

## 2 décembre 2010 à Lille Le Grand Stade de Lille Métropole

La délégation Nord Picardie a organisé le 2 décembre à Lille, en partenariat avec Construiracier et Polytech Lille, une journée consacrée au Grand Stade.

Cet ouvrage remarquable par ses dimensions et sa modularité a été attribué dans le cadre d'un PPP par la Communauté Urbaine de Lille Métropole à la Société Concessionnaire Elisa (Eiffage Lille Stadium Arena) qui en assure la maîtrise d'ouvrage et qui en aura la charge d'exploitation pour une durée de 31 ans.

Il préfigure les travaux d'importance à venir au niveau national pour recevoir l'Euro 2016.

Equipement de 50 000 places pour les rencontres sportives, avec une toiture amovible en 30 minutes, il permettra par une modularité très originale du terrain de recevoir des spectacles pouvant accueillir 25 000 spectateurs. Un système hydraulique permettra le levage de la moitié du terrain et sa translation sur l'autre moitié restant en place, dégageant ainsi une fosse avec gradins amovibles pour les spectacles.

La gageure technique est sans conteste les « méga poutres » métalliques de 17 m de hauteur et d'une portée unique de 205 m. Elles doivent permettre de dégager une vision totale de l'ensemble des spectateurs quelle que soit sa position sur les gradins les plus hauts.

La conception de ces poutres est une première mondiale, avec une membrure inférieure type « chaîne à vélo » articulée précontrainte par câbles 55T15 et 37T15. Elles seront équipées et levées en une seule fois pour un poids de 7400 t et posées sur les « mega poteaux » avant les opérations de finitions.

L'ensemble de la préparation est faite au sol et une opération d'envergure a déjà été réalisée avec le basculement de ces poutres fin octobre.

### Rappel du programme

8h45 : Accueil des participants à l'amphithéâtre de Polytech'Lille, Université Lille1

9h15 : Le mot du Président

*Yannick JEANJEAN, Président de la Délégation AFGC Nord Picardie*

9h20 : Présentation globale du projet

Le stade et l'ensemble des ouvrages d'accompagnement  
Le PPP - Le dialogue compétitif

*Gilles MALAVALLON, ELISA (Eiffage Lille Stadium Arena), Maître d'ouvrage*

9h55 : Présentation architecturale

*Jean Pierre GUERIN, Valode et Pistre Architectes*

10h15 : La proposition Eiffage (volet exploitation / financement)

Les espaces annexes

*Gilles MALAVALLON, ELISA*

10h30 : Pause

10h45 : Les grands enjeux de conception des structures  
Fondations, Structures béton, Plateau mobile, Enveloppe  
*Stéphane DANDOY, Eiffage TP, Chantier Grand Stade Lille métropole*

11h20 : La mégastructure métallique

Conception et calcul, Fabrication et transport

Montage, basculement et levage, Mise en précontrainte  
*R PICARD, Eiffel - Jean-Marie CREMER, BE Greisch - Jérémie BAUMGARTNER, Eiffage TP Précontrainte*

13h00 : Déjeuner

14h00 : Planning de réalisation

*S DANDOY, S. VIALARD, Eiffage TP Chantier Grand Stade Lille métropole*

14h20 : Intégration du développement durable en conception et réalisation

*Stéphane DANDOY, L. PETIT, Eiffage TP Chantier Grand Stade Lille métropole*

15h15 : Conclusion des exposés

15h30 : Transfert en cars vers le chantier

15h45 : Visite du pavillon d'accueil : film du chantier, maquette, Points de vue sur chantier tribune Nord et zone Sud Est

17h00 : Retour des cars vers Polytech

### Synthèse des conférences

#### Présentation globale du projet

*Gilles MALAVALLON, ELISA (Eiffage Lille Stadium Arena), Maître d'ouvrage*

ELISA (Eiffage Lille Stadium Aréna) est la société créée par Eiffage pour le Projet du Grand Stade

- Signataire du Contrat de Partenariat avec Lille Métropole
- Maître d'Ouvrage du Grand Stade :
  - ✓ Assure la garantie de disponibilité et de performance
  - ✓ Assure l'entretien et la maintenance pendant 31 ans
  - ✓ Assure la mise à disposition au LOSC
  - ✓ Exploite le stade pendant 31 ans
  - ✓ Garantit des recettes d'exploitation à LMCU

#### La procédure : Cadre Contractuel

- Contrat de partenariat basé sur la « complexité technique »
- Procédure en « dialogue compétitif » avec règlement de consultation et pièces techniques, financières et juridique
- AAPC pour 3 candidats minimum (5 maximum) lancé fin 2006 par LMCU, suite à une étude préalable
- Le Club résident, le LOSC, non partie prenante à la consultation
- Procédure gérée en moins d'un an par LMCU
- Deux remises d'offres intermédiaires avant une Offre Finale (engageante)
- Constitution d'une équipe projet publique transversale aux services + assistants à la personne publique en :
  - ✓ Programmation sportive
  - ✓ Gestion procédure
  - ✓ Juridique
  - ✓ Financier

<b>Remise de l'Offre Finale</b>	<b>21 décembre 07</b>
<b>Désignation du lauréat pressenti</b>	<b>01 février 2008</b>
<b>Phase de mise au point</b>	<b>février 08 à septembre 08</b>
<b>Vote du Conseil Communautaire</b>	<b>25 septembre 08</b>
<b>Signature du Contrat de Partenariat</b>	<b>15 octobre 2008</b>
<b>Signature des contrats de financement</b>	<b>21 novembre 2009</b>
<b>Dépôt du permis de construire</b>	<b>13 novembre 2008</b>
<b>Enquête Publique – ICPE chantier</b>	<b>10 mars - 20 avril 2009</b>
<b>Enquêtes Publiques – PC/PLU/Accessibilité</b>	<b>15 mai – 20 juin 2009</b>
<b>Obtention PC</b>	<b>17 Décembre 2009</b>
<b>Démarrage des travaux</b>	<b>Mars 2010</b>
<b>Durée de réalisation (yc autorisations)</b>	<b>45 mois</b>
<b>Mise à disposition du Grand Stade</b>	<b>juillet 2012</b>
<b>Fin du Contrat de Partenariat</b>	<b>juillet 2043</b>

Planning général du Projet

### La procédure : aspects Projet Eiffage

- Complexité technique nécessitant de nombreuses expertises
- Un site techniquement difficile et contraint
- Complexité du montage juridique et financier avec :
  - Recettes garanties d'exploitation commerciale
  - Recettes garanties de valorisation immobilière
- Des engagements financiers et économiques en phase de développement lourds :
  - Phase études & développement (1 % valeur du Projet)
  - Importance des fonds propres mobilisés (60 M€) et garanties
- Des transferts de risques importants et non standards
- Pas de contact avec le club résident
- Un projet très sensible, avec des enjeux importants

### La procédure : aspects opérationnels

- Equipe projet structurée tout au long de la procédure
  - 9 mois de dialogue compétitif et offre finale
  - 8 mois de phase de mise au point
- 2 propositions intermédiaires très complètes & complexes
- Faible nombre de séances d'audition : 2
- Des délais courts entre les propositions
- Insertion des aspects juridiques (contrat) après les propositions fonctionnelles et économiques
- Une crise financière entre Offre Finale et signature du CP
- Nombreux changements législatifs



Equipe Projet Eiffage GSLM

## La réalité de la phase opérationnelle

LMCU = Maitrise d'Usage  
ELISA = Maitre d'Ouvrage

- Gouvernance de projet publique / privé, très sensible
- Dépendance des équipes par le caractère intégré des engagements contractuels : Grand Stade & accessibilité
- Importance de gestion des interfaces
  - Gestion du planning
  - Gestion des procédures
  - Gestion des engagements contractuels flous
  - Ambiguïté des responsabilités
- Engagements des équipes autour du projet
- Interférences entre contexte Politique local et évolutions du projet
- Pression médiatique constante : ouvrage sportif pour le Foot

## Les engagements publics dans le PPP

- Engagements Politiques forts et constants
- Stabilité durable d'une équipe Projet importante et compétente
- une gestion de projet rigoureuse
- Définition et gestion de programme fonctionnel
- Maintien de la confidentialité des idées et des offres en phase concours
- Acceptation du transfert de Maîtrise d'Ouvrage
- Importance de la gestion contractuelle du Projet
- Participation du Partenaire au financement limitée à 20%
- Interface publique sur les risques sportifs du club résident

- Gestion publique de l'accessibilité du stade pour toutes les jauges

## Les apports du PPP pour LMCU

- Montage permettant de passer la jauge à 50 000 places
- Engagements LMCU sur des projets détaillés avec une approche complète intégrant l'exploitation
- Engagements privés sur performances, délais et coûts
- Transferts importants de risques vers l'opérateur privé
- Maintien d'un suivi du Projet pendant toutes ses phases
- Souplesse et réactivité en phase opérationnelle
- Intégration des contraintes d'exploitation très en amont
- Participations du partenaire au financement par l'exploitation commerciale du stade
- Maintenance et performances techniques garanties pendant 31 ans

## Plus qu'un stade de football

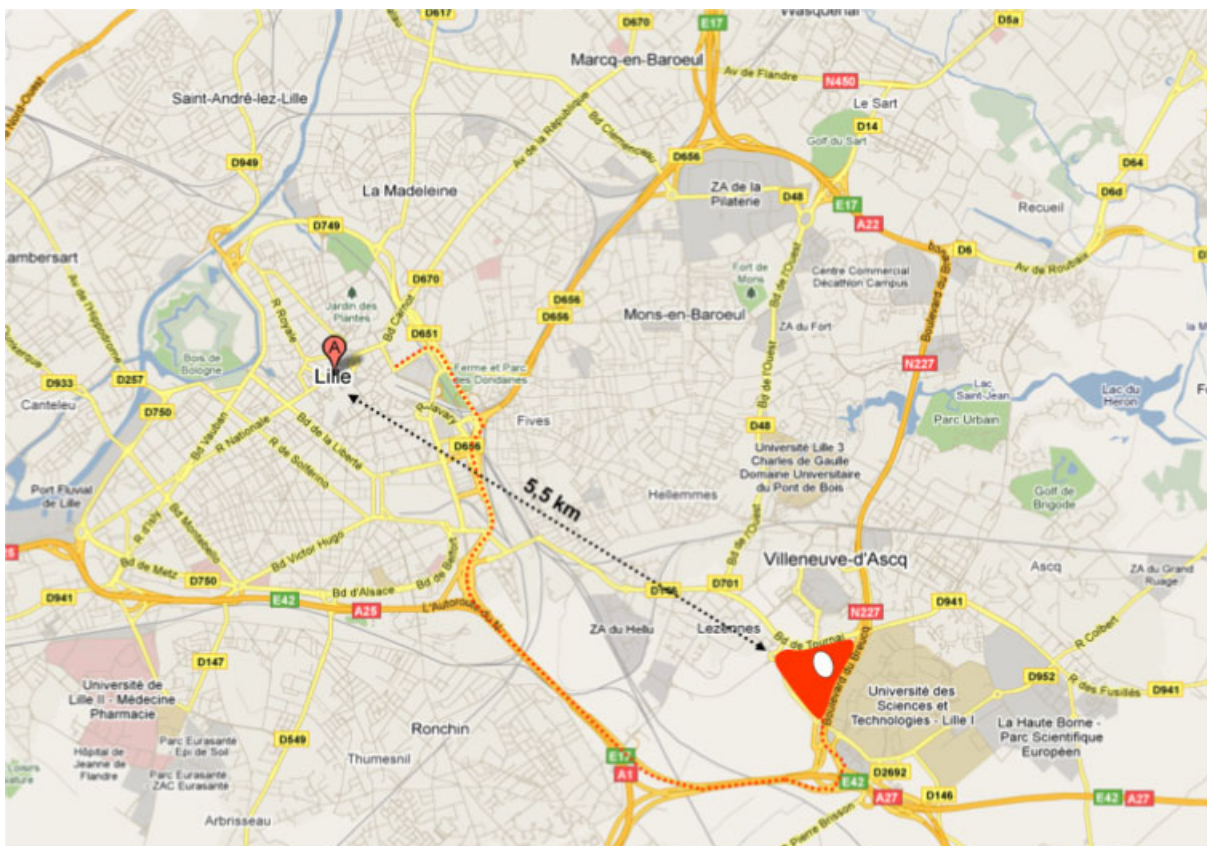
- Un équipement réellement multifonctionnel de 6 300 à 56 000 personnes, avec une véritable Arène intégrée la plus grande Arène d'Europe (30 000 PI)
- une conception permettant une transformation rapide selon les configurations et jauges
- Une destination tout public par son confort, sa sécurité, son accessibilité, les services, la programmation, ses espaces réceptifs
- Programmation d'événements variés : sportifs, culturels, familiaux ou d'animations de proximité
- Une référence française « sports et spectacles »

## Relations avec le Club Résident

- Le Club n'est pas intervenu dans le choix du projet
- LMCU garantit au Club par convention un cahier des charges de Projet
- Le Club est associé en phase de mise au point (APS/APD/PRO)
- LMCU garantit au Club la définition des conditions de mise à disposition du stade pour ses matches à domicile
- LMCU garantit le Partenaire du risque sportif et trafic du Club
- Le Club est prioritaire en programmation
- ELISA garantit la disponibilité et les performances des ouvrages
- Le Club gère la billetterie et droits marketing de ses matches
- Le Club et ELISA définissent des actions marketing conjointes
- Coordination dans les dispositifs de gestion et d'exploitation du Stade & choix de prestataires communs

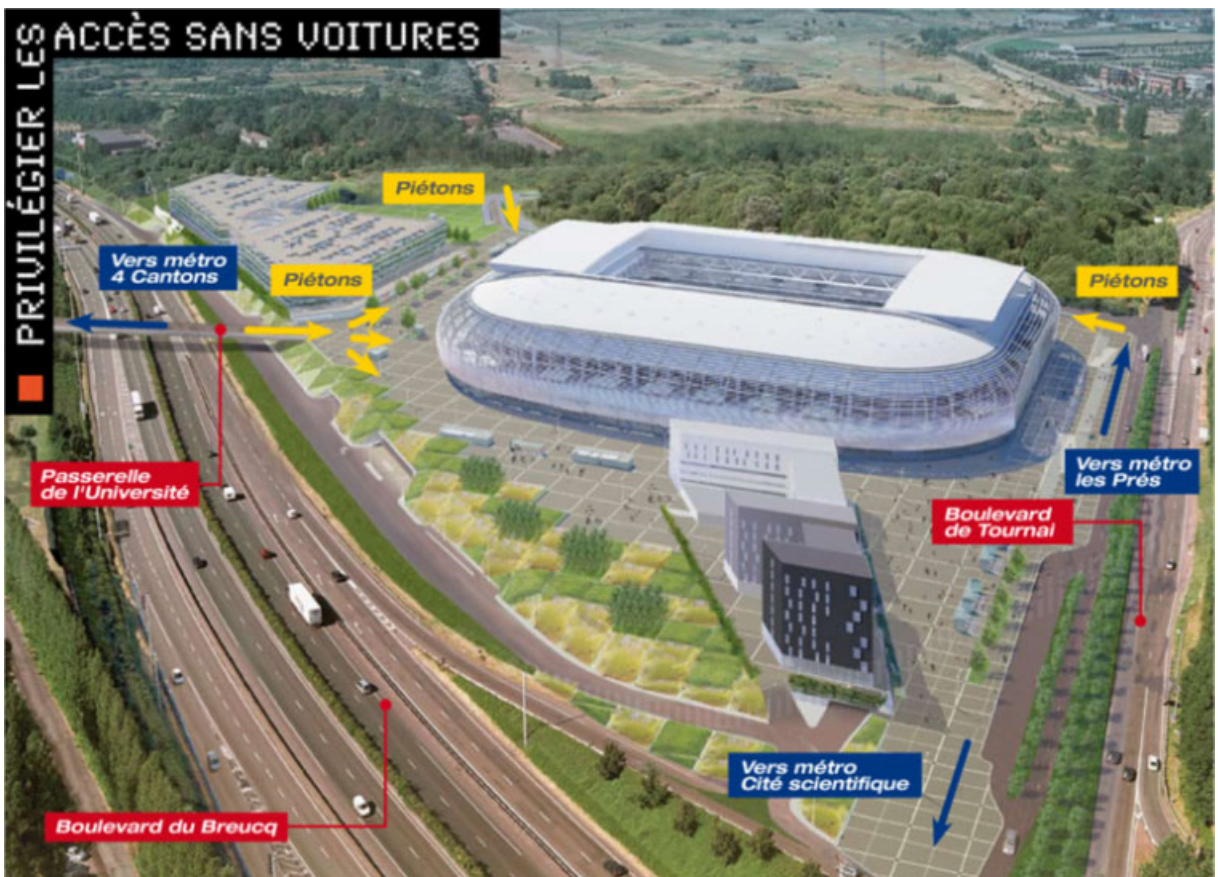
## Fiche d'identité

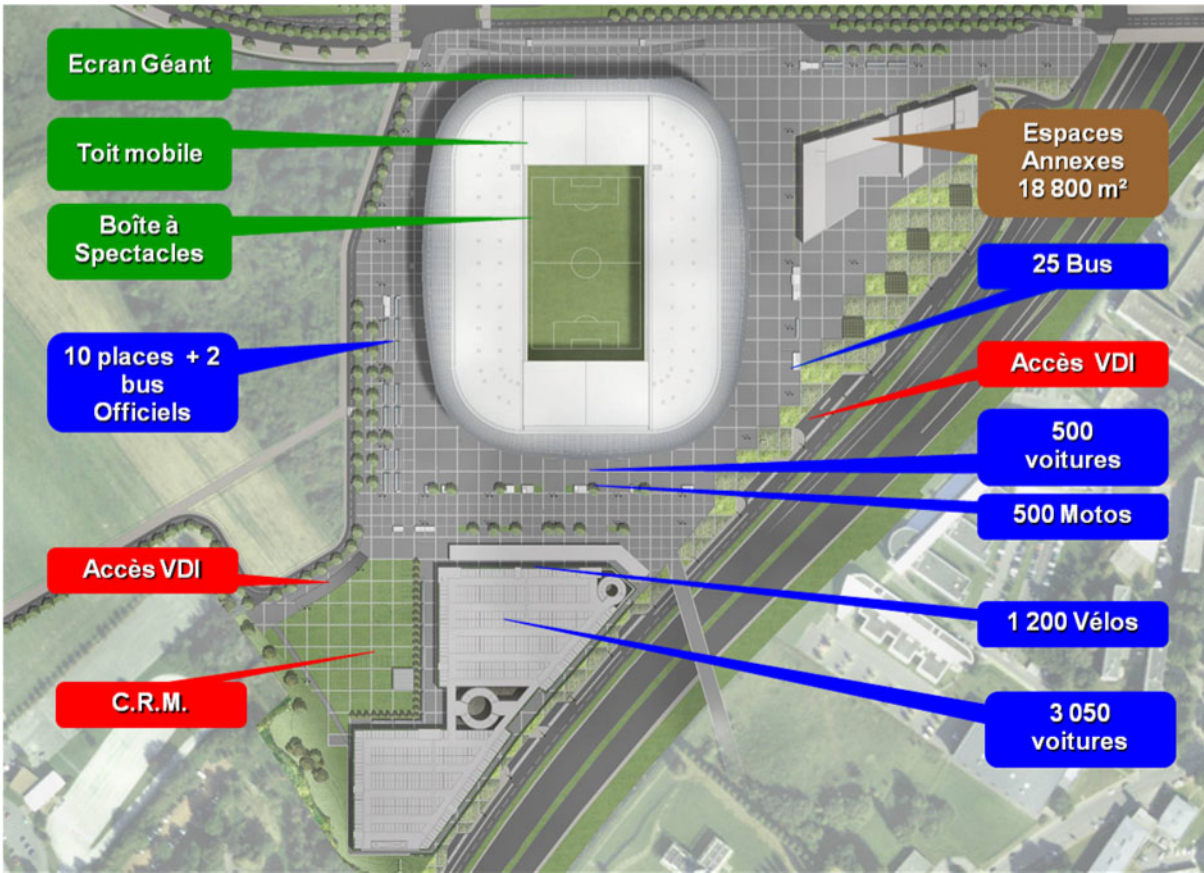
- 50 000 places pour football et rugby - (capacité maximale 50 157)
  - 42 750 places grand public
  - 7 300 places loges et business seats (10 000 m<sup>2</sup> d'espaces réceptifs) dont 450 places protocoles & 324 Presse
- Capacité d'accueil de 2 500 Visiteurs (secteur réservé)
- Capacité d'accueil de 500 places PMR réparties toutes catégories
- Une Aréna intégrée « Boite à Spectacle » d'une jauge de 30 000 places
- Toiture mobile - fermeture totale en 30 minutes
- demi-pelouse nord mobile en 24H pour ouvrir la « Boite à Spectacles »
- 3 500 places de stationnement sur site + 500 motos + 1 200 vélos + 25 cars
- 7 000 places de stationnement hors site + 45 cars
- Accès métro par Ligne 1 et Ligne 2 (navette)

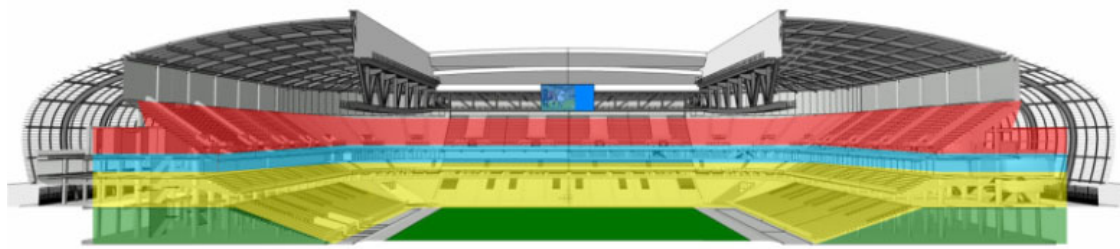




Accessibilité au GSLM







■ **Volée Haute Grand Public : 22 111 places**  
+ Presse : 324 places

■ **Volée Intermédiaire : 7 296 places**  
- Business seats : 5 282 places  
- Loges : 1 564 places  
- Protocole : 450 places

■ **Volée Basse Grand Public : 20 426 places**

**50 157 places**

■ **La Pelouse, les vestiaires, zone technique et voie de desserte interne**



Stade configuration football

- Séminaires, conventions et toutes opérations corporates
- Opérations commerciales, expositions, showroom,
- Réceptions et événements
- Un espace d'animation et de divertissements
- Un lieu de communication, d'identification et de rencontre



Stade configuration rugby

Plus qu'un Stade : un espace multi-activités

- Matches du LOSC
- Matches événementiels de football et de rugby
- Grands concerts et spectacles familiaux
- Sports indoor : basket, handball, volley, tennis,...
- Concerts, spectacles et shows indoor

ESPACES	m <sup>2</sup>
Auditorium	230
Salon Visiteur	530
Salon Central	700
Espace Panoramique	420
Espace Grand Salon	600
Salon Protocolaire	305
Salle de Réunion	150
Loges	1 868
Espaces studios modulables	500
Salle de Conférence	350
Espaces réceptifs Business seats	4 626
<b>TOTAL</b>	<b>10 279</b>

### La valorisation immobilière

- Un immeuble de 18 000 m<sup>2</sup> :
  - 1 hôtel 3\*
  - 1 hôtel 2\*
  - 1 résidence services
  - 1 « clinique du sport »
  - 10 lots commerciaux à rez de parvis
- Une réserve foncière pour un second immeuble, aménagée en aire d'accueil d'événements temporaires (2 000 m<sup>2</sup>).

### Information

#### L'information des riverains en phase construction :

- Création d'un pavillon d'accueil avec belvédère
- Outils de communication ; site internet dédié, lettre Elisa
- Commission locale de suivi et rencontres avec les riverains

#### L'information des riverains en phase exploitation :

- Calendrier prévisionnel des grands événements
- Affichage ordinaire, sites internet Elisa et des communes...

- Une ligne directe d'information pour renseigner les riverains

#### L'observatoire des mobilités :

- Enquêtes de comportement et de satisfaction des «usagers clients»
- Recueils et analyses du déroulement des événements,
- Création de Groupes de travail de suivi.

### Financements du Grand Stade

<b>Emplois</b>	
Conception-Construction (à la mise à disposition)	<b>263 M€</b>
Maîtrise d'ouvrage, assurances, taxes,...	<b>23,6 M€</b>
Frais financiers	<b>37,4 M€</b>
<b>Total Emplois</b>	<b>324 M€</b>

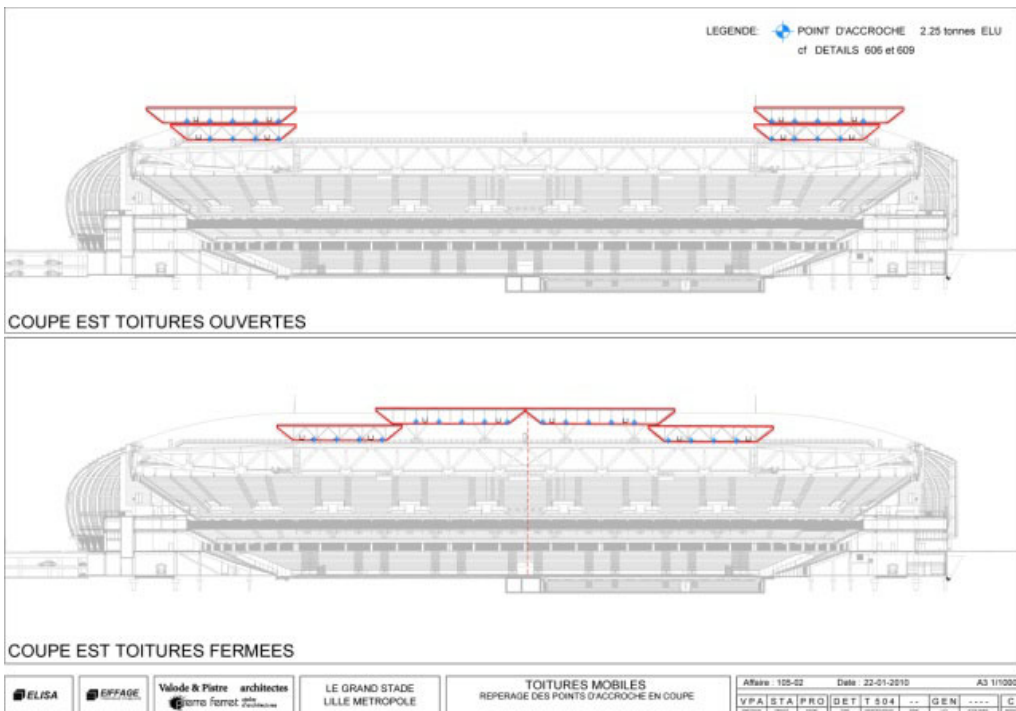
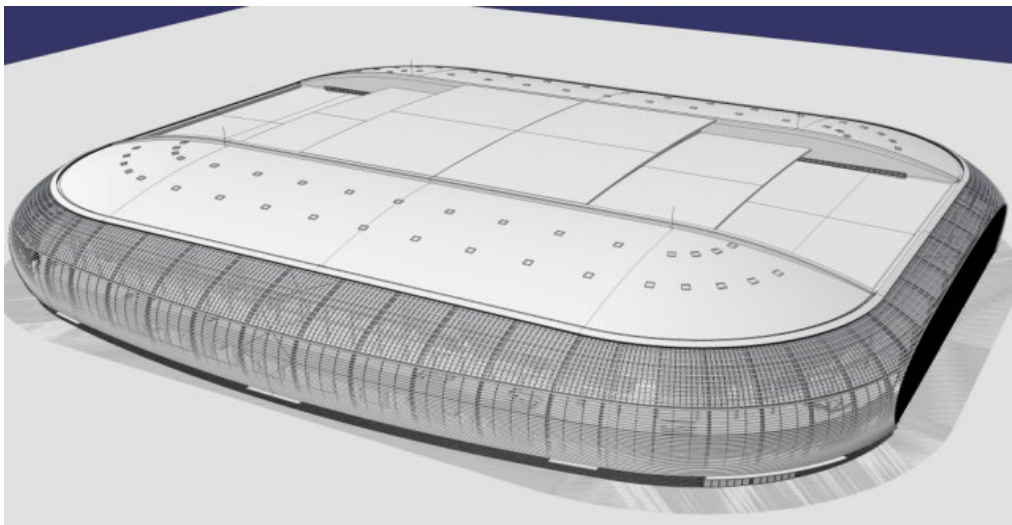
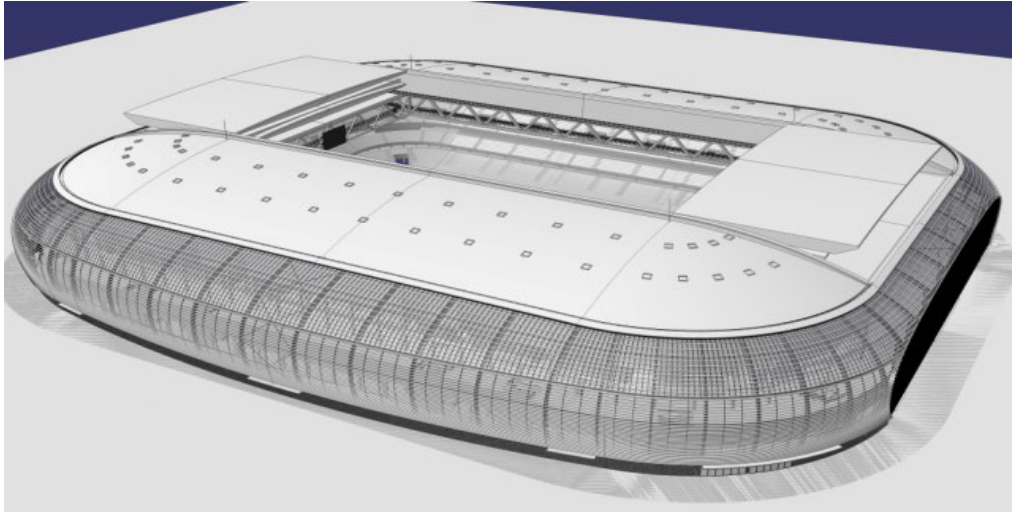
<b>Ressources</b>	
Fonds Propres ELISA	<b>60 M€</b>
Subvention Région Nord-Pas de Calais	<b>45 M€</b>
Dettes Bancaires et crédit relais	<b>219 M€</b>
<b>Total Ressources</b>	<b>324 M€</b>

### Présentation architecturale

Jean Pierre GUERIN, Valode et Pistre Architectes



Perspective générale



Les toitures mobiles



La pelouse



Les structures



Structure métallique extérieure



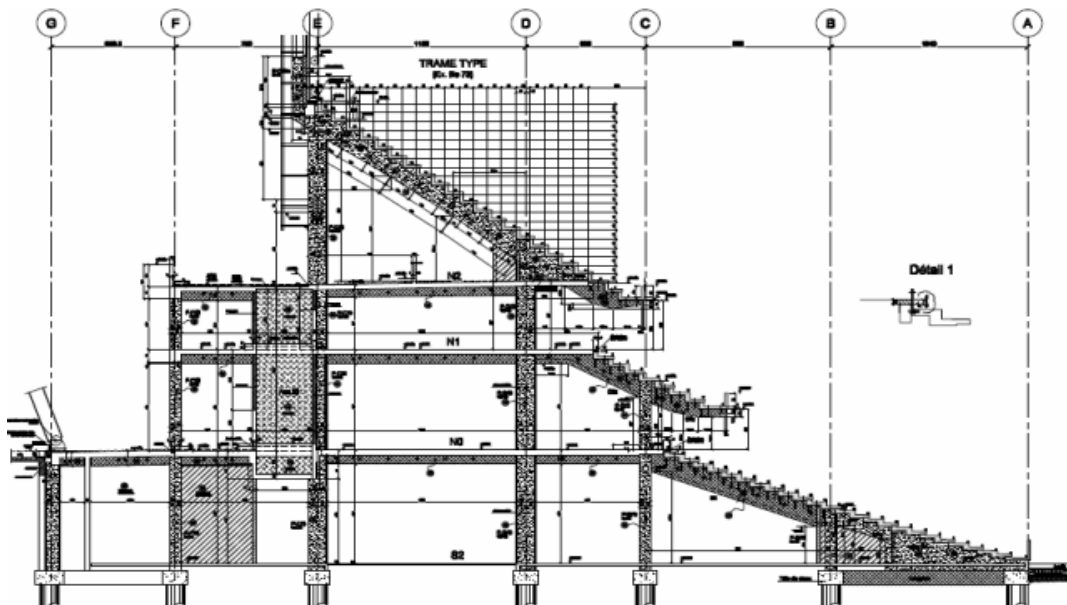
Structure métallique intérieure

## Les grands enjeux de conception des structures

Stéphane Dandoy

### Présentation succincte de la structure génie civil

- Le plateau mobile
- L'enveloppe en tubes polycarbonate



Principe de structure - coupe courante

### Les fondations

- Géologie du site

Une succession stratigraphique simple

- Dépôts récents (*jusqu'à 15 m en hauteur...*)
- Limons de recouvrement
- Sables indurés
- Craies sénoniennes
- Craies et marnes turoniennes

La nappe phréatique se situe en hautes eaux plus de trois mètres sous le fond de la boîte à spectacles.

- Contrainte: des carrières souterraines sous les 2/3 du stade, à la base des craies sénoniennes
- 



### Les fondations: évolutions en phase projet

Pendant la phase « Projet », 2 difficultés sont apparues :

- La gestion des emprises disponibles:

L'extension de carrières instables sur la zone Sud Ouest du site et le besoin d'aires d'assemblages des toitures ne libèrent pas suffisamment d'espaces pour la gestion des stocks entre déblais et remblais.

- L'aléa météo:

Le décalage probable du démarrage du chantier lié aux procédures administratives allait conduire à réaliser des remblais de grande hauteur (6 à 9 mètres) supports d'ouvrages en période hivernale.

Deux autres solutions techniques ont été analysées par le groupement constructeur:

- Le foudrolement suivi d'un compactage dynamique
- La mise en œuvre de pieux après comblement des carrières.

Le repérage des carrières

- Décapage de la zone
- Forage Ø250 selon un maillage 6,00 m x 6,00 m

Auscultation par caméra orientée, systématique en zone de frontières, en cas de doute en zone de carrières connues.

### Le comblement des carrières

Le choix retenu pour le comblement des carrières, est de réaliser sur place un coulis. Etudes de formulation et mises en œuvre réalisées par les équipes Eiffage Travaux Publics. Avec l'aide de RESIREP, deux formules ont été élaborées, d'abord en laboratoire puis mises au point sur site:

- Une formule à base de limons du site, épierrés et traités à la chaux
- Une formule à base de cendres volantes provenant d'un terril EDF au Sud Ouest de Lille.

Ces deux formules utilisent le SIDMIX (laitier de haut fourneau broyé, produit par SGA Dunkerque) comme liant. Les formules ont fait l'objet d'un suivi régulier par le Laboratoire Régional de Mont Saint Eloi pour la résistance mécanique, et par le Laboratoire Central de Ciry -Salsogne sur le plan environnemental.



### Quelques chiffres

- **Repérage des carrières:**
  - 3 035 forages
  - Près de 900 inspections caméras
- **Mise en œuvre de coulis**
  - 67 200 m<sup>3</sup> au total
  - 3 950 m<sup>3</sup> à base de limons
  - 63 250 m<sup>3</sup> à base de cendres volantes.

### Les pieux

- Pieux injectés faible pression avec cahier des charges (système Spie Fondations).
- Dimensions:
  - 4  $\varphi$  : 0,52 m ; 0,62 m ; 0,72 m ; 0,92 m,
  - L pieux= 11 m à 20 m et 23 m (pieux de méga poteaux),
  - Pieux armés au moins jusqu'à la base des carrières (cages réalisées en majorité par l'atelier Eiffage TP de Templemars).
- Quantité totale: 1 965 unités

### Les pieux des méga-poteaux

- Descente de charge importante, efforts horizontaux (notamment phase provisoire)
- Modélisation sol/structure (mission G2) sous CESAR et HADES



### Incidences complements / pieux

38 pieux à très fortes surconsommations dues à des cavités -> 1,8% des pieux réalisés

- Toutes zones du chantier
- Majorité :  $\varphi = 0,52$  m,
- $V_{\text{réel}}/\text{théorique} = 2,7 \text{ m}^3 \text{ à } 31 \text{ m}^3$ ,
- Surconsommations : 103 % à 900 %.
- 23,0 % surconsommation globale :
  - 24,2 % stade,
  - 18,8 % parking silo.

### Structures béton

- Les contraintes
  - Des hauteurs importantes: 6.5m entre planchers
  - Des portées de 6.70m dans le sens longitudinal, de 6 à 11 mètres dans le sens transversal
  - Des structures calculées en portiques pour la reprise du vent et des sollicitations du public
  - Un délai de réalisation très court, avec l'objectif d'un portique par jour.



Niveau intermédiaire en 2 éléments



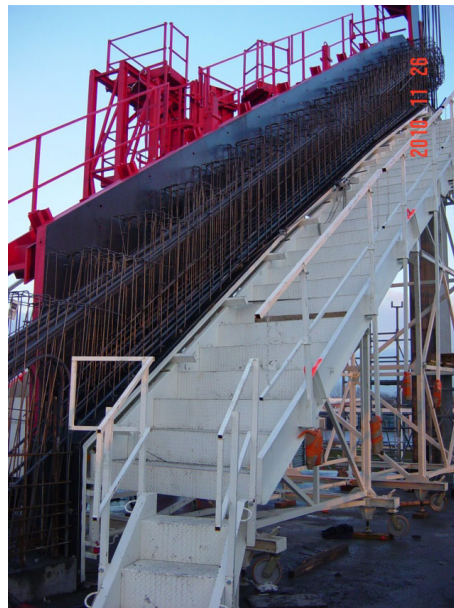
Niveau intermédiaire claveté



### ■ Les choix structurels

- Des ouvrages verticaux structurels (poteaux, voiles de contreventement) coulés en place
- Des ouvrages horizontaux préfabriqués le plus possible:
  - Poutres
  - Dalles alvéolaires pour les planchers
  - Crémaillères (si levables)
  - Gradins
- Des prémurs pour les verticaux secondaires (cages ascenseurs - escaliers)
- Si possible, mise en place des poutres sur les coffrages de poteaux avant bétonnage.

Niveau supérieur coulé en place



### Les crémaillères

#### ■ Préfabrication le plus possible

(dans la limite du levage)



Les gradins



## Principales quantités structures

### ■ Quelques chiffres

- **Bétons en place:**
  - Environ 70 000 m<sup>3</sup> - *Unibéton - Cémex*
  - Armatures 8 000 tonnes - *Staalbeton*
- **Préfabrications:**
  - Dalles alvéolaires 110 000 m<sup>2</sup> - *Mégaton*
  - Prédalles 25 000 m<sup>2</sup> - *A2C*
  - Poutres béton armé 5 500 m<sup>3</sup> - *Eiffage Construction Nord Préfa*
  - Crémaillères 486 éléments
  - Gradins 2 400 éléments - 28 moules - *Bemaco*

### Fournisseurs d'outils

- **Coffrage des mégapoteaux**
  - *Coffrages et outillages*
- **Poteaux courants - COMEFRA**
- **Crémaillère supérieure - SIMPRA.**

### Le plateau mobile

#### ■ Le problème posé:

Pour installer une salle de basket dans laquelle les spectateurs ont une bonne vision du terrain, tout en ré-utilisant les tribunes du stade de football, il est nécessaire d'installer le parquet environ 4 mètres en dessous de la pelouse.

#### ■ Une contrainte complémentaire:

L'implantation de l'ouvrage entre les boulevards du Breucq et de Tournai ne permet pas de sortir la pelouse entière à l'extérieur, comme à Geselkirchen.

#### ■ Une autre contrainte complémentaire:

Le terrain de foot doit rester homologué pour les matchs de Champions Ligue malgré les mouvements.

#### ■ Et le changement de configuration doit s'effectuer en moins de 24 heures.

#### ■ La réponse proposée : la superposition de 2 demi - terrains

Cette disposition permet d'une part de ré-utiliser environ 50% des tribunes du stade de foot (dont des loges, un grand salon et le PC d'événement), d'autre part de créer un espace modulable de 55 mètres par 73 mètres, avec des tribunes télescopiques ajoutant 5 500 places.

#### ■ Une méthode de développement itérative, en dialogue compétitif avec les fournisseurs des mécanismes

#### ■ Une conception indissociable de la conception de l'aire de grand jeu

### Principes généraux de conception de l'aire de grand jeu

- Principe de base: conception identique entre partie fixe et partie mobile
- Même composition du terrain

- Même disposition du drainage: couche drainante continue, drains en épis
- Géométrie d'ensemble du support au même niveau
- Géométrie de l'aire de jeu en toit, pente transversale à 0.5%
- Géométrie du support en toit, pente transversale à 0.5% et drainage en épis
- Principe complémentaire: évolutivité possible entre gazon naturel et système synthétique.
- Etude des différentes contraintes géométriques (raccordements périphériques)
- Implantation des réservations pour les deux systèmes d'arrosage
- Dimensionnement des systèmes de levage pour le plus lourd (naturel) et des contreflèches de structures pour le plus léger (synthétique).

### La structure mobile

- Tablier métallique
- 2 poutres de rive à âme pleine
- 12 poutres principales en treillis
- 8 poutres secondaires
- Platelage en dalle raidie (dalle orthotrope)

→ Tonnage total : 2 425 tonnes

### Mécanismes et cinématique

- Deux mouvements, trois fonctions:
- Lever le plateau > 6 vérins de chaque côté
- Déplacer le plateau > 12 systèmes rouleurs de chaque côté
- Pour passer de l'un à l'autre: transfert de charge avec des bras pivotants

### Les marches dégradées

Une contrainte supplémentaire:

- Poursuivre les mouvements en marche dégradée:
  - Prise en compte de la défaillance d'un vérin de levage par côté
  - Prise en compte de la défaillance d'un chariot rouleur ou d'un ensemble push - pull par côté

→ Surdimensionnement des mécanismes

### La fermeture du plateau

Deux points sensibles:

#### ■ Garantir la géométrie d'ensemble:

- Guidage d'approche
- Pions de centrage

→ Position de l'axe du plateau à ± 5mm

- Appui sur sol au fond par des vérins à vis

→ Respect du nivellement suivant la norme des terrains de grand jeu

- Traiter la jonction entre les 2 parties du terrain
- Garantir la géométrie

Guidage d'approche : des rouleaux d'appui dans les angles

- Remise en place du plateau dans une fourchette de l'ordre de  $\pm 50\text{mm}$

Guidage final : des pions de centrage sur l'axe

- Remise en place du plateau dans la tolérance de  $\pm 5\text{mm}$

Appui au sol: des vérins à vis sous le plateau ( $1 / 40\text{m}^2$ )

- Remise en place du plateau dans les tolérances de pente du règlement.

**Traiter la jonction entre les deux parties du terrain**

Un principe simple : le couvre - joint

- Epaisseur et bordures adaptées au type de pelouse

**Les intervenants sur le plateau mobile**

- Une Maîtrise d'œuvre dédiée pilotée par Eiffage TP:
  - Mécanismes : ATEIM
  - Aire de jeu : OSMOSE INGENIERIE
  - Assistance à certification CE Directive machines: SOCOTEC INDUSTRIE
  - Contrôle extérieur des études SECO
- Charpente du plateau
  - Fabrication et montage : EIFFEL
  - Etudes d'exécution : SETEC TPI
  - Mécanismes
  - Eléments mécaniques et pilotage du groupement NFM Technologies
  - Vérins : DOUCE HYDRO
  - Hydraulique et contrôle commande : OILGEAR TOWLER

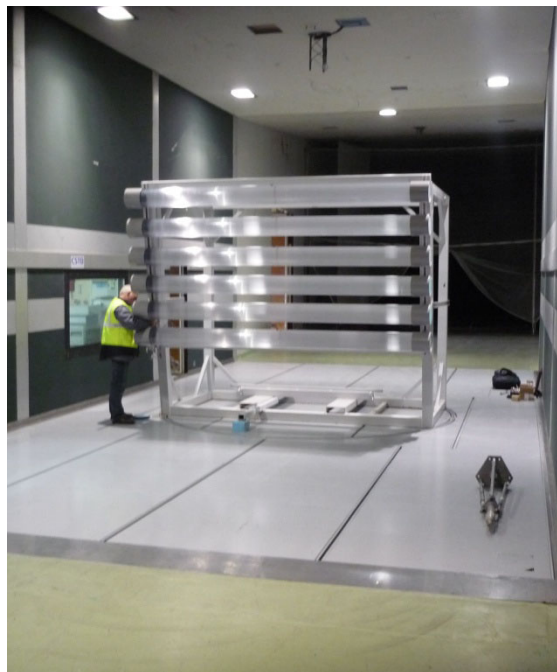
**L'enveloppe en tubes polycarbonate**

- La signature architecturale du projet
- Des éléments secondaires, mais avec des obligations particulières à remplir:
  - Assurer la diffusion de la lumière « la lanterne magique »
  - Respecter le règlement de sécurité
    - Les éléments sont assimilés à une façade ou à une couverture suivant l'inclinaison > résistance au feu M2 exigée.
  - Réduire les coûts de gros entretien > objectif durabilité supérieure à 10 ans
- Une démarche itérative:
  - L'identification d'un fournisseur
  - La mesure en soufflerie du comportement
  - L'étude des dispositions d'attache

**Les tubes**

- La consultation et la désignation d'un fournisseur capable de développer les outils pour filer 33 km de tubes
- Fournisseur choisi BWF
- Recherche de différents sections et textures pour la diffusion de la lumière
- Lancement d'une campagne d'essais de vieillissement accéléré (jaunissement, évolution des caractéristiques du matériau, fatigue).

**L'analyse du comportement en soufflerie climatique au CSTB Nantes**



**L'étude des pieds supports des tubes**

- Plus de 15 000 supports > recherche de mise en œuvre rapide
- Une géométrie complexe, cumulant plusieurs déviations angulaires
- Une interface nécessaire avec le tube:
  - Permettre la libre dilatation
  - Réduire les risques d'ovalisation à l'appui
  - Résister aux vibrations générées par le vent

➔ LE DEVELOPPEMENT SE POURSUIT.

## Précontraintes des mégapoutres

### ■ Contraintes Structurelles

CONTRAINTES	CAUSES	CRITERES	CHOIX RETENU
Résistance à la fatigue	Variation de tension (ouverture/fermeture toiture)	Surtension jusqu'à 80 MPa Effort limité à 0,60 Fprg (ELS) ↓ Extradossée	Ancrages de type haubans
Déviaton Pression inter-toron	Tracé des câbles Intégrité du gainage Frottements minimales	R > 10m ou R < 10m Pression maxi 150kN/ml	Déviateur ou Selle
Garantie protection anticorrosion	Durabilité du système	30 ans mini	Torons galvanisés gainés cirés + gaine PEHD ↓ Haubans

### ■ Contraintes d'Exploitation

CONTRAINTES	CAUSES	CRITERES	CHOIX RETENU
Contrôle du Système	Maintenance courante	Accès aux pièces sensibles Mesure des tensions	Tubages télescopiques Ouvertures laissées dans membrure Capteurs aux ancrages
Câbles et/ou torons interchangeables	Maintenance majeure	Démontabilité	Double tubage (ancrages et déviateurs) Pas d'injection (coulis ou cire pétrolière) Torons parallèles + Rayons courbure ↗ Surplombs pour détensions
Prévention incendie	Sécurité	Diminution des quantités de produits inflammables	Volume cire pétrolière ↘ Ancrages: capot spécial + joints haute T° Partie courante: Toron ciré = 15g/ml

### ■ Contraintes Economiques

CONTRAINTES	CAUSES	CRITERES	CHOIX RETENU
Optimisation délai et moyens	Réduction coûts phase travaux	Réaliser le maximum de travaux au sol	Montage + Mise en tension (partielle) Finition à 100% des câbles difficilement accessibles (Câbles 1 et 2)
Limiter les travaux d'entretien	Optimisation du rapport Coût de construction / Coût d'entretien	Surcoût 20% ↓ Contrôles + Maintenance quasi nuls sur 30 ans	Torons → triple protection anticorrosion Dispositions spéciales aux ancrages Gaine PEHD (sans entretien) Instrumentation des câbles
Limiter les arrêts d'exploitation	Perte d'exploitation	Limiter l'impact de la maintenance sur l'exploitation	Interchangeabilité des torons unitairement (selle multitubulaire)

### Résumé

CABLES et ANCRAGES de type HAUBANS  
selon recommandations SETRA

SELLES de conception spéciale  
Pour câbles 55T15S

### Plannings et phasages

- Planning de réalisation
  - Les grandes phases du contrat PPP
  - Travaux préliminaires
  - Cadence béton
  - Les particularités du Grand Stade
  - Avancement global

Les grandes phases du contrat PPP : les tâches avant le choix du projet lauréat

- Délibération du choix du site: Mars 2006
  - Evaluation des méthodes (loi MOP ou PPP) et rapport d'évaluation préalable à la MAPPP : Sept 2006
  - Accord MAPPP - Publication appel public de candidatures : Novembre 2006
  - Candidatures : Fin Janvier 2007
  - Transmission du PFB : 1<sup>er</sup> Mars 2007
  - 1<sup>ère</sup> proposition et début de dialogue Juin 2007
  - 2<sup>ème</sup> proposition : Septembre 2007
  - Offre finale : 21 Décembre 2007
  - Désignation du candidat pressenti 1<sup>er</sup> Février 2008
- Durée de cette phase : 24 mois pour la personne publique, 11 mois pour les 3 candidats
- Mise au point technique, juridique et financière de Février à mi octobre 2008 soit 8 mois
  - Signature effective 15 Octobre 2008
  - En temps masqué, élaboration des 3 dossiers d'autorisation administratives:
    - Permis d'aménager
    - Permis de Construire (déposé le 13 Novembre 2008)
    - Autorisation ICPE (déposé le 18 Décembre 2008)

Ces dossiers comprennent les études d'impact du projet Stade uniquement.

- Le dossier de permis a nécessité une enquête publique (Mai - Juin 2009); son rapport a été diffusé fin Août 2009.
  - Permis signé le 17 Décembre 2009 (13 mois du début du contrat)
- L'ICPE avait fait l'objet de sa propre enquête publique (Mars - Avril 2009, rapport en Juin).
  - Autorisation Préfectorale 10 Août 2009
- Le comblement des carrières relève d'un Arrêté Municipal du 14 octobre 2009
- Conformément au Contrat, aucun travail sur site n'a commencé avant la fin des enquêtes publiques
  - Clôtures et débroussaillages en Juillet 2009

- Installations de chantier en Août
- Terrassements des accès et début du repérage des carrières (sous couvert du Permis d'Aménager) début Septembre 2009
- Fabrication des premiers coulis le 16 Octobre 2009
- Début de l'extraction des terres de la butte fin Octobre 2009.
- Fin du comblement des carrières le 2 Juin 2010
- Fin de l'évacuation de la butte le 15 Juin 2010

- Avant d'engager les travaux relevant du Permis de Construire, il faut attendre le recours des tiers et le délai de retrait.
  - Début des terrassements d'ouvrage le 22 Février 2010
  - Premier pieu le 29 Mars 2010
  - Soit 15.5 mois depuis le début du contrat
  - Premiers bétons de structure le 16 Mai 2010
  - Il reste 29 mois pour mettre en service l'ouvrage.

### Travaux préliminaires

- Retrait de la butte (26 000 To/sem) & Comblement des catiches (2 700 m3/sem)
- Un chantier par strates
- Terrassements (29 000 m3/sem)
- Pieux en béton armé (objectif 105 u/sem)

### Cadence du béton

- Un béton cadencé à une file par jour
  - Point de départ des bétons au S2 Sud Est,
  - Le redémarrage au S2 Sud Ouest avec un départ simultané en S4 accès demi jauge
  - Le Nord puis le Sud
- Le parking aérien (Silo)

### Les particularités du Grand Stade

- Les toitures mobiles et leurs incidences sur la structure
  - Zone d'assemblage (chaque toiture mobile fait 3000 m<sup>2</sup> x 4)
  - Déplacement vers zone de vérinage
  - Vérinage à 15m de haut
  - Stockage sur voie de roulement provisoire
  - Démarrage du Parking Silo
  - Ripage des 4 toitures mobiles vers les mégapoutres au sol
  - Traversée de tribune Sud
  - Fin de construction de la tribune Sud
- Les « caries »
  - Choix atypique de construction des poutres métalliques au cœur du chantier
  - Empreinte au sol des mégapoutres y compris fléaux, avant et après relevage
  - Reconstitution des structures béton manquantes
- Un ouvrage très technique pour les corps d'états
  - Densité et sections des réseaux

- 30 ascenseurs et 6 montes charges
- Méthode de planification des CES/CET
- La demi jauge
  - Top départ
  - Contraintes de réalisation : une moitié de pelouse pour le plateau mobile métallique et l'autre moitié pour le génie civil de la fosse
- Globalement, 1/3 du gros œuvre, soit 23 000 m<sup>3</sup> de béton coulés en 6,5 mois.
- La charpente métallique principale est fabriquée à 65% et montée à 35%.
- Les maçonneries, les étanchéités, les premiers chemins de câbles ont commencé début Novembre
- Plus de 650 personnes sur le chantier.

### Intégration du développement durable en réalisation Cas de l'excavation de la butte

#### Engagements contractuels

■ Objectifs affichés par la personne publique  
Il était affiché l'exigence de mise en place d'une démarche HQE de niveau performant ou très performant sur pratiquement toutes les cibles.

- Eléments de l'offre Eiffage
  - Une gestion rationnelle de l'énergie électrique, notamment pour l'éclairage.
  - Un objectif de performance énergétique supérieur à RT2005 pour les locaux à occupation continue.
  - L'utilisation maximale des eaux pluviales.
  - Une optimisation des flux de chantier pour réduire le bilan carbone.
  - 200 m<sup>2</sup> de photovoltaïque, 2 éoliennes à axe vertical.
  - Des engagements de favoriser l'emploi de publics défavorisés et d'associer les établissements d'enseignement.
- En mise au point du contrat
  - La personne publique a demandé l'étude d'une ferme photovoltaïque > non rentabilisable en conditions techniques
  - La personne publique a demandé l'étude de solutions énergétiques alternatives au gaz (copeaux de bois, réseaux de chaleur) > inadaptés à la forte intermittence des locaux
  - Objectif contractualisé sur locaux à usage continu: tendre vers RT2005 - 20%
  - Réalisation d'un bilan carbone
- Aujourd'hui
  - Locaux chauffés très proches du THPE tertiaire
  - Eoliennes prévues non encore homologuées, et décret Grenelle 2 en attente.
  - 25 compagnons en contrat d'insertion, une deuxième promotion en préparation.
  - Un partenariat avec LMCU et le Rectorat pour des outils pédagogiques pour les classes de 3<sup>ème</sup>.

- Historique et contraintes du site
- Chantier atypique = chantier ICPE
- Information du public
- Méthodes de dépollution au service d'un projet
- Suivi environnemental
- Historique et contraintes du site : ancienne zone de dépôt, exploitation de la craie en sous-sol, champs, aire des gens du voyage
- Chantier ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement)
  - Arrêté préfectoral du 10 août 2009
  - Site clos
  - Seuils réglementaires sur l'eau de surface, l'eau souterraine, bruit, poussières...
  - Suivi mensuel à la DREAL (Inspection des installations classées - ex DRIRE)
- Information du public
  - Mise en ligne des documents de suivi sur le site LMCU
  - Comité de suivi et d'évaluation
    - avec les parties prenantes (V2, associations, riverains...)
    - 3 à 4 fois par an
  - Chantier ouvert au public le dimanche
- Mise en place méthodologie excavation
  - Diagnostic initial LMCU définissant le site comme susceptible de contenir des pollutions ⇒ 2007-2008
  - Campagne de sondage de sol réalisée sur la butte et le site de la Borne de l'Espoir ⇒ mai 2009
  - Plan de gestion a été réalisé par la société Kaliès ⇒ juin 2009
    - Proposition de la méthodologie d'excavation et estimation des quantités de terres polluées
  - Approbation de la démarche par la DREAL ⇒ juillet 2009
  - Mise en place des piézomètres sur le site de la Borne de l'Espoir
  - Arrêté préfectoral ICPE du 10/08/2009
  - Approbation du plan de retrait amiante par les administrations (Inspection du travail, CARSAT...) ⇒ septembre 2009
    - Formation du personnel intervenant sur la butte (risque amiante)
    - Equipement des pelles en filtre absolu
  - Début des travaux ⇒ octobre 2009
- Méthode de dépollution au service d'un projet
  - Objectif : excavation d'une butte de 700 000 tonnes (soit 440 000 m<sup>3</sup>)
  - Durée des travaux : 7 mois
  - Composition de la butte : déblais et gravats du BTP
  - Maillage utilisé : lots de 400, 100 et 20 m<sup>3</sup>
  - Méthode de prélèvement de sol pour analyses : méthode du quartage

- Analyses de sol selon l'arrêté du 15 mars 2006 (déchets inertes) et projet de circulaire 2007-53 (réutilisation des terres excavées)
- Contrôle environnemental : société extérieure spécialisée (2 pers. à 100%) - KALIES
- Suivi des terres polluées : par BSD
- Préparation du terrain
  - Création d'une zone imperméable avec système d'assainissement
  - Allotissement de la surface de la butte (lots de 400m<sup>3</sup>)
- Méthodologie de dépollution
  - Réalisation de 125 analyses de sol sur le niveau 1
    - Prélèvement de sol par la méthode du quartage
    - Résultats sous 7 jours
    - Marquage des lots non-inertes
  - Excavation de matériaux divers
    - Présence de matériaux de démolition ou de déchets
    - Présence d'amiante

### Repérage de matériaux amiantés :

- 1) Arrêt du travail dans la zone
- 2) Balisage de la zone où se trouve les matériaux suspects
- 3) Retrait par le désamianteur
- 4) Mise en big-bag spécifiques des déchets amiantés
- 5) Suivi des déchets amiantés par BSDA

- Excavation des lots inertes
  - Réutilisation des terres sur des chantiers de proximité (merlons phoniques à moins de 5km)
- Excavation des lots non-conformes
  - Terres amenées dans des casiers de 100m<sup>3</sup> puis de 20m<sup>3</sup>
  - Analyse de sol (quartage) :
    - Si inerte → *merlons phoniques*
    - Sinon → *évacuation en filière agréée (Baudelet à Blaringhem)*
- Traçabilité et suivi des terres
  - Terres inertes : Pesage de chaque camion par le pont bascule du chantier (historique complet : récupération des bons de pesé, suivi par jour du tonnage par transporteur et destination de chaque chargement)
  - Non-Conformes : BSD systématique pour chaque camion de terres polluées
- Suivi environnemental renforcé
  - Équipe de 2 pers d'un cabinet spécialisé KALIES

- Campagnes environnementales :
  - Bruit
  - Poussières et fibres amiantes
  - Eau de surface
  - Eau souterraine

- Tri performant
- Après 7 mois de travaux et une excavation sur 5 niveaux entre 2 et 3m d'épaisseur
- seulement 3,5% des terres se sont avérées faiblement polluées (≈24 000t sur 700 000t excavées) :
  - Rien en classe 1 (déchets dangereux)
  - 5% en classe 2 (faiblement polluées)
  - 95% en recouvrement (très faiblement polluées)

### Le bruit

- 3 enregistrements en continu depuis sept. 2009
- Cas particulier des avertisseurs de recul
  - Installation du «cri du lynx » sur les engins du chantier
- Les mesures de poussière
  - En limite d'emprise : 1 fois par mois
  - Sur opérateur : toutes les 2 semaines
- Les mesures de la qualité de l'eau
  - eaux de surface : 1 fois par mois
  - eaux souterraines : 1 fois par mois
- Chantier audité par l'AFAQ
  - Système certifié ISO 14001

⇒ Pas d'écart

### GRAND STADE DE LILLE : Un chantier d'envergure Romain PICARD Eiffel

#### ☰ Chiffres clés

- ☰ 10 020 T
- ☰ 100 000 boulons
- ☰ 44 000 m<sup>2</sup> de couverture
- ☰ 270 000 heures de fabrication
- ☰ 120 000 m<sup>2</sup> de peinture
- ☰ 200 000 heures de montage
- ☰ Fermeture en 30 min
- ☰ 6 bureaux d'études
- ☰ 8 usines
- ☰ 100 personnes sur site
- ☰ 17 mois pour la charpente
- ☰ 20 mois pour l'ensemble des prestations EIFFEL

Fabrication Lauterbourg



Nœud inférieur



Membrane supérieure



Quart de virage

Fabrication ETCM - MUNCH - SED



ETCM

## Les manifestations régionales

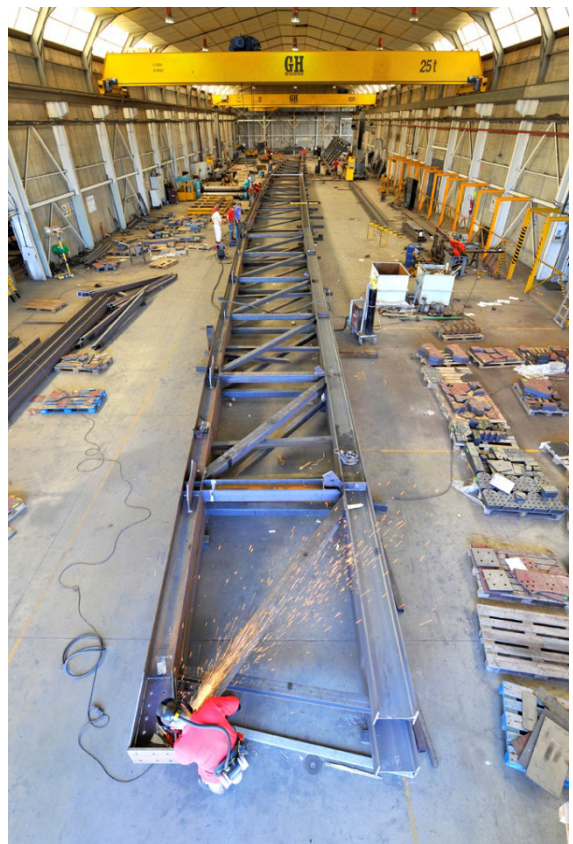


Munch



SED

Fabrication EIFFEL IBERICA





Fabrication EDS



Fabrication Usinage



## Les manifestations régionales



Transport



Chargement d'une barge

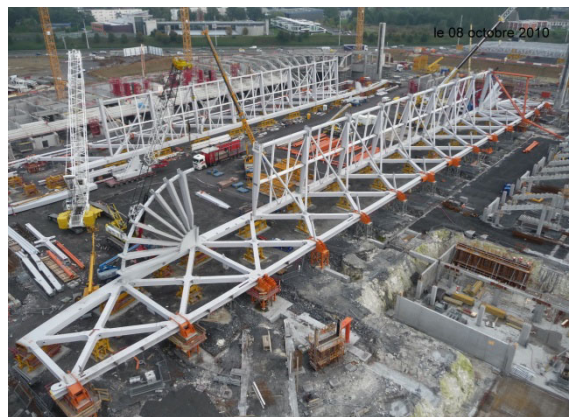


Un transporteur local



Une zone de stockage de 15000 m<sup>2</sup>

 **Montage**



**Montage méga-poutres**



**Montage toiture mobile**



### Montage relevage



### Montage ripage

### Montage hissage

- Les deux mégapoutres longitudinales
- Les deux mégapoutres transversales
- Les poutres de roulement
- Le contreventement horizontal
- Les passerelles techniques
- Les toitures mobiles
- Les équipements électriques

