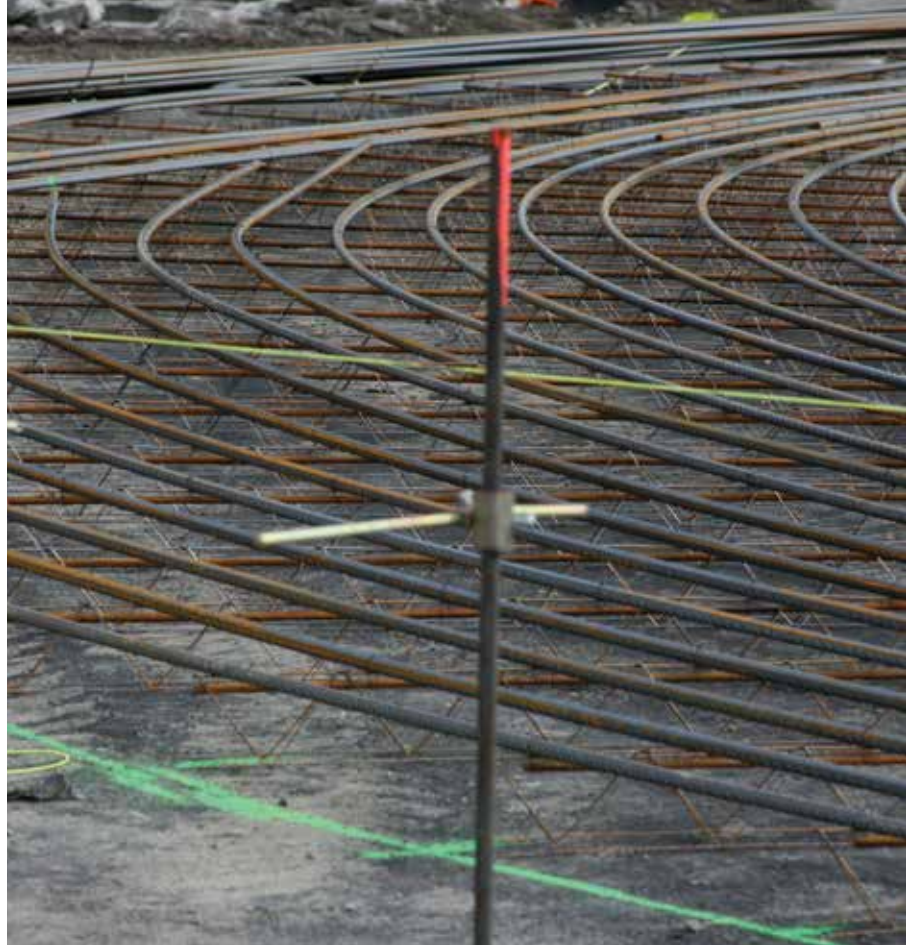
- Langswapening: scheurpatroon en controle van de scheurwijdte ;
- Dwarswapening: opnemen van de buitenwaartse radiale krachten.



UITVOERING

De rotonde werd gerealiseerd met een glijbekistingsmachine en in meerdere fasen:

- **Phase 1:** betonneren van de volledige binnenring.
- **Phase 2:** betonneren van de buitenring met verankerde werkvoeg.
- **Phase 3:** realisatie van de binnenkant van de rammelstrook.
- **Phase 4:** betonneren van de buitenkant van de overschrijdbare strook en aanleg van het middeneiland.
- **Phase 5:** realisatie van de aanzetten van de busbanen.



©Dethier Architecture



2. BUSBANEN IN PLATENBETON

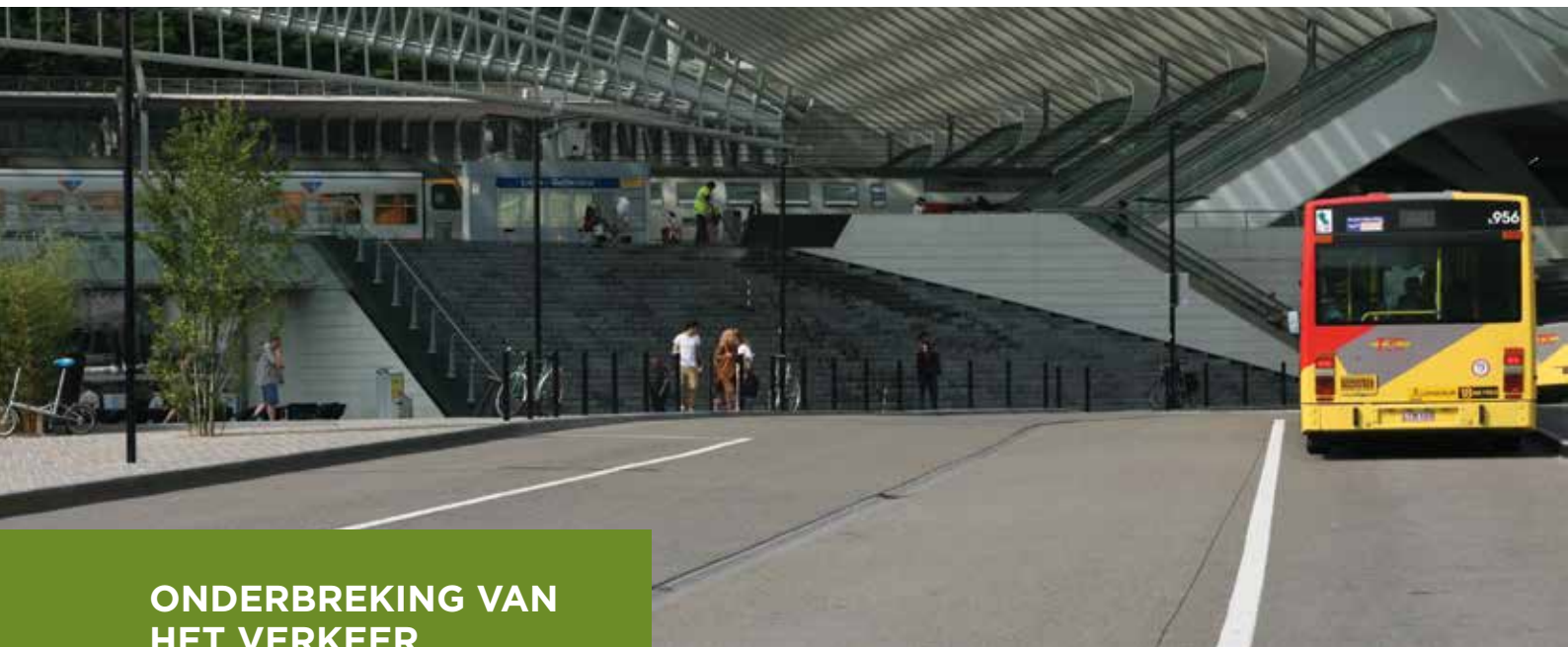
Busbanen maken ook een wezenlijk deel uit van het stedenbouwkundige project rond de *place des Guillemins*. Bovenop het project- en mobiliteitsplan, is het hier aangewezen om aangepaste voorzieningen te ontwerpen, zowel voor de gebruikers als voor de uitbaters. De bussen rijden over het plein op voorbehouden banen, wat een vlotte verkeersstroom bevordert, zowel voor het busverkeer als voor personenauto's.

De kwaliteit van de voorzieningen heeft een rechtstreekse invloed op de betrouwbaarheid en de stiptheid van het openbaar vervoer en bijgevolg ook op de tevredenheid van de reizigers. Vooreerst moet de weg zo weinig mogelijk beschadigd raken, zodat herstellingen, die vaak gepaard gaan met verkeershinder, niet nodig zijn. Ten tweede is een weg die weinig of geen onderhoud vergt een aanzienlijk voordeel voor de beheerder. Tenslotte is het belangrijk dat de weg een lange levensduur kent en belangrijke herstellingen of structurele onderhoudsbeurten vermeden worden.

De zone bestemd voor bussen omvat vier perronstroken van 50 m. Bovendien moeten bussen elkaar kunnen kruisen wanneer aan beide kanten van de weg nog 2 andere bussen stilstaan. De weg moet dus voldoende breed zijn voor vier voertuigen naast elkaar. Bepaalde ontwerpdetails getuigen van de geometrische moeilijkheid, zoals bijvoorbeeld de keuze voor een centrale goot over de hele lengte. Behalve dat ze in de eerste plaats dient om het water af te voeren bakent ze ook de rijbanen af.

In antwoord op de eerder geformuleerde belastingen, bestaat de verharding van de busbanen uit gedevelde platen uitgevoerd in uitgewassen beton. Deze oplossing beantwoordt volledig aan de gestelde eisen. Een dergelijke discontinue verharding beschikt met name over de volgende eigenschappen:

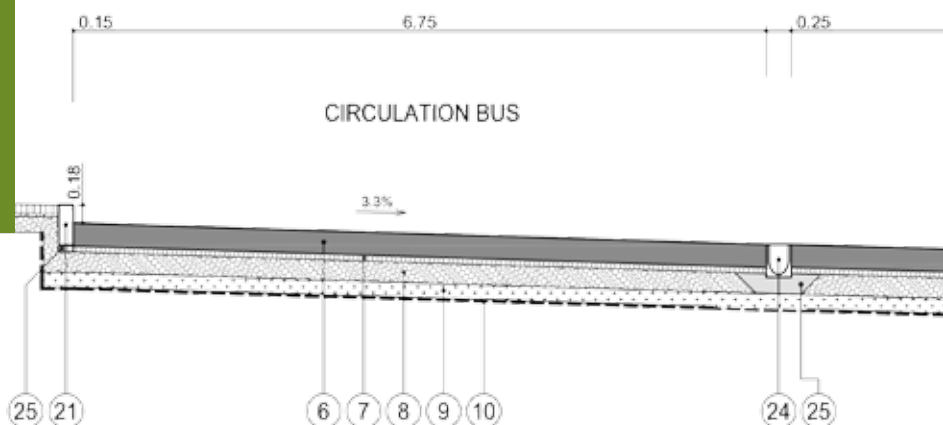
- weinig onderhoud (behalve de voegen);
- lange levensduur;
- ongevoelig voor spoorvorming;
- spanningen t.g.v. versnellende/remmende voertuigen worden goed opgevangen.



ONDERBREKING VAN HET VERKEER

Dankzij de kwaliteit van de betonsamenstelling kan – om een voorbeeld te noemen – een busbaan vier tot zeven dagen na haar voltooiing reeds operationeel zijn, t.t.z. vanaf het ogenblik dat de gemeten drukweerstand gemiddeld 40 MPa bedraagt (CCT-Qualiroutes 2012).

©FEBELCEM



OPPERVLAKBEHANDELING

De techniek van het uitwassen verleent aan het beton een uitmuntende oppervlakkwaliteit qua stroefheid. Vanuit esthetische motieven en met het oog op een zo monolithisch mogelijk geheel, werd ernaar gestreefd om zoveel mogelijk gelijkenissen te creëren met het oppervlakaspect van de geprefabriceerde betonplaten die gebruikt werden in de aangrenzende voetgangerszone.

Afgezien van de esthetische maatstaven moet rekening worden gehouden met verscheidene prestatiecriteria eigen aan een verharding bestemd voor rijdend verkeer, met name:

- stroefheid: uitwasdiepte
- intrinsieke eigenschappen van de granulaten:
 - weerstand tegen polijsting (PSV)
 - slijtweerstand (Micro Deval)
 - weerstand tegen verbrijzeling (LA)

Op basis van deze eisen werd voor de busbanen porfier gebruikt in de betonsamenstelling. Vergeleken met deze van de Esplanade is er een zichtbaar en logisch verschil in uiterlijk. De uitvoeringmethode is dan ook totaal verschillend. De verharding van de busbanen is samengesteld uit een eenlagige structuur en uitgevoerd met behulp van een glijbekistingsmachine. Het resultaat is dat het betonoppervlak een minder homogeen aspect heeft en waarin meer mortel zichtbaar is.



VOEGEN

Bij verhardingen in platenbeton worden de scheuren beheerst dankzij krimpvoegen. De verharding is gewoonlijk ongewapend en de onvermijdelijke scheurvorming, veroorzaakt door de plastische krimp van het beton, wordt dan opgevangen door de voegen. Teneinde de doeltreffendheid van deze voegen te waarborgen moeten een aantal essentiële regels gerespecteerd worden:

- een zaagsnede tot op 1/3 van de dikte van de verharding;
- afmeting van de platen: $1 \leq l/L \leq 1,5$;
- de voegafstand is ook functie van de dikte van de verharding.

Het voegschema van de verharding werd ook in die zin uitgewerkt.

Dilatatievoegen werden voorzien aan begin en einde, alsook op plaatsen waar langse werkvoegen verspringen.

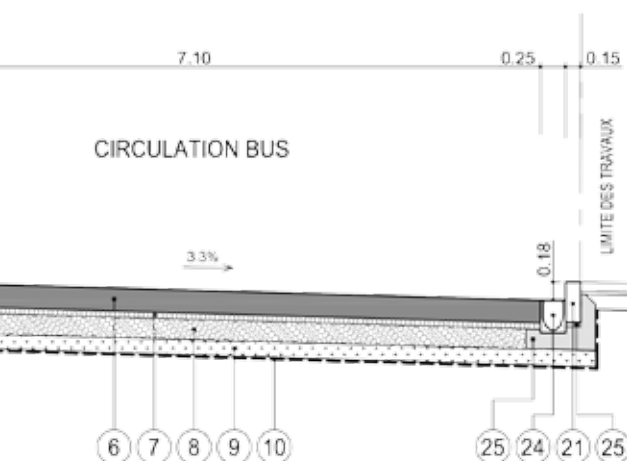


©FEBELCEM

VOEGVULLING

De voegen worden, volgens de methode die meestal gekozen wordt in de wegenbouw, dichtgemaakt met een warme voegmassa. De voegen zijn de enige onderdelen van de verharding die een minimaal onderhoud vergen. We schatten dat ze iedere 5 à 10 jaar moeten worden nagekeken.

BUSVERKEER (vervoersmaatschappij TEC)



- 6 – Discontinue betonverharding, dikte 23 cm; de goot wordt tegelijk met de verharding uitgevoerd
- 7 – Asfalt tussenlaag/profileerlaag, dikte 6 cm
- 8 – Fundering in mager beton type 1, dikte 20 cm
- 9 – Onderfundering type 2, dikte 15 cm
- 10 – Geotextiel op de bodem van de baanvoering
- 24 – Goot in gewapend beton, ter plaatse gestort, type IIE2, breedte 300 mm
- 25 – Fundering in mager beton type II, fundering kantopsluiting lijnvormig element, doorsnede $0,10 < S < 0,15$ m, dikte 5 cm, moet vers zijn tijdens plaatsing van boordsteen



©COLAS

EEN GOEDE TIMING

Vanaf 6 tot 24 uur na het betonneren, in functie van de temperatuur en dus de bindingssnelheid, worden de voegen ingezaagd tot op 1/3 van de dikte van het beton. Onder deze zaagsnede zal het beton tijdens de daaropvolgende dagen scheuren: de verharding wordt aldus opgedeeld in platen van 4,5 m lengte.

Na het zagen van de voegen en uiterlijk 48 uur na het betonneren (aan te passen in functie van de weersomstandigheden) wordt de cementmelk op het betonoppervlak met water weggeborsteld. Zo ontstaat een uitgewassen oppervlak met zeer goede eigenschappen inzake stroefheid en rolgeluid.



©COLAS

UITVOERING

De uitvoeringsaspecten van de busbanen voor het Guillemins project zijn gelijkaardig aan iedere andere realisatie uitgevoerd in uitgewassen en gedeuveld platenbeton. Hier werd de verharding gerealiseerd met een glijbekistingsmachine (slipform).

De voornaamste stappen zijn:

1. voorbereiden van de baankoffer
2. plaatsen van de deuvels
3. storten van het beton
4. verdichten door middel van trilnaalden
5. afstrijken met de trilbalk
6. verstuiven van de bindingsvertrager, de verharding afdekken met een plastic folie
7. zagen van de voegen
8. uitwassen en reinigen
9. beschermen van het beton tegen uitdroging

De etappes 3-4-5 kunnen worden gerealiseerd met de glijbekistingsmachine.

De breedte van de busbaan is niet constant. Daarom werd deze manueel aangelegd (bekisting/wapening/betonneren met behulp van trilbalk).

De goten werden daarentegen gerealiseerd met de slipform.

UITVOERINGSDETAILS

Met beton is ook een volledig monolitische structuur mogelijk. Zo werd de centrale goot tegelijkertijd met de rijbanen gerealiseerd. Deze keuze waarborgt een rigide structuur, overrijdbaar door alle mogelijke verkeer – zware vrachtwagens inbegrepen. Indien aparte lijnvormige elementen worden gebruikt, bestaat het risico dat deze losgewrikt worden wanneer de zone onderworpen wordt aan veel verkeer. Bovendien, en met het oog op de stroom aan zware voertuigen, werd de ingebouwde goot ook van wapening voorzien.

Een strook gebezemd beton met lichte kleur belichaamt de overgang tussen de busbanen en de openbare weg. Het ontbreken van een niveauverschil komt de continuïteit van de ruimte ten goede. Het toekomstbeeld van deze zone is een echte ontmoetingsplaats waar de openbare ruimte, het busvervoer maar ook het geplande tramnet bijeenkomen. Het beton met een heldere kleur is een visueel signaal voor een bestemmingsverandering (busbaan – wegennet). Ter aanvulling werden 8750 inox spijkerkoppen in het wegdek aangebracht om de begrenzing van de voetgangerszone aan te duiden.

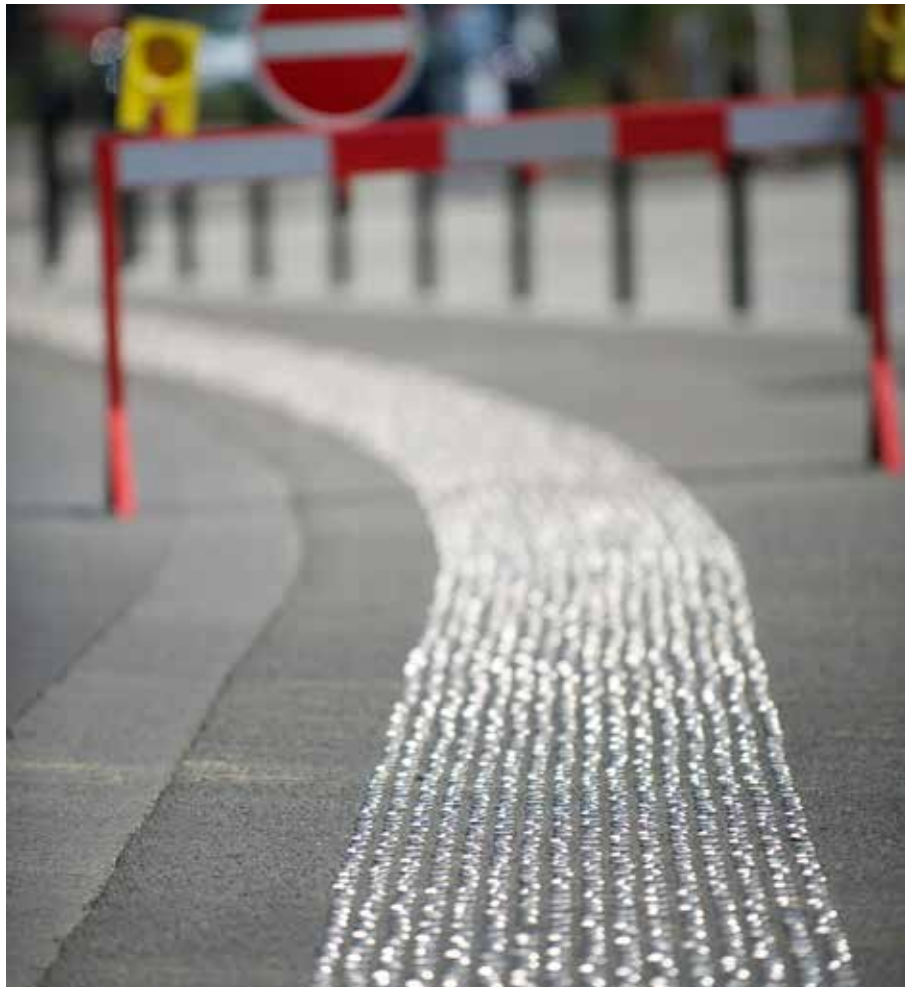
Goten en kantopsluitingen zijn gewapend middels twee langsstaven, diameter 12 mm. Zij rusten op stalen staven van 8 mm in een U geplooid en vastgehecht in het mager beton van de fundering onder de lijnvormige elementen.



©FEBELCEM



©FEBELCEM



©Dethier Architecture

BESLUIT

Het project Guillemins Esplanade illustreert verschillende facetten van het gebruik van beton voor infrastructuurwerken en publieke ruimtes. Door prefab elementen en ter plaatse gestort beton te combineren werden niet minder dan zeven verschillende oppervlakafwerkingen gerealiseerd. Toch vormen zij samen een coherent esthetisch geheel dat tevens voldoet aan technische prestatie-eisen en duurzaamheidscriteria van hoog niveau.

De prefab platen in gekleurd uitgewassen beton en het stadsmeubilair vormen een kwalitatief geslaagd ensemble. De betonplaten met hun korrelig oppervlak en donkere tint definiëren een ruimte op schaal van de mens en contrasteren met het wit van Calatrava's stationskathedraal. De precisie van uitvoering en de coördinatie tijdens de verschillende voorbereidende werken waren doorslaggevend voor het welslagen van het project. Het resultaat is een verharding die duurzaam zal zijn, zowel vanuit esthetisch oogpunt als voor wat zijn bestandheid tegen allerhande toekomstige belastingen betreft.

Tot slot, de rotonde en de busbaan, die een zenuwknoppunt vormen in de Luikse verkeersafwikkeling, worden eveneens door de keuze van beton als verhardingsmateriaal ingeschakeld in de globale duurzaamheidspolitiek. Dankzij zijn recycleerbaarheid en robuustheid biedt beton een performant en langdurig gewaarborgd antwoord op intensief busverkeer.



BIBLIOGRAFIE

Busbanen in beton, FEBELCEM, oktober 2009

Verhardingen in gekleurd uitgewassen beton, FEBELCEM, december 2010

Rotondes in beton, FEBELCEM, oktober 2011

Betonwegen : een doordachte en duurzame keuze, FEBELCEM, 2009

Béton et espaces publics, Solutions Béton, Construction Moderne N°108

Rotondes in beton, net even anders, Beton Goed op Weg, Cement&Beton Centrum, Oktober 2012

Carrefours et giratoires – Des solutions durables en béton de ciment, Collection Technique Cimbeton T56, Septembre 2005

CCT-Qualiroutes 2012, Service Public de Wallonie

www.dethier.be/fr/projets/place-des-guillemins

www.infociments.fr

Dit bulletin kwam tot stand in nauwe samenwerking met Thomas Faes (Dethier Architecture) en met de medewerking van PREFER en COLAS, die de technische dossiers aanleverden. Onze welgemeende dank.



©Dethier Architecture



I-8

Dit bulletin is een publicatie van
FEBELCEM
Federatie van Belgische Cementnijverheid
Vorstlaan 68 - 1170 Brussel
tél. 02 645 52 11 – fax 02 640 06 70
www.febelcem.be
info@febelcem.be

Auteur :
ir.-arch. N. Balfroid

Wettelijk depot :
D/2014/0280/07

Verantw. uitgever:
A. Jasienski

infobeton.be

