

Travaux

NOVEMBRE 2005 ♦ AÉROCONSTELLATION

n° 824

AÉROCONSTELLATION

- Choix du site d'assemblage de l'Airbus A380
- Aménagement urbain pour un grand projet industriel
- Projet et maîtrise d'œuvre des infrastructures
- Aménagements paysagers
- Terrassements généraux
 - Galeries techniques
 - Réseaux
- Aires industrielles
 - Espaces verts et aménagements paysagers
- Aire de point fixe
 - Itinéraire à grand gabarit : le lien entre Aéroconstellation et les autres sites industriels
- Bilan

PLATES-FORMES AÉROPORTUAIRES

- Techniques d'amélioration des sols applicables aux plates-formes
- Réhabilitation des chaussées aéronautiques de l'aéroport de Cayenne Rochambeau

TRAVAUX

N°824

AéroConstellation Plates-formes aéroportuaires

Travaux

numéro 824

novembre 2005

Aéroconstellation

Plates-formes aéroportuaires



Notre couverture

Vue aérienne du site
Aéroconstellation

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Patrick Bernasconi

RÉDACTION

André Colson et Mona Mottot
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : (33) 01 44 13 31 83 - colsona@fnfp.fr
Tél. : (33) 01 44 13 31 03 - mottotm@fnfp.fr

SECRÉTAIRE DE RÉDACTION

Françoise Godart
Tél. : (33) 02 41 18 11 41
Fax : (33) 02 41 18 11 51
francoise.godart@wanadoo.fr

VENTES ET ABONNEMENTS

Agnès Petolon
10, rue Clément Marot - 75008 Paris
Tél. : (33) 01 40 73 80 05
revuetravaux@wanadoo.fr

France (11 numéros) : 180 € TTC
Etranger (11 numéros) : 225 €
Etudiants (11 numéros) : 75 €
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)

MAQUETTE

T2B & H
8/10, rue Saint-Bernard - 75011 Paris
Tél. : (33) 01 44 64 84 20

PUBLICITÉ

Régie Publicité Industrielle
Martin Fabre
61, bd de Picpus - 75012 Paris
Tél. : (33) 01 44 74 86 36

Imprimerie Chirat
Saint-Just la Pendue (Loire)

La revue Travaux s'attache, pour l'information de ses lecteurs, à permettre l'expression de toutes les opinions scientifiques et techniques. Mais les articles sont publiés sous la responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur se réserve le droit de refuser toute insertion, jugée contraire aux intérêts de la publication.

Tous droits de reproduction, adaptation, totale ou partielle, France et étranger, sous quelque forme que ce soit, sont expressément réservés (copyright by Travaux). Ouvrage protégé; photocopie interdite, même partielle (loi du 11 mars 1957), qui constituerait contrefaçon (Code pénal, article 425).

Éditions Science et Industrie S.A.

3, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n° 0106 T 80259



éditorial

Patrick Bernasconi

1

actualités

6

techniques et matériaux

15

matériels

16

PRÉFACE

Philippe Douste-Blazy

21

AÉROCONSTELLATION

◆ Le choix du site d'assemblage de l'Airbus A380
- *Choice of assembly site for the Airbus A380*

G. Weissenbacher

22

◆ Un aménagement urbain pour un grand projet industriel
- *Urban planning for a major industrial project*

Ph. Gendre, J.-Ph. Aumoine

24

◆ Le projet et la maîtrise d'œuvre des infrastructures de la ZAC Aéroconstellation
- *Design and project management for the infrastructure of the Aéroconstellation "ZAC" mixed development zone*

J.-B. Datry, E. Clayton, Th. Louge, Th. Boisseau, J. Brunelle

31

◆ Les aménagements paysagers
- *Landscaping*

J.-Cl. Hardy

44

◆ Les terrassements généraux
- *General earthworks*

P. Murigneux

54

◆ Les galeries techniques. Galeries, siphons, fosses, lyres, ventilations, accès, puisards, buses métalliques et dalots

- *Main services ducts. Galleries, siphons, ditches, bends, ventilation systems, accesses, sumps, metallic nozzles and box culverts*

L. Gabard, J.-P. Brisard

57

◆ Les réseaux
- *Networks*

G. Albert

60

Sommaire

novembre 2005

Aéroconstellation

Plates-formes aéroportuaires

Dans les prochains numéros

- Terrassements**
- Routes**
- et Travaux**
- urbains**
- Ponts**
- Le Havre**
- Port 2000**
- International**
- Environnement**
- Réhabilitation**
- Sols**
- et fondations**



◆ Les aires industrielles
- *Industrial areas*

P. Mourier

62



◆ Espaces verts et aménagement paysager
- *Green areas and landscaping*

A. Michel, R. Crespin

64



◆ L'aire de point fixe
- *The ground run area*

Fr.-X. Lasserre, E. Mellier, Th. Louge

66

◆ L'itinéraire à grand gabarit : le lien
entre Aéroconstellation et les autres sites industriels
- *Heavy transport route : the link between
Aéroconstellation and the other industrial sites*

G. Raust, Br. Lapeyrie

69



◆ Bilan
- *Review*

Ph. Gendre, J.-Ph. Aumoine

77

PLATES-FORMES AÉROPORTUAIRES

◆ Techniques d'amélioration des sols applicables
aux plates-formes. Derniers développements
- *Soil improvement techniques applicable to formation
levels. Latest developments*

St. Monleau, Br. Renoud-Lias

78



◆ Travaux de réhabilitation des chaussées aéronautiques
de l'aéroport de Cayenne Rochambeau
- *Renovation work on airport pavements for the Cayenne
Rochambeau airport*

Fr. Grass, Ph. Montel, Ph. Lemoine

83

recherche

89

**répertoire
des fournisseurs**

91

Les défis d'aménagement du Grand Toulouse au cœur des pôles de compétitivité

Avec AéroConstellation le Grand Toulouse a relevé un véritable défi : celui de contribuer, avec son aménageur la SETOMIP, à la réalisation du plus grand site d'activités aéronautiques d'Europe en seulement deux ans !

L'aménagement en un temps record d'une zone d'activités de 264 hectares et la création d'équipements techniques à destination des industriels participant au programme A380 illustrent la capacité du Grand Toulouse à impulser un nouvel essor économique et à conforter un leadership européen incontesté dans le secteur aéronautique.

Pour la réalisation de ce challenge, le Grand Toulouse, qui en est le maître d'ouvrage, finance l'opération à hauteur de 158 millions d'euros.

Mais dans cette gigantesque entreprise, il faut souligner l'implication et le soutien financier de nos partenaires : l'Etat, la région Midi-Pyrénées et le département de la Haute-Garonne qui ont contribué, aux côtés du Grand

Toulouse, à la création de ce site d'exception.

Ce colossal projet industriel apporte à l'agglomération toulousaine de nombreux emplois et d'importantes retombées économiques. Par ailleurs, AéroConstellation – et c'est bien là la preuve de la volonté politique du Grand Toulouse de conjuguer développement éco-

nomique avec respect de l'environnement – est en passe d'être certifié ISO 14001, norme de qualité environnementale.

Au-delà de son implication dans le soutien au développement du secteur aéronautique, le Grand Toulouse contribue à la diversification économique du territoire toulousain. Avec le futur Cancéropôle, dont la

première pierre sera posée début 2006, notre agglomération connaîtra la réalisation d'une deuxième opération d'aménagement majeure, cette fois-ci dans les sciences du vivant, la santé, le médicament.

Avec ce projet ambitieux, le Grand Toulouse deviendra un site référence en Europe en matière de lutte contre le cancer. Ce campus de 220 hectares devrait accueillir dès 2008 plus de quatre mille personnes, un pôle clinique de trois cents lits doté d'un équipement de radiothérapie extrêmement innovant, un pôle de recherche public-privé et des laboratoires pharmaceutiques.

Ces deux grands projets que nous sommes fiers de porter, s'inscrivent au cœur de la dynamique industrielle et d'innovation de notre territoire, dynamique couronnée cet été par la labellisation par le gouvernement de nos pôles de compétitivité AéroSpace Valley et Cancer-Bio-Santé.



■ **PHILIPPE DOUSTE-BLAZY**

**Ministre des Affaires
Etrangères**

**Président du Grand
Toulouse**

Le choix du site d'assemblage

La suprématie aéronautique ne se décrète pas. Elle tient à la capacité d'un avionneur d'exercer trois compétences clés au cœur de son métier : concevoir, assembler, mettre en vol. Sur ces trois sujets, les années de l'après-guerre ont consacré Toulouse en tant que capitale aéronautique française puis européenne. Sans ces trois éléments de matrice, pas de conquête de marché, pas de raffinement en cabine, pas de concurrence acharnée.



© Benoit Fougeirol

Le choix du nouveau site d'assemblage pour l'A380 a été au cœur d'enjeux mondiaux, industriels et politiques. Dans une bataille commerciale qui oppose les deux grands géants mondiaux du transport aéronautique, l'arrivée d'un avion pouvant accueillir beaucoup plus de passagers que le Jumbo Jet ne pouvait que multiplier les convoitises et attiser l'esprit de compétition qui existe naturellement entre tous les partenaires d'un projet aussi ambitieux. La conception de l'avion ayant été réalisée pour une très large part à Toulouse, restaient en suspens deux points critiques : l'assemblage et la mise en vol, dont les géographies sont interdépendantes. Un avion assemblé n'a d'autres choix que l'air pour se déplacer. Il ne peut être transporté par la route ou par la mer pour se rendre une fois assemblé à son point d'envol. Le choix du lieu revêtait donc un caractère critique majeur. Et rien ne garantissait en effet que Toulouse soit retenu par le consortium européen pour y construire le plus moderne et le plus extraordinaire de tous ses sites d'assemblage. A dire vrai, la partie paraît facile pour Toulouse mais la réalité va s'avérer beaucoup plus délicate. Trop sûre d'elle-même la ville rose ne prend pas assez au sérieux la compétition interne lancée par Airbus en avril 1998. Six villes en Europe font acte de candidature.

En 1998, le principal challenger de Toulouse est Hambourg, où l'on réalise depuis peu l'assemblage final des A319 et A321. Il aura fallu de longues années pour qu'enfin les Allemands retrouvent cette compétence dont ils avaient été privés dans le domaine aéronautique après la guerre. Située au bord de l'Elbe, l'usine Airbus de Hambourg est per-

suadée qu'elle peut remporter l'appel d'offres pour l'assemblage de l'A380. Les équipes allemandes d'Airbus sont convaincues de l'avenir du projet A3XX, nom de code l'avion à l'époque. Les pouvoirs publics ont été très tôt sensibilisés et avant même la décision de lancement de l'industrialisation du programme, une flottille de navires à fond plat entreprend de consolider les fonds vaseux et sablonneux de l'Elbe afin d'agrandir la piste d'envol de l'usine allemande. L'objectif est de gagner une centaine d'hectares sur le fleuve. Voisins et Grünen ne l'entendent pas de la même oreille mais Airbus Allemagne a gain de cause. Son accès direct à la haute mer grâce à l'ouverture directe vers la mer du Nord, fait de Hambourg est un espace très pertinent pour y implanter des installations de taille critique.

A Toulouse, une quarantaine d'hectares de terrain sur l'implantation des anciens ateliers Bréguet est envisagée. Très vite, on comprend que le projet A380 sera à l'étroit. On se tourne alors vers le nord-est des pistes de l'aéroport de Toulouse-Blagnac, en face des installations Clément Ader où sont assemblés A320, A330, A340. Ce sont 220 hectares d'espace sur les communes de Blagnac et Cornebarrieu. Des installations sportives, un bois, quelques habitations, un radar... Rien de rédhibitoire mais pour chacun de ces occupants la nécessité de faire les choses avec sérieux pour les relocaliser. Toucher à la propriété, qu'elle soit privée ou publique, expose à des procédures longues. Et le temps est compté pour Airbus qui s'engage par contrat sur des délais de livraison précis à ses clients.

Le maire de Blagnac a justement une idée en tête. Ancien d'Airbus, il rêve pour le développement de

Les photographies sont extraites du livre "Le site d'assemblage de l'usine A380" aux éditions Agnès Viénot - Paris

de l'Airbus A380

sa ville de créer un parc aéronautique regroupant les entreprises phares du secteur. La création d'une ZAC serait idéale. Mais cela suppose une capacité à mobiliser, à attirer autour de la table et à mettre tout le monde d'accord. Tirer dans le même sens, voilà qui n'est jamais facile. Une formidable mobilisation a lieu autour du préfet de région au cours de l'année 1999. Bernard Boucaut sera le rassembleur. Il délègue le secrétaire général de la préfecture Michel Billaud. Le maire de Blagnac, vice-président du Grand Toulouse, président de la SEM Blagnac Constellation, Bernard Keller est l'aiguillon, le visionnaire pour l'aménagement urbain. Daniel Dubreuil, à l'époque directeur de l'établissement Aérospatiale-Matra de Toulouse représente l'avionneur, enfin, Gilbert Raust, futur père de l'itinéraire à grand gabarit qui reliera bientôt Bordeaux à Toulouse, intervient en tant que représentant de l'Etat pour les questions d'aménagement et d'équipement. Leurs réunions s'intensifient et produisent un document signé en septembre 1999 qui vaut laissez-passer pour la création d'une ZAC ambitieuse susceptible d'accueillir un grand nombre d'activités. Ce sera l'occasion pour le ministère de l'Aménagement du territoire, des Transports et de l'Équipement de réaliser le premier PLU en France. Air France Industries sera la première à ouvrir son usine d'entretien suivi bientôt par Airbus et ses partenaires tiers investisseurs dans le cadre des partenariats privé-public (Spie Batignolles pour les restaurants, les postes de garde, la maintenance, Exxon pour la station carburant, Elyo pour le centre technique).

Au moment des arbitrages airbusiens, Hambourg et Toulouse font assaut d'arguments. La proposition Bréguet n'aurait pas tenu face à Hambourg. Mais avec la ZAC AéroConstellation Toulouse s'est donné une carte maîtresse. La rentabilité de la ZAC est prouvée et l'aménagement urbain offre des perspectives d'emploi et de croissance aux communes. Toulouse gagne la compétition. Le dispositif retenu marie la faisabilité industrielle et la recevabilité politique entre partenaires. Alors qu'Airbus SA vient d'être créé, le premier acte des dirigeants n'est pas de fâcher les actionnaires. Hambourg aura l'assemblage du fuselage arrière, la dérive arrière, la peinture et l'aménagement cabine. Toulouse obtient l'assemblage final, les essais fonctionnels, les essais statiques, les essais de vibration et la mise en vol. Pour le bureau d'études d'Airbus Toulouse, ce n'est que justice. Mais en coulisses, on sait que les choses ont été particu-

lièrement serrées. L'Etat a joué son rôle sur la route en votant une loi autorisant la création d'une voie exceptionnelle qui sera réalisée dans le délai record de trois ans. La mise en place d'une extension de nationale est généralement évaluée à une dizaine d'années.

Reste le plus dur à faire : penser et réaliser le nid du géant. L'appel d'offres est lancé fin 2000. Airbus est loin d'avoir clarifié toutes les exigences de son programme. Début 2001 une année de co-conception commence avec les équipes responsables des choix techniques, aéronautiques, architecturaux, urbanistiques, financiers, humains. Tout se mêle. Pour ne pas perdre la tête, le plus grand chantier industriel d'Europe a su mélanger exigence stratégique, rigueur dans les détails et convivialité dans les rapports.

En janvier 2002, les premiers engins attaquent les terrassements. Le calendrier des travaux tient compte des dates de déménagements des installations présentes sur le site. Un mur de béton de 250 m de large et de 30 m de haut fait son apparition au milieu de nulle part. Les charpentes métalliques assemblées au sol surgissent vers le ciel et se fixent sur leurs poteaux respectifs à quelque quarante mètres du sol. Les portes en inox qui couvrent les deux façades du bâtiment principal (longueur, largeur) font de cette usine un événement industriel et architectural de premier plan. Les auteurs en sont Francis Cardete pour le cabinet d'architecte toulousain Cardete & Huet et Dominique Chavanne pour la société d'ingénierie et d'architecture ADP-I.

La maîtrise d'œuvre générale est assurée par la société Technip TPS. L'aménageur de la ZAC, la SETOMIP et son maître d'œuvre, la SETEC ont su travailler en bonne intelligence avec Airbus pour répondre aux attentes d'un projet aussi ambitieux et rapide dans sa réalisation.

L'usine d'assemblage de l'Airbus A380 sera à l'heure au rendez-vous des ingénieurs et compagnons d'Airbus et des premiers tronçons de l'avion livrés le 8 avril 2004.



© Benoît Fougeirol

Un aménagement urbain industriel

Issu d'une mobilisation exceptionnelle de l'Etat et des collectivités locales, le choix final du site toulousain pour l'implantation de l'usine d'assemblage du gros porteur Airbus A380, a conduit à la naissance en 2001 d'un projet d'aménagement urbain "Aéroconstellation" autour d'un projet industriel de grande ampleur, le plus vaste de ce type en Europe.

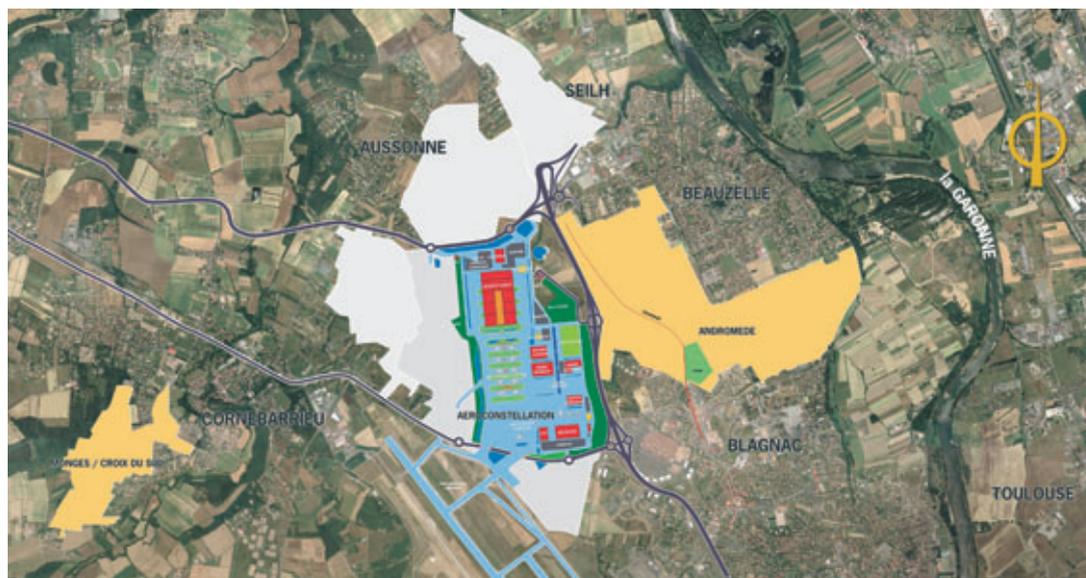
Le Grand Toulouse et son aménageur, la SETOMIP, en ont assuré la conduite opérationnelle, avec la participation du Conseil général de la Haute-Garonne et de la Région Midi-Pyrénées.

Autour du programme principal du site Airbus d'assemblage de l'A380 (usine Jean-Luc Lagardère) et du centre de maintenance d'Air France, se sont installées des activités d'accompagnement (centre technique de distribution des énergies, centrale à carburants, restaurants) et des activités partenaires.

Le projet d'aménagement est innovant, articulé sur la réalisation d'infrastructures publiques, et d'équipements spécifiques à l'aéronautique, construits par le Grand Toulouse et remis en exploitation aux industriels riverains à travers un bail de longue durée. Ces équipements sont qualifiés "d'intérêt général".

Ce projet industriel est aussi un grand projet urbain, un lieu exceptionnel de qualité pour le travail, bien intégré dans son environnement, ayant même créé son propre univers paysager au travers d'un programme d'équipements très ambitieux, réalisé selon un calendrier très contraint et imposé par les échéances des industriels.

Une aventure inoubliable pour ceux qui l'ont vécue.



Photomontage de l'ensemble des trois opérations
Photomontage of all three operations

HISTORIQUE

Longtemps en concurrence avec Hambourg, c'est en l'an 2000 que le site de Toulouse a été retenu pour héberger l'installation d'assemblage de l'Airbus A3XX (comme il était désigné à l'époque).

En septembre 1999, la signature d'un protocole avait concrétisé les engagements de l'Etat et des collectivités locales : Conseil régional, Conseil général, District du Grand Toulouse et SIVOM de Blagnac Constellation :

- ◆ volonté des parties de renforcer le secteur aéronautique toulousain :
 - développement de l'industrie aéronautique,
 - soutenir la candidature de l'agglomération toulousaine à la mise en place des chaînes de montage de l'A3XX d'Airbus,
 - transfert du centre de maintenance d'Air France installé à Montaudran ;
- ◆ engagement des collectivités locales de créer une grande zone d'activité de 220 ha extensible à 320 ha et d'y mettre en place les services nécessaires à sa vocation aéronautique, et de réaliser les travaux d'infrastructures routières nécessaires notamment ceux concernant les RD 1 et 902 ;
- ◆ engagement de l'Etat de mobiliser ses services en assistance à la mise en place du projet, d'apporter son soutien logistique et financier, à assurer le déplacement du radar de l'aéroport.

Alors voit le jour un projet urbain d'ensemble dit "Constellation" restructurant le nord-ouest toulousain. Tout d'abord la ZAC Aéroconstellation de 264 ha sur Blagnac et Cornebarrieu, extensible pour 100 ha sur Aussonne, dédiée à l'industrie aéronautique (chaîne d'assemblage de l'Airbus devenu A380, centre de maintenance d'Air France et autres industriels). Puis la ZAC Andromède de 200 ha sur Blagnac et Beauzelle et la ZAC des Monges Croix-du-Sud de 60 ha sur Cornebarrieu dédiées principalement à l'habitat et aux grands équipements urbains (lycée, parc urbain, sports...).

Le Grand Toulouse, le District étant devenu Communauté d'Agglomération le 1^{er} janvier 2001, prend l'initiative de la création des trois ZAC en septembre, puis, en décembre 2001, confie l'aménagement de la ZAC Aéroconstellation à la SETOMIP et celui des ZAC Andromède et Monges Croix-du-Sud à la SEM Blagnac Constellation.

Parallèlement, les communes de Blagnac, Beauzelle et Cornebarrieu approuvent chacune son Plan local d'urbanisme (PLU).

Les premiers travaux de terrassements généraux de la ZAC Aéroconstellation démarrent à l'automne 2001. Le 7 janvier 2002, le permis de construire du premier bâtiment industriel est délivré.

La construction et l'aménagement du site industriel démarrent.

La Communauté d'Agglomération du Grand Toulouse est le maître d'ouvrage de la totalité de l'opération. Elle en a confié la réalisation à la SETOMIP au moyen de deux relations contractuelles, une convention publique d'aménagement et un mandat.

pour un grand projet

Philippe Gendre
DIRECTEUR AGENCE DE BLAGNAC
SETOMIP *

Jean-Philippe Aumoine
CHEF DE PROJET
SETOMIP

■ LES PROGRAMMES INDUSTRIELS D'AÉROCONSTELLATION

Le site Airbus d'assemblage de l'A380

Ce site est le programme principal autour duquel s'articule le projet Aéroconstellation. Il occupe au total 49 ha de bâtiments industriels.

L'usine de montage Jean-Luc Lagardère permettra d'accueillir jusqu'à huit modules d'assemblage des avions, et en outre, 34 000 m² de bureaux liés à la production aéronautique.

Le bâtiment "Essais statiques" accueillera les essais mécaniques aux limites nécessaires à la certification de navigabilité du nouveau gros porteur.

La plate-forme logistique, située au nord de l'usine, est une aire de livraison qui accueillera les convois acheminant les tronçons de l'A380 depuis Langon par l'itinéraire à grand gabarit aménagé par l'Etat.

Le centre de maintenance d'Air France Industrie

En liaison directe avec les pistes de l'aéroport, ce site est consacré à la maintenance lourde des petits porteurs. Il correspond au transfert du site "historique" de Montaudran.

Les sites d'accompagnement

Un centre technique construit et géré par Elyo, et une centrale à carburants avec Exxon approvisionnement en énergies industrielles les activités de la zone.

Enfin, trois restaurants accompagnent les activités industrielles. Ils sont situés aux trois accès principaux (nord, est et sud) de l'opération.

Par ailleurs, une seconde phase d'une quarantaine d'hectares est en cours d'aménagement au nord-ouest de la zone. Elle abritera des activités de fournisseurs, sous-traitants ou partenaires divers liées à l'aéronautique.

■ LA MAÎTRISE D'OUVRAGE

Depuis le 1^{er} janvier 2001, c'est donc le Grand Toulouse qui, dans le cadre des compétences qu'il s'est donné en matière d'aménagement des zones



Photo aérienne du début des travaux
Aerial photo of the start of work



Illustration des terrassements généraux
Illustration of general earthworks



Vue aérienne de l'usine Jean-Luc Lagardère
Aerial view of the Jean-Luc Lagardère plant

Vue aérienne de l'usine
Air France Industrie
*Aerial view
of the Air France Industrie
plant*



Vue au sol
de l'usine
*Ground view
of the plant*



Vue aérienne
du centre technique Elyo
*Aerial view of the Elyo
technical centre*



d'activités communautaires, assure désormais la maîtrise d'ouvrage de l'opération.

Pour la réalisation des opérations, la SETOMIP a été associée au Grand Toulouse au moyen de deux conventions, qui ont été approuvées dans leur état initial par le Conseil communautaire du 7 septembre 2001 :

- ◆ une convention publique d'aménagement pour la ZAC proprement dite ;
- ◆ une convention de mandat de réalisation pour les équipements d'intérêt général.

L'Etat et le Conseil général de la Haute-Garonne participent à ce projet en réalisant les dessertes externes du secteur : l'aboutissement terminal de l'itinéraire à grand gabarit (RN 224), les travaux né-

cessaires sur la RD 902 et la déviation de la RD 1. Le Conseil régional contribue lui aussi financièrement au projet, auprès du Grand Toulouse.

■ UN PROJET D'AMÉNAGEMENT INNOVANT

L'aménagement de la ZAC Aéroconstellation a en fait recouvert deux domaines, complémentaires mais distincts :

1. Les équipements publics d'infrastructures

Les équipements publics ont été réalisés et sont remis aux collectivités qui en assurent désormais l'exploitation, directement ou au travers d'opérateurs spécialisés.

Le programme d'investissements est le suivant :

- A.** Voirie publique générale périphérique ;
- B.** Espaces verts publics, dont espaces et canal paysagers ;
- C.** Réseaux divers publics :
 - assainissement eaux pluviales dont les Waterways (bassins d'orage pouvant stocker 200 000 m³),
 - assainissement eaux usées,
 - alimentation générale en eau potable,
 - réseau de protection incendie extérieure,
 - arrosage des espaces verts,
 - éclairage public,
 - téléphone, courants faibles, réseau IMT.

Les principales caractéristiques des travaux des équipements publics résident dans :

- ◆ un calendrier de réalisation très contraint ;
- ◆ une grande souplesse de phasage pour accompagner les chantiers des industriels, avec une coactivité permanente et parfois très difficile à gérer.

2. Les équipements dits "d'intérêt général" – EIG

Ce second volet est très spécifique à l'opération. L'aménagement de la ZAC Aéroconstellation implique la construction d'ouvrages particuliers à l'activité aéronautique (taxiways, parkings d'avions) et d'ouvrages qui, pour être compatibles avec l'activité aéronautique, doivent faire l'objet d'aménagements très spécifiques (galerie technique enterrée pour le passage de certains fluides, voirie intérieure spécifique, etc.). Ces ouvrages, qualifiés d'intérêt général puisqu'ils sont utilisés par l'ensemble des industriels installés sur le site, doivent être réalisés en même temps que la viabilisation de la ZAC. Financés par la Communauté d'Agglomération du Grand Toulouse, qui est maître d'ouvrage de leur construction, ils font l'objet d'une location de longue durée aux industriels qui les utiliseront, selon des modalités juridiques et financières particulières. Le programme prévisionnel a donc été défini avec les futurs utilisateurs et arrêté par le Grand Toulouse.

Il comprend :

- ◆ un réseau de taxiways et de voies de circulation

des avions (avec accotements particuliers) d'une longueur d'environ 5 km. Ces taxiways permettent le raccordement des ouvrages avec les pistes de l'aéroport voisin ;

◆ des aires de stationnement des avions qui comprennent plusieurs fonctions :

- aires de stationnement simples accompagnant les bâtiments industriels (Air France),

- aires dites "industrielles" situées dans le prolongement sud de l'usine Jean-Luc Lagardère et participant à la construction de l'A380. Dix aires sont déjà en service ; les deux dernières, en travaux, seront livrées en 2006,

- une aire commune de lavage des avions et son système spécifique antipollution,

- une aire dite "de point fixe" destinée aux essais au sol des moteurs, avec un ouvrage de protection sonore conçu et construit sur mesures pour l'A380, mais utilisable par tous types d'avions. En cours d'essais, cet ouvrage doit être mis en exploitation début 2006 ;

◆ un réseau de galeries techniques enterrées d'un linéaire global de 3 km avec des ouvrages particuliers. Ces galeries techniques servent à installer des réseaux industriels privés ;

◆ une voie intérieure commune, dont l'utilisation est réservée aux industriels riverains, et qui assure toutes les liaisons entre les installations.

3. Les investissements du Grand Toulouse dans l'opération

Les investissements dans l'opération Aéroconstellation sont donc de plusieurs natures.

En premier lieu, les prises en charge financières de la Communauté d'Agglomération du Grand Toulouse au titre de l'opération d'aménagement, qui concernent :

◆ la totalité des équipements spécialisés pour les activités aéronautiques, baptisés "Equipements d'intérêt général", financés par le Grand Toulouse et mis à la disposition des industriels au moyen d'un bail avec versement d'un loyer sur 40 ans. Ce bail a été établi en juin 2004 avec une Association foncière urbaine libre (AFUL) constituée avec les acquéreurs de terrains, ou plus généralement de droits immobiliers réels, auprès de la SETOMIP. Les statuts de cette AFUL ont été déposés en décembre 2003 ;

◆ la prise en charge, au travers du bilan des ZAC, des équipements publics spécifiques d'assainissement pluvial (baptisés "waterways") ainsi que des principaux espaces verts paysagers. Par ailleurs, le Grand Toulouse a pris en charge les diverses études et travaux divers préalables à la phase d'aménagement proprement dite, par l'intermédiaire d'une convention de mandat d'études, initiée en 2000 avec le SIVOM et transférée de plein droit au Grand Toulouse. Cette convention concerne les trois ZAC Aéroconstellation, Andromède et Les Monges.



Terrassement d'un waterway avec sa membrane d'étanchéité antipollution

Earthworks for a waterway with its pollution control membrane



Galerie technique

Main services duct



Illustration des réseaux enterrés

Illustration of buried services

■ UN PROJET INDUSTRIEL QUI EST AUSSI UN PROJET URBAIN

Si Aéroconstellation est un grand projet industriel, c'est aussi un grand projet urbain :

◆ la conception d'ensemble rigoureuse attachée au tracé régulier des grandes infrastructures (taxiways, waterways, voies, échangeurs) ;

◆ les cheminements publics ouverts à tous longeant les 3 km du sud au nord et permettant de découvrir l'ensemble du site industriel :

- voiries pour les véhicules,

- trottoirs pour les piétons,

- piste cyclable pour les cyclistes, reliée à celle de l'itinéraire à grand gabarit ;

◆ les 39 ha d'espaces verts structurants dont 16 ha plantés d'arbres et d'arbustes (séquoias, albizias...) et la création d'un canal paysager de 650 m de long ;

◆ les équipements : les restaurants des industriels

**Aires de stationnement
des avions en béton**

*Concrete aircraft
parking areas*



**Aire de point fixe
en cours de montage**

*Ground run area
during assembly*



**Mail planté
de séquoias**

*Mall planted
with sequoias*



le long de la voie publique, un programme d'accompagnement à l'entrée principale, définissent un véritable projet urbain :

- un lieu de travail de qualité pour le personnel des entreprises,
- un ensemble bien intégré, malgré son gigantisme, dans son environnement urbain à proximité des lieux d'habitat et de service de Blagnac, Beauzelle et Cornebarrieu,
- un site attractif pour tous ceux qui viendront le visiter comme objet industriel d'exception mais aussi comme un lieu urbain de la grande ville que constitue le Grand Toulouse.

Pour le Grand Toulouse, aménager l'espace de ce grand projet d'Aéroconstellation c'est non seulement réaliser des équipements performants et fonctionnels, mais aussi mettre en place durablement, sur le site industriel lui-même, un (véritable) projet urbain pour tous.

■ UN PROJET INTÉGRÉ DANS SON ENVIRONNEMENT

L'enjeu, pour l'aménageur, était au moins autant d'intégrer la zone dans son environnement, que de créer de toutes pièces un véritable paysage industriel moderne, vu la taille des installations. Préoccupation majeure, l'objectif architectural a été d'obtenir l'image d'ensemble la plus équilibrée possible autour de bâtiments d'une ampleur exceptionnelle et de fonctions diverses. Il a fallu réfléchir à la cohérence dans le temps et à l'harmonie générale de ce grand site industriel contemporain, destiné à accueillir chaque jour plusieurs milliers de salariés et de nombreux visiteurs. La rigueur générale des tracés du plan de masse garantit durablement une image forte et structurée du site. Les matériaux, les colorations des installations contribueront également à la vision homogène de l'ensemble.

Les aménagements publics paysagers font partie intégrante de l'architecture. Conçus pour être un véritable élément de construction, ils ont pour fonction de mettre en valeur les activités industrielles et non de les cacher. Une attention particulière a été portée aux espaces de circulation, à l'intégration des parkings plantés d'arbres et cernés de massifs de fleurs, aux points d'accès facilement repérables.

En particulier, l'entrée principale est marquée par la masse verte d'une prairie plantée d'albizias, une plantation de séquoias rythme l'axe qui mène au site. Pistes cyclables, chemin de randonnée, échappées visuelles créées par de nombreuses plantations achèvent de donner au site et à ses abords une qualité environnementale d'exception. Enfin, la ZAC Aéroconstellation est à l'heure actuelle en cours de certification ISO 14001 pour les tâches d'exploitation des équipements. Procédure

originale puisqu'elle concerne trois entités conjointes :

- ◆ la SETOMIP pour les ouvrages neufs au titre de ses missions d'aménageur ;
- ◆ le Grand Toulouse pour les équipements publics ;
- ◆ les industriels installés sur le site, regroupés au sein d'une Association foncière urbaine libre (AFUL) au titre des équipements d'intérêt général.

La mise en place d'un Système de management environnemental associant le Grand Toulouse, les industriels et l'aménageur SETOMIP, garantira une exploitation respectueuse de l'environnement des équipements collectifs (publics et d'intérêt général). Elle prendra en compte la qualité du cadre de vie, du travail, la maîtrise des rejets dans l'air, dans l'eau, et celle du bruit, la gestion responsable des déchets et de l'énergie, l'optimisation des modes et moyens de transport ainsi que la diminution des risques des sinistres.

■ LA CONDUITE DES OPÉRATIONS

La coordination générale de l'ensemble des opérations a donc été menée par la SETOMIP, aménageur du Grand Toulouse à qui il a confié la conduite opérationnelle.

La SETOMIP – Société d'équipements de Toulouse Midi-Pyrénées – créée en 1956, est une SEM (Société d'économie mixte) dont le métier d'aménageur et de constructeur d'équipements est mis au service des collectivités locales.

On peut rappeler que la SETOMIP a été missionnée par le SIVOM Blagnac Constellation fin 2000, puis par le Grand Toulouse début 2001 pour les études opérationnelles, et surtout par le Grand Toulouse le 7 septembre 2001 pour la Convention publique d'aménagement (CPA) et le mandat des Equipements d'intérêt général (EIG).

Le Grand Toulouse est ensuite entré en 2002 au capital de la société, aux côtés de la ville de Toulouse et de la région Midi-Pyrénées.

Enfin, la SETOMIP a créé une agence spécifique, installée à proximité du site, et dédiée au projet, dès septembre 2001. La présence sur place de l'aménageur a été appréciée de ses partenaires.

On peut résumer ainsi les défis à relever : faire vite et faire bien :

- ◆ faire vite : ne jamais mettre en retard le calendrier de réalisation des industriels Airbus et Air France ; et ce malgré les adaptations du projet du fait des modifications incessantes demandées par les industriels. Ceci tout en appliquant strictement le Code des Marchés Publics, et tout en suivant rigoureusement le calendrier des procédures d'urbanisme et foncières ;

- ◆ faire bien : comprendre les besoins des industriels et les traduire en propositions réalisables ; conclure de bons accords juridiques avec eux ; mettre en place un véritable projet urbain au service du projet industriel : qualité architecturale et



Galerie technique
de trois kilomètres

*Three-kilometre main
services duct*



Vue sur le canal
paysager

*View over
the landscaped canal*

paysagère (charte, conception des espaces publics), respect de l'environnement (projet de certification ISO 14001).

Pour réussir un grand projet industriel, sur une surface aussi importante (264 ha), branché sur les grandes infrastructures (aéroport, voiries...) et à proximité de l'urbanisation (Blagnac, Beauzelle et Cornebarrieu), il faut aménager l'espace.

Pour la SETOMIP, aménager l'espace a consisté à :

- ◆ maîtriser le foncier ;
- ◆ mener l'ensemble des procédures ;
- ◆ poursuivre les études techniques et urbaines ;
- ◆ réaliser les travaux d'infrastructures tant publics

- que spécifiques aux industriels de l'aéronautique ;
- ◆ mettre en place les montages juridiques et financiers adaptés ;
- ◆ céder les terrains.

A cette fin, la SETOMIP s'est entourée des compétences classiques directement impliquées dans l'aménagement :

- géomètres experts,
 - urbanistes, paysagistes,
 - bureaux d'études spécialisés en ouvrages d'art, infrastructures et génie civil, bureau de contrôle, coordonnateur SPS,
 - experts techniques divers (surtout pour l'aire de point fixe),
- mais aussi des notaires, avocats, consultants et conseils juridiques divers.

Elle a également collaboré avec les services publics de l'Etat et des collectivités locales.

Une mission particulière, réalisée par la SETOMIP au titre de sa fonction d'aménageur, est représentée par la mise en place et la gestion d'une cellule de synthèse concernant l'ensemble des participants publics et privés intervenant sur le site (maîtrises d'ouvrages, maîtrises d'œuvre, entreprises, pilotage de chantiers) avec une double tâche :

- ◆ la coordination spatiale et temporelle en trois dimensions de l'ensemble des réseaux quels qu'ils soient en temps réel et en vrai dialogue avec les opérationnels ;
- ◆ la cohérence des différents plannings, les éventuels conflits, et les "effets dominos" d'un retard décelé à temps.

Très importante dans le quotidien de la vie des chantiers, cette cellule de synthèse a prouvé son efficacité aux yeux de tous. Pour l'exercer, la SETOMIP a demandé la collaboration d'une société spécialisée.

On voit donc bien que les différentes missions de la SETOMIP ont été en permanence menées à bien en partenariat étroit, avec le Grand Toulouse bien évidemment, mais aussi avec les industriels locomotives de l'opération, au premier rang desquels Airbus a joué un rôle prépondérant. Ce mode original d'intervention a permis à la SETOMIP de faire ses preuves dans des domaines où on ne l'attendait par forcément.

Le véritable enjeu pour la SETOMIP a été de suivre le calendrier très contraint qui lui a été imposé, et le défi a été de ne pas retarder les industriels dans leur développement, et bien mieux de les accompagner.

ABSTRACT

Urban planning for a major industrial project

Ph. Gendre, J.-Ph. Aumoine

As a result of exceptional mobilisation by central government and local government bodies, the Toulouse site was finally chosen to set up the assembly plant for the Airbus A380 jumbo jet, and this led to the inception in 2001 of an urban development project called "Aéroconstellation", around a large-scale industrial project, the vastest of its kind in Europe.

Greater Toulouse and its developer, the SETOMIP, performed operational management of the project, with the participation of the "Conseil général" (County Council) of Haute-Garonne and the Midi-Pyrénées Region.

Around the main programme for the Airbus A380 assembly site (Jean-Luc Lagardère plant) and the Air France maintenance centre, support businesses were set up (technical centre for energy distribution, central fuel supply unit, restaurants) and partner businesses. The development plan is innovative, being organised around public infrastructure development and specific aerospace facilities, built by Greater Toulouse, which entrusted their operation to neighbouring industrial firms through long-term leasing arrangements. These facilities are said to be "in the general interest".

This industrial project is also a great urban project, an exceptional high-quality location for work, well integrated into its environment, which has even created its own landscaped universe through a very ambitious equipment programme, carried out in accordance with a very tight schedule imposed by the industrial firms' deadlines.

An unforgettable adventure for those who experienced it.

RESUMEN ESPAÑOL

Ordenación urbana para un importante proyecto industrial

Ph. Gendre y J.-Ph. Aumoine

Derivado de una movilización excepcional del Estado y de las corporaciones públicas, la opción final del emplazamiento cerca de Toulouse para la implantación de la planta de montaje del avión

de gran capacidad Airbus A380, dio como resultado el nacimiento en 2001 de un proyecto de ordenación urbana "Aéroconstellation" en torno de un proyecto industrial de gran envergadura, o sea el más importante de este tipo en Europa.

El "Grand Toulouse" y la empresa de ordenación, la SETOMIP, han llevado a cabo la dirección operativa, con la participación de la Diputación provincial del departamento de Haute-Garonne y de la Región Mediodía-Pirineos.

En los alrededores del programa principal de las instalaciones de Airbus de montaje del A380 (planta Jean-Luc Lagardère) y del centro de mantenimiento de Air France, han venido a instalarse diversas actividades vinculadas (centro técnico de distribución de las energías, central de carburantes, restaurantes) así como diversas actividades asociadas.

El proyecto de ordenación urbana es innovador, articulado en la realización de infraestructuras públicas, y de equipos específicos de la aeronáutica, construidos por el "Grand Toulouse" y entregados para la explotación a los industriales locales por mediación de un arrendamiento de larga duración. Estos equipos reciben la denominación de "interés general".

Este proyecto industrial corresponde a un importante proyecto urbano, un emplazamiento extraordinario y de calidad para las actividades laborales, perfectamente integrado en el medio ambiente, que incluso ha creado su propio universo paisajístico a través de un programa de equipamientos sumamente ambicioso, realizado según un calendario muy apremiante e impuesto por los vencimientos de los industriales. Una aventura inolvidable para aquellos que la han vivido.

Le projet et la maîtrise d'œuvre des infrastructures de la ZAC Aéroconstellation

En juin 2001, la SETOMIP et la Communauté d'agglomération du Grand Toulouse ont confié au groupement de maîtrise d'œuvre Setec TPI (mandataire) – Ingénierie Studio – P & A Dumons et Ingénieurs et Paysages les études et la direction des travaux de la plate-forme industrielle de l'usine d'assemblage de l'Airbus A380. Les pistes et parking pour avions imperméabilisent un bassin versant de 350 hectares. Setec TPI a développé une conception originale d'assainissement, le waterway, qui assure le transport et le stockage d'eau en ligne, ce qui diminue les volumes des bassins de rétention avals. La conception de ce système d'assainissement requiert une analyse hydrologique et hydraulique détaillée à l'aide d'outil numérique simulant les mouvements d'eau complexes et variables au cours du temps. Les infrastructures ont été réalisées dans un délai de deux ans dans un contexte difficile lié au très grand nombre d'intervenants et au caractère évolutif du projet industriel. Durant la réalisation, les infrastructures ont dû s'adapter à la mise au point progressive du programme de réalisation de la chaîne d'assemblage de l'A380. Le maître d'ouvrage de la chaîne d'assemblage, les maîtres d'œuvre publics et privés, et les entreprises se sont rassemblés au sein du village Aéroconstellation, pour coordonner leurs actions.

■ PRÉSENTATION DU PROJET

En juin 2001, la SETOMIP et la Communauté d'agglomération du Grand Toulouse ont confié au groupement de maîtrise d'œuvre Setec TPI (mandataire) - Ingénierie Studio - P & A Dumons et Ingénieurs et Paysages les études d'avant projet, de projet et la direction des travaux de la plate-forme industrielle destinée à recevoir les usines d'assemblage de l'Airbus A380 et les installations d'entretien et de maintenance d'Air France. Le contexte général de l'opération a été présenté par le maître d'ouvrage dans un article précédent.

Setec TPI et ses partenaires toulousains se sont appuyés sur les compétences particulières des sociétés spécialisées du groupe Setec, à savoir Terrassol en matière de géotechnique et structures des voiries aéronautiques, et Hydratec, en matière d'assainissement de la plate-forme, et détermination des hydrogrammes de crue.

L'avant-projet établi par le groupement a pour base l'étude de plan de masse effectuée par Airbus France au moment de la conception d'ensemble de la nouvelle usine d'assemblage de l'A380. Il s'agit de réaliser une plate-forme industrielle destinée à recevoir diverses activités liées à l'aéronautique et notamment :

- ◆ Airbus France qui réalise son usine d'assemblage (Final Assembly Line);
- ◆ Air France qui transfère sur ce nouveau site ses installations de maintenance et d'entretien des Airbus A320 et, plus tard, des A340 ainsi que les appareils de tailles équivalentes de la compagnie;



Jean-Bernard Datry



DIRECTEUR
Setec TPI

Edward Clayton



RESPONSABLE
DU PROJET
Setec TPI

Thierry Louge



RESPONSABLE
DES TRAVAUX
Setec TPI

Thierry Boisseau



DIRECTEUR
Hydratec

Joanna Brunelle



INGÉNIEUR
Hydratec

- ◆ STTS spécialisé dans la peinture des petits porteurs;
- ◆ la société Elyo, adjudicataire d'une délégation de service, et qui fournit les énergies indispensables au fonctionnement des activités industrielles;
- ◆ Exxon, qui distribue le carburant spécifique des avions pour l'ensemble des partenaires industriels;
- ◆ les restaurants d'entreprises concédés aux sociétés Spie Batignolles Immobilier et Rumeau;
- ◆ SIDMI, société de construction de carlingue et de maintenance des petits porteurs.

Les ouvrages publics, réalisés au sein d'une opération de ZAC comprennent :

Photo 1
Vue aérienne de la ZAC
Aéroconstellation

*Aerial view
of the Aéroconstellation
"ZAC" mixed development
zone*



Photo 2
Les ouvrages
de franchissement de la RD 1
Overpasses
on county road RD 1

◆ les voiries à l'intérieur de la zone industrielle et la piste cyclable ;
 ◆ l'éclairage public ;
 ◆ l'ensemble des réseaux desserte des parcelles industrielles : eaux usées, électricité, téléphone, eau potable ;
 ◆ l'assainissement pluvial de l'ensemble du site et les ouvrages de traitement de l'eau ;
 ◆ l'aménagement paysager de l'ensemble du site et le réseau d'arrosage automatique (photo 1).
 Par ailleurs, le maître d'ouvrage a fait réaliser un certain nombre d'équipements nécessaires aux industriels, dans l'intérêt général. Il s'agit :

- ◆ des taxiways de liaison à l'aéroport de Toulouse Blagnac ;
- ◆ des aires de stationnement destinées aux essais des avions en cours d'achèvement ;
- ◆ des galeries enterrées et caniveaux techniques, qui permettent la distribution des fluides sur le site ;
- ◆ d'une aire de point fixe, équipement spécifique destiné à atténuer le bruit généré par un avion au cours des essais des moteurs. Cette aire est utilisée conjointement par Airbus et Air France.

Les parkings destinés à accueillir les usagers des ateliers et des restaurants d'entreprises sont réalisés directement par les investisseurs.

Les travaux sous maîtrise d'œuvre Setec TPI - Ingénierie Studio - P & A Dumons et Paysages comprennent également les travaux des voiries d'accès au site, la démolition de l'ancienne tour radar de l'aéroport et de la base de loisirs Pinot ainsi que les adaptations provisoires du plan de masse nécessaires au phasage des travaux conduits sous maîtrise d'ouvrage Airbus et Air France.

Parallèlement, les sociétés Setec TPI et Seti ont réalisé, en groupement, les maîtrises d'œuvre des

opérations routières lancées par le Conseil général de la Haute-Garonne, à savoir la déviation de la route départementale n° 1 et la construction de deux ponts en béton précontraint pour permettre l'accès de l'avion gros porteur aux pistes de l'aéroport de Toulouse Blagnac, ainsi que l'aménagement de la route départementale 902 dont les travaux sont encore en cours à ce jour, et qui permettra l'accès nord et est au site industriel Jean-Luc Lagardère (photo 2).

Enfin Setec TPI, Ingénierie Studio et les architectes Francis Cardete et Gérard Huet ont réalisé les équipements des aires industrielles destinées aux essais des avions, sous maîtrise d'ouvrage Airbus France (photo 3).

Ce projet porte sur un territoire d'environ 260 hectares, avec une possibilité d'extension ultérieure au nord-ouest à 360 hectares. L'emprise concernée a une longueur de 2 800 m, et une largeur de 1 300 m. Les procédures administratives de création de ZAC ont été menées par la Communauté d'Agglomération du Grand Toulouse en 2001.

Les activités aéronautiques et industrielles se développent du nord vers le sud et comprennent :

- ◆ la zone de déchargement des tronçons d'avions, en vue de leur montage. Au nord de cette zone, une bande de terrain est réservée pour l'itinéraire à grand gabarit et pour stocker, sur 100 m environ, les eaux pluviales avant traitement ;
- ◆ le bâtiment principal construit par Airbus, dénommé l'Arche, qui s'étend sur une surface d'environ 500 m x 250 m, bordé de part et d'autre par les taxiways et les waterways destinés au stockage de la pluie centennale ;
- ◆ les aires d'essai extérieures, bordées elles aussi de taxiways et de waterways, qui se développent jusqu'à la limite sud de terrain ;
- ◆ à l'Est de ces aires, les bâtiments spécifiques, construits par Airbus, pour réaliser les essais statiques de l'avion ;
- ◆ au sud, le long de la RD 1, les parkings pour avions et les ateliers de maintenance d'Air France, ainsi qu'un parking pour le personnel ;
- ◆ enfin, au sud de la RD 1, à proximité de l'aéroport, l'installation circulaire de l'aire d'essai des moteurs (aire de point fixe).

La liaison au-dessus de la route départementale dénivelée est assurée par deux ponts dalles en béton précontraint, permettant le passage de l'avion de 600 t.

L'opération d'aménagement a été conduite en trois phases de travaux :

- ◆ la zone sud, comprise entre l'ancien tracé de la route départementale n° 1 et l'ancien centre de loisirs a été mise à disposition dès l'automne 2001. La présence du centre de loisirs de Blagnac, alors en activité, ne permettait pas d'aménager les terrains plus au nord ;
- ◆ la zone nord, située entre le futur ITGG (itinéraire à très grand gabarit) et le centre de loisirs,

a été mise à disposition d'Airbus en janvier 2002, afin que l'industriel réalise ses travaux propres ;

- ◆ la zone centrale, comprise entre les deux précédentes, a été mise à disposition début juillet 2002, afin que débutent les travaux d'aménagement des aires industrielles extérieures, sur lesquelles se poursuit la mise au point du nouvel avion. A ce jour, les travaux s'achèvent, et la mise à disposition de l'aire de point fixe en juillet 2005 marquera la fin d'une opération d'infrastructure sans précédent, mobilisant l'ensemble des partenaires publics et privés.

■ CONTEXTE GÉOTECHNIQUE

Le site de la ZAC Aéroconstellation se développe sur les alluvions de la basse terrasse de la vallée de la Garonne. Au-delà de la couverture végétale, on rencontre successivement :

- ◆ une couche de limons, d'une épaisseur voisine de 40 cm ;
- ◆ des graves argileuses, dont l'épaisseur est très variable entre 0,40 m et 2,80 m ;
- ◆ des graves argilo-sableuses, plus propres, de couleur grise à rouille, d'épaisseur 1,75 m ;
- ◆ enfin le substratum molassique à partir de la cote 141 m NGF.

Les piézomètres mis en place ont mis en évidence une nappe fluctuante dont le niveau est proche de celui du terrain naturel. Les graves argilo-sableuses constituent un véritable aquifère captif sous les graves argileuses et les limons. En cas de pluies importantes, cet aquifère est mis en charge.

L'imperméabilisation des sols, la coupure des circulations par la création des galeries techniques et le rétablissement de cette nappe ont constitué les véritables enjeux techniques de cette opération.

■ L'ASSAINISSEMENT DE LA PLATE-FORME

Problématique

La ZAC Aéroconstellation est implantée dans le bassin versant du Garossos. Ce ruisseau prend naissance à l'aval de la zone aéroportuaire de Toulouse-Blagnac, franchit en siphon la RD 1, traverse l'emprise de la ZAC, franchit puis longe la RD 902 et traverse la commune de Beauzelle pour rejoindre la Garonne.

Les nouvelles voiries et toitures imperméabilisent le bassin versant de 350 hectares en amont de la RD 902. Sa surface imperméabilisée équivalente passe de 74 hectares à 251 hectares. Une pluie centennale occasionne un ruissellement de 240 000 m³ au lieu de 70 000 m³ initialement.

Pour que la ZAC Aéroconstellation ne génère pas



Photo 3
Les aires industrielles en cours de travaux de terrassement
The industrial areas during earthworks

de nuisance, conformément au dossier loi sur l'Eau, le maître d'ouvrage s'est engagé sur les points suivants :

- ◆ maîtriser les apports et contrôler les rejets d'eaux pluviales dans le Garossos en quantité et en qualité afin de ne pas aggraver la situation actuelle dans la partie aval du ruisseau, principalement la traversée de Beauzelle. Le débit en sortie de ZAC ne dépassera pas 5 m³/s pour les pluies centennales. L'objectif de qualité retenu est celui attribué à la Garonne dans le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux dans cette section, à savoir la classe de qualité 2, dite passable ;
- ◆ éviter l'inondation des zones sensibles de la ZAC pour les pluies centennales ;
- ◆ respecter le milieu naturel et l'environnement en privilégiant les solutions techniques alternatives d'assainissement pluvial ;
- ◆ anticiper et organiser la gestion des pollutions qu'elles soient chroniques ou accidentelles.

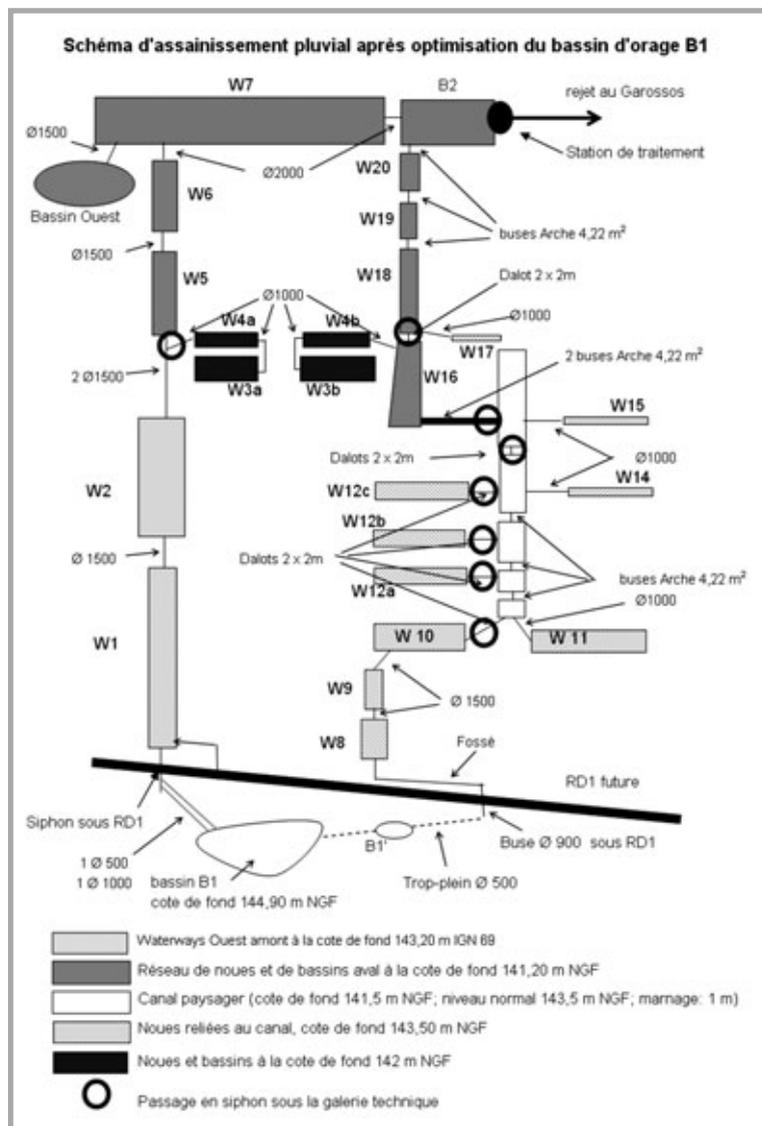
Idées directrices pour l'aménagement : le waterway

Les solutions d'assainissement traditionnelles avec canalisations et bassins de retenue n'étaient pas adaptées dans la mesure où les pentes faibles du site obligeaient à poser des canalisations de grands diamètres générant un accroissement important des débits transités d'amont en aval jusqu'à un bassin de grande dimension dont le remplissage mettait en charge le réseau, provoquant sa saturation.

La réponse adaptée à ce type de site est la mise en place de noues ou waterways selon les méthodes alternatives d'assainissement pluvial. Le waterway possède une double fonction :

- ◆ il assure le transport de l'eau avec des vitesses

Figure 1
Schéma
d'assainissement pluvial
de la plate-forme
*Diagram of platform
rainwater drainage*



- d'écoulement faibles, ce qui limite le risque d'érosion des berges et des fonds;
 - ◆ il fait du stockage d'eau en ligne, ce qui diminue les volumes de bassin de rétention à mettre en place à l'aval.
- Cette dynamique de contrôle de la crue en ligne présente deux avantages déterminants :
- ◆ Il y a écrêtement des débits de pointe le long du parcours ce qui permet de réduire les dimensions des ouvrages de franchissement;
 - ◆ la pente des noues peut être nulle, ce qui est parfaitement adapté à la géométrie du site.

Méthodologie de l'étude

La conception d'un système d'assainissement assurant simultanément le transport et le stockage des eaux pluviales pour des pluies centennales requiert une analyse hydrologique et hydraulique détaillée à l'aide d'outil numérique simulant les mouvements d'eau complexes et variables au cours du temps : effet de remous et de laminage, prise en compte des stockages par inondation dans les zones moins vulnérables du site.

La méthodologie de l'étude de dimensionnement a enchaîné les étapes suivantes :

- ◆ visite de terrain pour valider les documents techniques disponibles et reconnaître le Garossos et ses ouvrages;
- ◆ définition des pluies de projet à partir des données de pluies synthétisant les observations météorologiques enregistrées par Météo France sur la période 1962-1999 : pluies de Keifer de 6 heures et 24 heures pour les périodes de retour 5, 10 et 100 ans;
- ◆ découpage des 350 hectares du bassin versant de la ZAC en 152 sous-bassins versants afin que l'outil de simulation hydrologique et hydraulique soit adapté, pertinent et utile aussi bien en phase définitive qu'en phase chantier. Détermination de leur surface, pente, longueur et coefficient d'imperméabilisation en fonction des différentes phases de l'opération;
- ◆ étude hydrologique avec le logiciel METE-EAU, développé par Hydratec pour évaluer les débits "ruisselés" au cours du temps pour les pluies de temps de retour 10 et 100 ans en fonction de l'hypothèse d'imperméabilisation des sols;
- ◆ conception et modélisation numériques de différents réseaux de fossés, de collecteurs, de noues ou waterways et de bassins de rétention. Simulations informatiques des écoulements dans ces systèmes d'assainissement avec le logiciel Hydra développé par Hydratec pour calculer en tout point du réseau l'évolution des débits et des niveaux d'eau pour différents scénarios de pluie. Les simulations permettent de vérifier à chaque instant de la pluie, l'adéquation entre le gabarit des noues et des fossés et les débits ainsi qu'entre le volume ruisselé et les capacités de stockage disponibles et de contrôler qu'il n'y a pas de débordement aux points clés du système;
- ◆ simulation informatique supplémentaire pour l'optimisation des résultats avec réduction des dimensions des waterways et des ouvrages de franchissement en tenant compte de la possibilité d'inonder certaines zones (pistes) lors de la pluie centennale;
- ◆ simulation des écoulements pour optimiser le système d'assainissement en phase chantier sur la base d'une pluie de temps de retour 5 ans.

L'assainissement pluvial d'Aéroconstellation

L'assainissement pluvial d'Aéroconstellation s'intègre à la conception générale du site en respectant l'alignement des taxiways et les principaux éléments de la ZAC. Il s'organise en quatre secteurs : l'amont de la RD 1, l'axe ouest, l'axe est et son canal paysager, l'axe ouest-est au nord avec son waterway, son bassin d'extrémité et son ouvrage exutoire (figure 1) :

En amont de la RD 1 :

- ◆ les eaux des pistes et des voies de circulation actuelles de l'aéroport de Blagnac sont collectées



Photo 4
Le waterway n° 7,
au nord

Waterway No. 7,
in the north

par le Garossos, et envoyées directement vers le siphon de franchissement de la RD 1 ;

- ◆ les eaux des bassins versants imperméabilisés sont envoyées dans un bassin d'orage d'emprise 12000 m² et de cote de fond calée pour limiter les risques de pollution de la nappe phréatique. Le marnage maximum dans ce bassin est de 2,0 m et son volume utile est de l'ordre de 23000 m³ ;

- ◆ les eaux de la partie nord-est du bassin versant ne sont pas envoyées vers ce bassin d'orage mais collectées au niveau d'une buse Ø 900 mm franchissant le RD 1 et dirigées vers la noue la plus proche en aval au moyen d'un fossé s'y rejetant ;

- ◆ le bassin d'orage est relié à un dispositif de sécurité consistant en un bassin plus petit, d'emprise 5000 m² offrant un stockage supplémentaire d'environ 4500 m³ avec un marnage maximum de 1 m. Ce bassin est relié à la buse Ø 900 mm au moyen d'une conduite munie d'un clapet anti-retour.

En aval de la RD 1 :

- ◆ les eaux de ruissellement sont collectées sur l'ensemble de la ZAC par un réseau de noues enherbées et de waterways offrant une dimension paysagère au site tout en assurant un rôle de stockage et d'écrêtement en ligne ;

- ◆ les waterways de l'axe ouest sont parallèles au taxiway. Ils reçoivent le Garossos après son passage en siphon sous la RD 1. Ils sont longs de 2000 m environ et larges en gueule de 20 à 40 m. Leur pente est nulle ;

- ◆ les waterways de l'axe Est sont longs au total de 2200 m environ et larges en gueule de 10 à 40 m. Le canal est large de 10 m ; il est équipé

d'un seuil fixe à l'aval pour assurer une hauteur d'eau permanente de 2 m. Le marnage prévu en période de pluie est de 1 m. Ce canal est alimenté par plusieurs noues perpendiculaires dont la cote de fond est celle du niveau d'eau normal dans le canal de manière à ce qu'elles soient à sec en dehors des périodes de pluie ;

- ◆ à l'aval, le waterway ouest et le canal paysager rejoignent le réseau constitué de noues et de bassins. Ce réseau encercle la zone aval. Le bassin implanté sur la zone ouest est également relié à ce réseau (photo 4).

Le traitement des eaux pluviales se fait à deux niveaux :

- ◆ à la source, pour protéger les noues et la nappe à l'intérieur de la ZAC. Les aires de stationnement sont équipées de séparateurs à hydrocarbures permettant de traiter une pluie de temps de retour 1 an ;

- ◆ à l'exutoire du système, pour protéger le Garossos et la Garonne. La station de dépollution située à l'exutoire du système est constituée de deux unités permettant de traiter un débit total de 500 l/s. Chaque unité est composée d'un déshuileur et d'un décanteur lamellaire. Lors d'événements pluvieux importants, l'excédent de débit, contrôlé par un déversoir est rejeté directement au Garossos.

Afin de protéger la nappe phréatique lors d'une pollution accidentelle, le fond des noues (sauf le waterway n° 7 et le bassin aval) possède une étanchéité stoppant l'infiltration de polluants pendant la durée nécessaire à l'intervention d'équipes spécialisées.

Figure 2
Lignes d'eau ouest-nord
West-north surface profiles

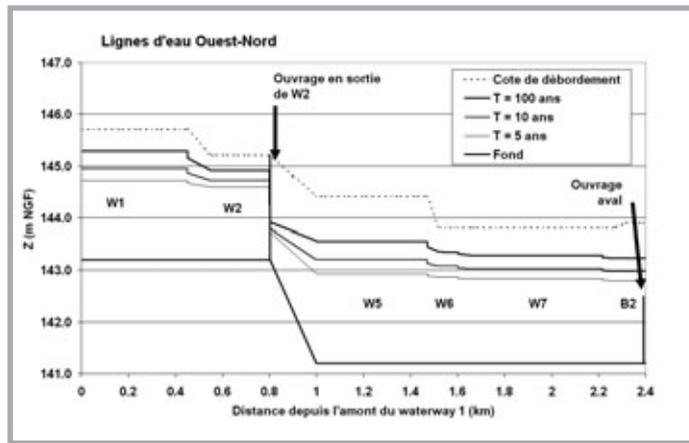


Figure 3
Bassin aval B2
Downstream basin B2

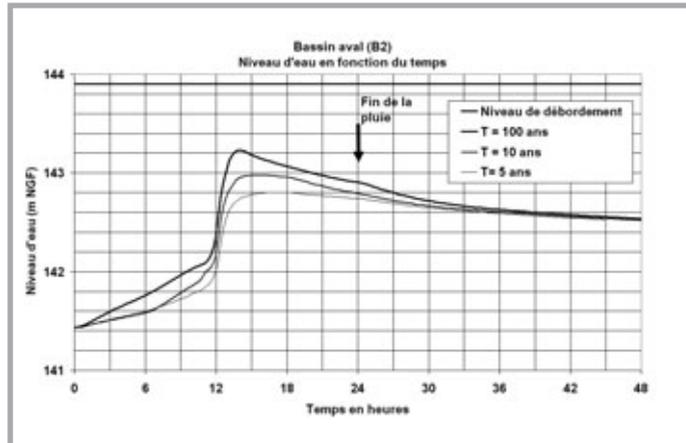
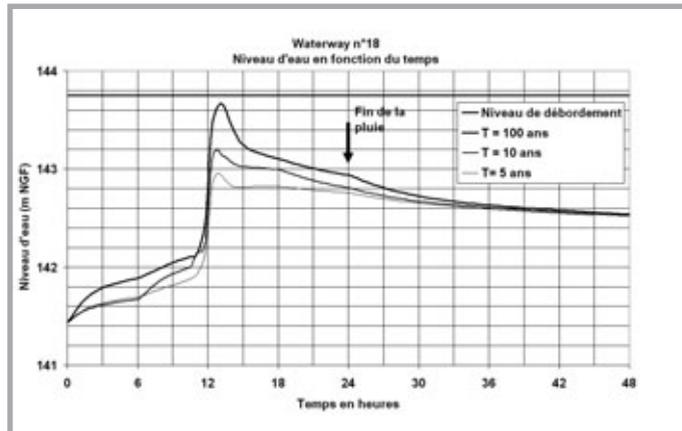


Figure 4
Waterway n° 18 : hauteur d'eau en fonction du temps
Waterway No. 18 : water depth versus time



Principaux résultats

Le calcul des lignes d'eau au cours du temps valide les non débordements dans les zones sensibles (figure 2).

Les courbes d'évolution des niveaux d'eau restituent les mécanismes locaux de remplissage et de vidange des noues et des bassins en tout point du réseau (figures 3 et 4).

Les débits en fonction du temps permettent d'évaluer les volumes d'eau en jeu selon les différents moments de l'orage (figure 5).

En aval, on vérifie que le débit injecté dans le Garossos est inférieur à tout moment de l'orage au débit limite autorisé (figure 6).

Le débit rétabli dans le Garossos en sortie de la zone ne dépasse pas $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$, valeur inférieure au débit de débordement du Garossos en aval de la ZAC.

LES TAXIWAYS, PARKINGS ET AIRES D'ESSAI

Généralités

Les chaussées aéronautiques de la ZAC Aéroconstellation comprennent des voies de circulation (taxiways), des aires de stationnement avion et des aires industrielles.

Les taxiways assurent la continuité entre les bâtiments des industriels, les aires diverses et l'aéroport de Toulouse Blagnac. La largeur minimale des taxiways est de 25 m avec, de part et d'autre, des accotements de 17,5 m revêtus dans les zones où les avions évoluent aux moteurs et enherbés ailleurs.

Le nivellement d'une plate-forme de cette ampleur répond à plusieurs objectifs :

- ◆ conserver l'horizontalité des bâtiments sur une longueur dépassant 500 m pour l'Arche ;
- ◆ présenter en tout point des pentes compatibles avec la circulation des avions sur le site, dans le respect des normes aéroportuaires, tout en permettant une parfaite évacuation des eaux pluviales ;
- ◆ optimiser au mieux le mouvement des terres, l'évacuation des déblais en décharge restant problématique en région toulousaine ;
- ◆ assurer un nivellement suffisamment haut des aires revêtues pour pouvoir stocker la quantité d'eau apportée par une pluie centennale, sans inonder les bâtiments et les aires d'essai ;
- ◆ tenir compte des contraintes géologiques et géotechniques, en ce qui concerne les terrains d'assise et leur capacité à constituer la fondation des futurs taxiways et aires destinées à l'accueil des avions gros porteurs (photo 5).

Terrassements et traitement de sol

Le terrain naturel du site avant travaux présentait une pente douce d'environ 0,3 % du sud vers le nord. Les terrassements nécessaires pour la réalisation des bassins et des plates-formes traitées représentaient un volume de déblais supérieur à $350\,000 \text{ m}^3$. Dans un souci d'équilibre interne des mouvements de terres, la plupart des matériaux ont été réemployés en remblais sous chaussées et les excédents ($70\,000 \text{ m}^3$ environ) ont été réemployés en modelé paysager le long du RD 902 dans la bande des 100 m.

Compte tenu de la surface très importante de chaussées aéronautiques à réaliser, plus de 25 hectares, des économies de grande échelle ont été recherchées en phase conception.

La présence à faible profondeur de matériaux de qualité suffisante pour être traités en place a conduit à retenir une structure de chaussée mince reposant sur une couche de forme à haute performance.

Compte tenu de résultats aisément obtenus lors des travaux de l'usine Clément Ader, sous maîtrise d'œuvre Setec TPI en 1988-1989, les performances des limons et graves argileuses traités ont été fixées à :

- ◆ module type EV2 à 28 jours > 800 MPa en moyenne ;

- ◆ résistance $R_c = 3$ MPa à 90 jours.

Ces performances ont été obtenues par l'entreprise DTP et vérifiées à l'aide du déflectographe Lacroix du CETE dans le cadre du contrôle extérieur réalisé par le maître d'œuvre.

Le traitement de sol a été réalisé en deux couches de 35 cm d'épaisseur, soit 70 cm au total, sur une surface proche de 430 000 m².

Les dosages moyens suivants ont été retenus et mis en œuvre :

- ◆ 1,15 % de chaux ;

- ◆ 6 % de liant routier Ligex SP6.

Le déploiement sur site d'un matériel important (trois pulvimixeurs et deux épandeurs notamment) a permis de traiter quotidiennement, en deux couches, des surfaces dépassant 2 500 m² par poste de 8 heures.

Les techniques de traitement des sols à haute performance ont également permis de livrer des plates-formes de chantier assainies aux maîtres d'œuvre industriels. Ces plates-formes deviennent ensuite les fondations des chaussées aéronautiques (photo 6).

Essais du Service technique des bases aériennes (STBA)

Le contrôle de production réalisé par l'entreprise de terrassement à l'aide d'essais à la plaque et le contrôle extérieur réalisé par le CETE étaient complétés afin de prendre en compte :

- ◆ l'intensité réelle des charges futures (6 t à la plaque contre 30 t environ par roue d'avion) ;

- ◆ l'effet de fatigue.

Cet essai demandant des moyens exceptionnels, c'est donc la Communauté d'Agglomération du Grand Toulouse, maître d'ouvrage, qui a, sur conseil de la Setec, sollicité les interventions du laboratoire mobile du STBA, seul capable d'effectuer des essais de chargement à la plaque en vraie grandeur dont les résultats étaient destinés à :

- ◆ vérifier la conformité des ouvrages avec les hypothèses de calcul des chaussées ;

- ◆ confirmer l'homogénéité du comportement des plates-formes, au niveau de la couche de forme et de la couche de fondation.

Trente-trois essais ont été réalisés avec mise en charge par cycles d'une plaque de diamètre 0,65 m avec mesures au 1/100^e mm à 7, 11, 15, 21 et 30 t.

Les résultats obtenus à l'aide du dispositif d'essais du STBA ont permis de valider les différents coefficients pris en compte dans le dimensionne-

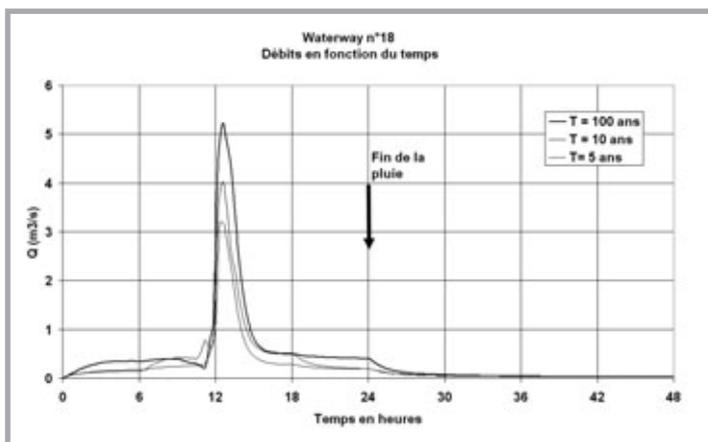


Figure 5
Waterway n° 18 : débit en fonction du temps

Waterway No. 18 : water flow rate versus time

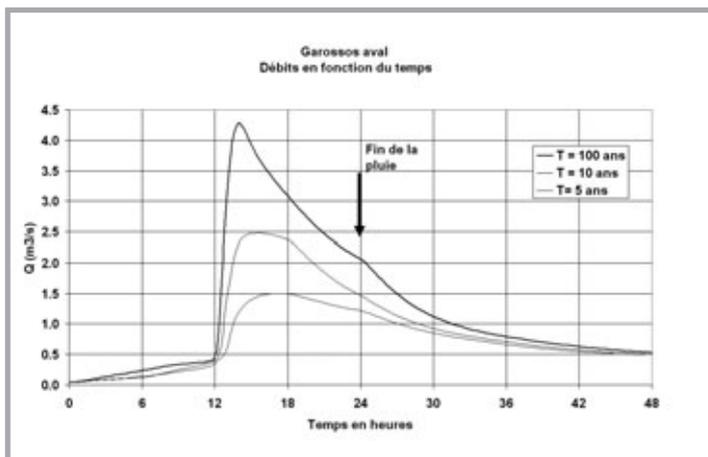


Figure 6
Garossos aval. Débit en fonction du temps

Downstream Garossos. Water flow rate versus time



Photo 5
Les terrassements des taxiways

Earthworks for the taxiways



Photo 6
Le traitement des sols

Soil treatment

Photo 7
Dispositif d'essais
du STBA

**STBA test
system**



Photo 8
Chaussée
en béton

**Concrete
pavement**



ment des chaussées (coefficient de fatigue, coefficient de méthode de mesure...) (photo 7).

Structures de chaussée selon type

Hypothèses de dimensionnement

Les structures de chaussées aéronautiques ont été dimensionnées conformément aux règles préconisées par le STBA au moyen d'un logiciel spécialisé (méthode française) pour une durée de vie de 30 ans.

Les hypothèses de trafic prises en compte sur la période de 30 ans sont :

- ◆ 11 000 passages de l'A380 – 800F à pleine charge (600 t au total, train de fuselage à 270 t sur six roues, pressions des pneumatiques 1, 46 MPa);
- ◆ même trafic pour les tracteurs avions TMX500 ou TPX500;
- ◆ 20 000 passages du camion avitailleur TD80 et de sa remorque.

Chaussée rigide des parkings et des aires de stationnement

Lors de la construction de l'usine Clément Ader en 1988, Setec Géotechnique avait mis au point et

réalisé des structures de chaussées extrêmement performantes, constituées d'une couche de fondation en grave laitier à très haute performance. Avec un retour d'expérience de plus de 15 ans, ces structures se sont extrêmement bien comportées.

Toutefois, il est étonnant de constater qu'aujourd'hui, l'intérêt pour l'utilisation des laitiers de hauts fourneaux en tant que correcteur des graves a considérablement faibli, malgré les excellents résultats obtenus, et c'est vers des liants routiers courants que le maître d'œuvre s'est orienté pour réaliser les chaussées.

Le module de réaction corrigé sur la fondation en grave traitée au liant routier de classe G4 a été plafonné à $K_c = 200 \text{ MN/m}^3$.

La structure d'épaisseur 55 cm retenue au-dessus de la couche de forme à haute performance est constituée de :

- ◆ couche de roulement : 30 cm de béton goudonné de classe 6 (résistance à la traction par fendage égale à 3,3 MPa, résistance à la traction par flexion égale à 5,5 MPa), mis en œuvre à la machine;

- ◆ couche de fondation : 25 cm de grave traitée au liant routier (Rolac 425) de classe G4.

Les dimensions des dalles entre joints sont limitées à 5 m (photo 8).

Chaussée semi-rigide des taxiways

L'appel d'offres a été lancé en mettant en compétition des structures souples et des structures rigides. A l'issue de la compétition, la structure retenue au-dessus de la couche de forme à haute performance est constituée par :

- ◆ couche de roulement : 8 cm de BBA 0/14 (béton bitumineux aéronautique) de classe 3;

- ◆ couche de liaison : 17 cm de GB 0/14 (grave bitume) de classe 4 en deux couches;

- ◆ couche anti-fissures : 2 cm de sable enrobé;

- ◆ couche de fondation : 28 cm de grave traitée au liant routier (Rolac 425) de classe G4 préfissurée.

L'épaisseur totale est égale à 55 cm.

Les résistances prises en compte sont :

- ◆ pour l'arase : CBR = 7;

- ◆ pour la couche de forme : CBR = 20.

La réalisation des chaussées a été phasée en fonction des besoins des industriels, les cadences ont atteint environ 1 500 m² par jour (photo 9).

Particularités des aires industrielles

Contrairement aux aires de stationnement avions classiques, les aires industrielles peuvent être considérées comme de véritables usines en plein air à cause de la densité des réseaux mis en place. Un important travail de synthèse a dû être réalisé pour distribuer autour de l'avion, dans une quarantaine de niches ou de chambres, les réseaux industriels suivants :

- ◆ air comprimé de service pour l'outillage;



Photo 9
Réalisation
de la couche de forme
Execution
of the capping layer

- ◆ air comprimé de gonflage pour tester l'étanchéité de l'avion;
- ◆ air conditionné;
- ◆ réseau skydroll;
- ◆ réseaux électriques 50 Hz et 400 Hz;
- ◆ eau potable.

Ces réseaux industriels coexistent avec :

- ◆ le réseau gravitaire d'assainissement pluvial qui comprend un séparateur à hydrocarbures et un système de protection vis-à-vis de la pollution;
- ◆ le réseau de protection incendie des aires qui alimente des groupes de canons disposés aux quatre coins des aires;
- ◆ le réseau hydrant d'Exxon.

Les travaux réalisés en une année ont nécessité des réunions de coordinations spécifiques bimensuelles des maîtrises d'ouvrages et des maîtrises d'œuvre (photo 10).



Photo 10
Essai
d'une trappe
d'accès
aux réseaux
Testing a network
access hatch

■ RÉSEAUX

Généralités

Les réseaux mis en place dans le cadre de la viabilisation des parcelles de la ZAC sont :

- ◆ réseau d'assainissement des eaux usées des bâtiments;
- ◆ réseau d'assainissement pluvial des bâtiments, des voiries, des taxiways et des aires;
- ◆ réseau d'adduction d'eau potable;
- ◆ réseau de protection incendie;
- ◆ réseau d'arrosage;
- ◆ réseaux d'éclairage des voiries et de la piste cyclable;
- ◆ réseau électrique HTA;
- ◆ réseau gaz;
- ◆ réseau fibre optique;
- ◆ réseau multitubulaire pour courants faibles (télécommunication, système de sécurité, réseau informatique).

Assainissement EU

Le réseau d'assainissement EU long de 6 km environ collecte les eaux usées domestiques générées par l'activité de la ZAC. Les effluents sont transférés par refoulement vers le réseau public de la ville de Blagnac.

Les collecteurs EU gravitaires ainsi que les conduites de refoulement sont en fonte ductile.

Le site de la ZAC est équipé de trois stations de refoulement. Compte tenu des grandes distances, la profondeur du réseau dépasse 5 m dans certaines zones.

Assainissement EP

L'assainissement EP assure la collecte de l'ensemble des eaux pluviales (bâtiments, taxiways, voiries) et leur transfert gravitaire vers les noues ou les réseaux existants les plus proches.

Photo 11
Réalisation du canal
paysager
Execution
of the landscaped canal



Le réseau long de 7 km est en fonte ductile de diamètre variable jusqu'à \varnothing 1 200 mm. Le choix de la fonte par rapport au béton a permis d'augmenter les cadences de pose en assurant une parfaite étanchéité.

Les voiries sont équipées de caniveaux à fente de diamètre 400 mm en béton préfabriqué.

Le maintien en service de l'assainissement provisoire pendant l'exécution des travaux jusqu'à la mise en service de l'assainissement définitif a constitué un enjeu majeur du chantier.

Les eaux pluviales recueillies sur les aires de stationnement transitent par des séparateurs à hydrocarbures. Un système automatique d'obturation du réseau par ballons gonflables a été mis en place. Il permet également à tout moment de bloquer automatiquement ou manuellement, grâce à un dispositif coup de poing, l'évacuation des eaux polluées.

Réseau d'adduction d'eau potable

La ZAC est située sur les terrains des communes de Cornebarrieu et de Blagnac qui sont alimentées en eau potable par deux concessionnaires différents. A l'intérieur du site, les deux sources distinctes sont conservées et les parcelles sont alimentées en fonction de leur situation géographique.

Les deux réseaux AEP sont interconnectés afin de fiabiliser l'alimentation.

En section courante le réseau est en diamètre DN200 avec des ramifications dans des diamètres

inférieurs jusqu'au DN25. Les réseaux de diamètre supérieur ou égal au DN100 sont en fonte. Pour les diamètres inférieurs, les réseaux sont en PEHD 16 bars.

Le linéaire total de réseau AEP est de 6 km environ.

Réseau incendie

Le site est protégé par la mise en place de 33 poteaux d'incendie normalisés et de 47 bouches incendie. Le réseau de protection incendie de longueur 10 km environ est alimenté à partir des mêmes sources que l'AEP. Il est réalisé en fonte ductile DN250 et DN200 et dimensionné sur la base de quatre poteaux ou bouches DN100 en fonctionnement simultané, soit un débit de 245 m³/h pendant 2 heures minimum sous une pression minimale de 1 bar.

Les deux réseaux incendie sont également interconnectés.

Le canal paysager a une fonction de réserve incendie et deux plates-formes pompiers y ont été aménagées pour aspiration, l'une en zone sécurisée, l'autre en zone publique. Un niveau d'eau minimal est assuré en permanence dans le canal (photo 11).

Arrosage

Le réseau d'arrosage primaire de longueur 5 km environ est réalisé en tube PEHD série irrigation PE80 10 bars \varnothing 110 à \varnothing 63 pour le réseau prin-

cipal. L'origine du réseau d'arrosage est située dans une station semi-enterrée en bordure du canal.

Le canal est alimenté par les eaux pluviales de la partie sud du site, il est maintenu en eau si besoin par pompage dans la nappe et, en dernier recours par l'eau de ville de façon à assurer sa fonction de réserve incendie. En fonctionnement normal, l'arrosage utilise l'eau du canal avec un basculement possible sur l'eau de ville en cas de nécessité.

Courants forts

La ZAC est équipée d'un réseau d'éclairage comprenant 318 candélabres alimentés :

- ◆ depuis les postes de distribution publics pour les voiries publiques et pistes cyclables ;
- ◆ depuis les bâtiments des industriels pour les voiries en zone sécurisée.

La luminance moyenne est supérieure à 1,5 cd/m² pour un éclairage moyen de 20 lux.

Réseau haute tension et gaz

Dans le cadre de l'aménagement de la ZAC une convention a été mise au point avec EDF pour mettre à disposition des usagers de la ZAC un réseau public d'alimentation électrique.

Cette opération d'aménagement a nécessité la construction de trois postes de distribution publique et d'un réseau de desserte HTA et BTA.

De même, une convention a été mise au point avec GDF pour mettre à disposition des usagers de la ZAC un réseau public d'alimentation de gaz naturel moyenne pression type B – pression maximum de 4 bars.

Ces réseaux desservent les bâtiments périphériques de la ZAC (restaurants...), les industriels présents sur le site étant alimentés en énergie à partir du centre technique.

Multitubulaire

Un réseau multitubulaire d'environ 7 km de longueur permet de mailler la ZAC et desservir les différentes parcelles.

En section courante, ce réseau multitubulaire principal est constitué de six fourreaux PVC Ø 80 et de six fourreaux PVC Ø 45.

■ GALERIES TECHNIQUES

Les galeries techniques enterrées de longueur totale 2,5 km environ servent essentiellement à acheminer, de manière sécurisée et accessible pour entretien, les réseaux eau surchauffée (ES), air comprimé (AC), AFFF pour protection incendie des aires et haute tension (HTA) depuis le centre technique vers différentes zones de la ZAC :

- ◆ bâtiment Arche ;
- ◆ bâtiments S34 et S35 ;
- ◆ bâtiment Air France ;
- ◆ aires industrielles ;
- ◆ etc.

Les galeries abritent également des fibres optiques et des courants faibles divers.

L'artère principale du projet, de section intérieure 2,90 m x 3,60 m ht, est située en sortie de centre technique. Elle se réduit une première fois à la jonction avec la branche Air France puis se divise en deux galeries de section courante 2,20 m x 2,60 m ht. Les deux banches cheminent ensuite par le nord et par le sud jusqu'à l'Arche qu'elles pénètrent côte à côte. Une ramification au sud-ouest permet la desserte des aires industrielles.

Le profil en long des galeries est calé pour disposer au minimum d'un mètre de couverture au-dessus de la dalle pour laisser passer les structures de chaussées et les réseaux enterrés de surface. En section courante (dimensions intérieures 2,20 m x 2,60 m ht) l'épaisseur du béton B30 est de 45 cm en radier et de 30 cm sur le reste du cadre. Ces épaisseurs sont justifiées d'une part par le lestage nécessaire des galeries, qui peuvent être complètement immergées sous la nappe, et d'autre part par les justifications réglementaires du béton armé, notamment vis-à-vis des charges avions au droit des passages sous taxiways.

Les galeries techniques en béton armé possèdent une structure de béton de type relativement étanche au sens du DTU14.1 s'opposant par sa résistance et sa capacité au passage de l'eau. Elles ont été réalisées par plots de longueur courante 12 m avec bandes d'arrêt d'eau entre plots.

Les galeries comportent des pentes minimales de 0,5 % pour l'évacuation des eaux d'infiltration vers des puisards.

Les galeries sont conçues de façon à présenter une continuité du radier (absence d'escaliers) au niveau des changements de section. Au niveau des jonctions entre tronçons, des fosses profondes recouvertes de caillebotis permettent de dévier le réseau ES. Il existe d'autres ouvrages ponctuels en galeries :

- ◆ lyres de dilatation pour le réseau ES ;
- ◆ sorties de secours ;
- ◆ portes coupe-feu battantes ;
- ◆ ouvrages de ventilation ;
- ◆ trappes d'accès matériel.

Certains tronçons de la galerie technique sont perpendiculaires au sens de circulation de la nappe phréatique. Sur ces tronçons, des ouvrages de rétablissement de la nappe de type siphon ont été réalisés pour empêcher l'effet de barrage créé par la galerie fondée dans certaines zones dans le substratum étanche. Ces ouvrages sont constitués de deux puits drainants situés de part et d'autre de la galerie et reliés entre eux par une conduite profonde.

FICHE TECHNIQUE

- Surface de sol traité : 430 000 m²
- Surface taxiways : 275 000 m²
- Surface d'accotements revêtus : 45 000 m²
- Surface aires de stationnement/lavage : 17 000 m²

Surface aires industrielles

- 65 000 m² de chaussée avion
- 24 000 m² de chaussée tracteur

Surface de voiries classiques

- 80 000 m² voiries d'accès
- 25 000 m² de trottoirs
- 7 000 m² de chemin de ronde
- 7 000 m² de piste cyclable
- Linéaire de galeries techniques 2,5 km

Linéaire de réseaux

- Réseau EU : 6 km
- Réseau EP : 7 km
- Réseau AEP : 6 km
- Réseau PI : 10 km
- Multitubulaire : 7 km
- Éclairage : 17 km pour 318 candélabres
- Arrosage primaire : 5 km
- Gaz : 2 km
- Électricité HTA : 5 km
- Linéaire de clôture de sécurité : 8 km

• Coût global des travaux, hors ouvrages industriels spécifiques : 95 M€

• Délai : la majeure partie des travaux a été exécutée en 24 mois.

Photo 12
Construction
de la galerie technique
Construction of the main
services duct



► Un ensemble d'équipements a également été mis en place dans les galeries pour assurer certaines fonctions liées à la sécurité globale de l'ouvrage :

- ◆ éclairage normal permanent (100 lux);
- ◆ éclairage de sécurité (blocs autonomes tous les 30 m en partie haute et en partie basse et flashs verts);
- ◆ prises de courant tous les 50 m;
- ◆ pompes pour le refoulement des eaux d'infiltration (30 groupes de 2);
- ◆ détection et alarme incendie;
- ◆ téléphone de sécurité;
- ◆ contrôle d'accès;
- ◆ GTB (exploitation des alarmes de la détection incendie, de la protection incendie, de l'intrusion et des alarmes techniques) (photo 12).

■ ORGANISATION DE LA MAÎTRISE D'ŒUVRE

La maîtrise d'œuvre s'est déroulée en deux temps :
 ◆ pendant la phase "Etudes", une cellule de projet compacte a été mise en place sur le site. Son rôle était de dialoguer au quotidien avec le client, la SETOMIP, maître d'ouvrage et maître d'ouvrage délégué des travaux d'intérêt général et des travaux de ZAC. Des contacts fréquents étaient organisés avec les différents maîtres d'œuvre désignés par les industriels Airbus et Air France, utilisateurs prin-

cipaux de la ZAC. Lors de cette phase, les équipes en charge des études et de la préparation des marchés des entreprises sont restées au sein de leurs structures respectives à Paris et à Toulouse, chacune d'elles assurant les missions qui lui étaient imparties. Cette phase s'est achevée à la remise du projet et à la production des dossiers de consultation des entreprises les plus importants;

◆ au début de la phase "Travaux", le groupement a mis en place, sur le site, une cellule de Direction des travaux, assurant la gestion des marchés, le suivi de la synthèse, les missions d'OPC et l'assistance technique au quotidien de la SETOMIP. La cellule OPC de la maîtrise d'œuvre travaillait de concert avec une cellule d'OPC générale, mise en place par SETOMIP, et fédératrice de l'action de chacune des maîtrises d'œuvre actives sur le site. La maîtrise d'œuvre, installée au "village Aéroconstellation", assurait également les études techniques complémentaires nécessaires en cours de travaux, la mise à jour du plan de masse au fur et à mesure de l'arrivée des partenaires industriels, et la préparation des marchés de travaux annexes, indispensables à la vie et la gestion d'un projet industriel complexe.

Ainsi, le projet a été développé en temps réel, au fur et à mesure que se précisaient les impératifs générés par la mise au point de la chaîne d'assemblage de l'Airbus A380. Les effectifs de la maîtrise d'œuvre installée sur place ont atteint 12 personnes durant l'année 2003, période de plus forte charge.

■ LE PHASAGE GÉNÉRAL DES TRAVAUX

L'opération a débuté par les terrassements et le traitement général des plates-formes, accompagné de la création des ouvrages hydrauliques majeurs et des waterways. Cette première phase de travaux permettait à chaque intervenant industriel de disposer d'une plate-forme circulaire, stabilisée, et ce, pendant toute la durée de leurs travaux de bâtiment.

Les travaux ont commencé dès janvier 2002 afin de permettre la réalisation des bâtiments S70 à S73 (assemblage de l'avion) et S34 (essais statiques de l'avion), sous maîtrise d'ouvrage Airbus France. Les clôtures de chantier ont été installées simultanément.

Au deuxième trimestre 2002 ont été engagés les travaux des galeries techniques, au sud, d'abord, puis en remontant vers les halles d'assemblage de l'avion.

Le calendrier de réalisation des taxiways a été conditionné par la mise en service des installations d'Air France, avant l'achèvement de l'ensemble du site, et ce, dès juillet 2003.

Puis, progressivement, ont suivi la réalisation des

plates-formes des huit premières aires industrielles jusqu'à l'automne 2004, et enfin de l'aire de point fixe, de novembre 2004 à juillet 2005.

Une deuxième tranche de deux aires industrielles supplémentaires sera réalisée au deuxième semestre 2005, pour une livraison au début de l'année 2006.

Les travaux d'aménagements paysagers ont compris, en 2001, la réservation des essences, puis de 2004 à 2005, les aménagements des différentes zones du projet au fur et à mesure de leur mise à disposition.

■ CONCLUSION

Les travaux les plus importants ont été réalisés dans un délai de deux ans et dans un contexte difficile dû au très grand nombre d'intervenants et au caractère évolutif du projet industriel. Durant la réalisation, les différents projets d'infrastructure ont dû s'adapter à la mise au point progressive du programme de réalisation de la chaîne d'assemblage de l'A380. Cela a été rendu possible en intégrant, au sein du village Aéroconstellation, le maître d'ouvrage de la chaîne d'assemblage, les maîtres d'œuvre publics et privés, et les entreprises réalisant les travaux, afin que leurs actions soient coordonnées dans un objectif commun : réaliser ce nouveau site industriel, au service de la construction de cet avion exceptionnel.

ABSTRACT

Design and project management for the infrastructure of the Aéroconstellation "ZAC" mixed development zone

J.-B. Datry, E. Clayton, Th. Louge, Th. Boisseau, J. Brunelle

In June 2001, the SETOMIP and the inter-municipal association ("Communauté d'agglomération") of Greater Toulouse awarded the project management consortium Setec TPI (leader), Ingénierie Studio, P & A Dumons and Ingénieurs et Paysages the design engineering and works management contract for the industrial platform of the Airbus A380 assembly plant. For the aircraft runways and parking area, a catchment area of 350 hectares is waterproofed. Setec TPI has developed an original drainage concept, the waterway, which performs water transport and in-line storage, thereby reducing the volumes in downstream retention basins. The design of this drainage system requires detailed hydrological and hydraulic analysis using a digital facility simulating complex water movements variable over time. The infrastructure was constructed within a period of two years in a difficult context due to the very large number of entities involved in the project and the evolving nature of the industrial project. During construction, the infrastructure had to adapt to the gradual finalisation of the construction programme for the A380 assembly line. The assembly line Owner, public and private project managers and the contractors came together in the Aéroconstellation village to coordinate their action.

RESUMEN ESPAÑOL

Proyecto y ejecución contractual de las infraestructuras de la zona de acción concertada Aéroconstellation

J.-B. Datry, E. Clayton, Th. Louge, Th. Boisseau y J. Brunelle

En junio de 2001, la SETOMIP y la mancomunidad de municipios del Grand Toulouse encargaron a la agrupación de ejecución contractual Setec TPI (mandatario) – Ingénierie Studio – P & A Dumons e Ingénieurs et Paysages los

estudios y la dirección de las obras de la plataforma industrial de la planta de montaje del Airbus A380. Las pistas y parking para aviones impermeabilizan una cuenca alimentadora de 350 hectáreas. Setec TPI ha desarrollado un concepto original de saneamiento, el waterway, que permite el transporte y el almacenamiento de agua en línea, lo cual viene a disminuir los volúmenes de las cuencas de retención posteriores. El establecimiento del concepto de este sistema de saneamiento precisa un análisis hidrológico e hidráulico detallado por medio de una herramienta digital que simula los movimientos de agua complejos y variables durante el transcurso del tiempo. Las infraestructuras fueron ejecutadas en un plazo de dos años en un contexto difícil vinculado con el muy importante número de participantes así como el carácter evolutivo del proyecto industrial. Durante la ejecución, las infraestructuras tuvieron que adaptarse a la elaboración progresiva del programa de realización de la cadena de montaje del A380. La entidad contratante de la cadena de montaje, los contratistas públicos y privados, así como las empresas se han reunido en la zona denominada Aéroconstellation, para coordinar sus acciones.

Les aménagements

Insérer un projet de grande envergure, aux échelles construites inhabituelles, dans un territoire de plaine alluviale, et ceci sans contradiction avec un environnement sensible où toute action prend un relief particulier, est une démarche qui demande une longue expérience de l'aménagement de territoires à très grande échelle.

Une opération d'aménagement ou développement durable, jeu avec la quatrième dimension qu'est le temps, prise en compte d'une autonomie rapide et nécessaire du patrimoine végétal, ont été les maîtres mots d'un concept très simple qui se veut en résonance avec son environnement.

■ UN PROJET DE GRANDE ENVERGURE DANS UN TERRITOIRE SENSIBLE

Le traitement du territoire de la ZAC Aéroconstellation présente une problématique spécifique qui s'articule autour des points suivants :

- ◆ le site : il s'agit d'un territoire essentiellement plat où la végétation arborescente était peu présente, le moindre boisement ou boqueteau prenant de ce fait une valeur toute particulière ;
 - ◆ les contraintes spécifiques : pour garantir la sécurité de l'activité aéronautique les possibilités de plantations à l'intérieur du site sont fortement limitées ;
 - ◆ la surface : 360 ha d'espaces industriels auront une "présence" considérable à l'échelle du territoire ;
 - ◆ la taille des constructions : certains bâtiments atteignent 45 m de hauteur ;
 - ◆ la technologie ; l'aéronautique est une activité de pointe qui représente un des fondements de l'image de l'agglomération toulousaine ;
 - ◆ le social : l'afflux quotidien de plusieurs milliers de salariés est à gérer et la volonté de permettre la visite des installations est manifeste.
- Une modification flagrante du paysage est induite par :
- ◆ la disparition de la surface agricole (et donc de la majeure partie du végétal existant sur le site) ;

- ◆ la disparition du paysage de la zone de loisirs de Pinot ;

- ◆ la minéralisation de très grandes surfaces et de la création de constructions dont les hauteurs atteignent 45 m (pour mémoire, cela représente environ 5 fois la hauteur du centre commercial de Grand Noble).

Cet apport de constructions implique une nouvelle continuité urbaine entre les communes de Blagnac et Cornebarrieu. Les composantes de cet espace l'identifieront fortement. La ZAC constitue à la fois la séparation entre les deux communes, leur entrée de ville et l'entrée nord de l'agglomération toulousaine. Ce paysage urbain a aussi un impact visuel fort en période nocturne car l'éclairage attirera l'attention sur les nouveaux équipements.

Le ruisseau des Garossos, qui est dérivé à proximité des taxiways est intégré aux larges fossés de recueil des eaux de ruissellement.

Le boisement de chênes et le parc de Pinot masquent partiellement les installations. De l'autre côté de la RD 902, les observateurs dans la future zone de loisirs de Pinot-Barricou ne devraient qu'apercevoir les constructions les plus hautes, la vue étant lointaine (plus de 800 m) et partiellement masquée par cette végétation.

Le réseau interne de voiries et les taxiways, surfaces minérales linéaires, est peu perçu depuis l'extérieur. Les parkings ont un impact visuel plus important car situés à proximité des voiries internes, des entrées...

La clôture constitue un élément visuel marquant, bien que très relatif par rapport à l'échelle des bâtiments qui se situeront en arrière-plan pour les observateurs situés à l'extérieur de la ZAC.

Les voiries routières modifiées (RD 1, RD 963) en déblais ont un faible impact visuel. Le diffuseur de Pinot-Barricou sera implanté en remblai dans un site urbanisé, à terme, où sa présence sera plus discrète que dans le site ouvert actuel.

Le paysage de la ZAC se compose en fait de différentes entités : bâtiments d'activités ou de services, voiries et parkings, taxiways, modification des routes départementales.

Les constructions

Les lignes horizontales, représentées par le sol et la végétation, sont dominées par les nouvelles constructions qui apportent dans l'espace des lignes verticales et des volumes hors des échelles existantes auparavant sur le site et sa périphérie. Il s'ensuit un remplissage de l'espace obstruant lo-



paysagers

calement le champ visuel et une minéralisation du site; le végétal actuel étant entièrement supprimé pour répondre aux contraintes techniques d'organisation. Ces grands volumes donnent une nouvelle échelle au paysage et constituent de nouveaux points d'appel visuel. Cette transformation se traduit également par une évolution des couleurs : gamme de ton vert, ocre, jaune du milieu naturel disparaissant au profit d'une gamme plus "minérale", avec de plus, l'apport des couleurs franches et vives des enseignes ou des signes liés aux entreprises et au repérage.

Le programme réalisé de la ZAC projette la répartition suivante des bâtiments :

◆ dans la zone "essais structure bâtiments chantier zone technique" les constructions atteignent 45 m de hauteur. Cet ensemble constitue le premier plan bâti de forte hauteur en bordure de la RD 902. Il est perçu par les automobilistes et les riverains (actuels et futurs) implantés à l'Est de la route départementale. Son impact visuel est relativement atténué par la présence à l'avant-plan des zones techniques et parkings qui accueillent des bâtiments de moindre hauteur, 30 m maximum, ce qui permet de créer une modulation des volumes et des faitages des toitures. Le parc de Pinot et le boisement de chênes ne constituent, pour les vues depuis le nord-est, que des écrans visuels limités sur les constructions (pour mémoire, un chêne mesure à taille adulte environ 20 m de haut).

Afin de maintenir un certain recul des constructions par rapport à la RD 902 et permettre un traitement qualitatif du premier plan, une bande verte a été établie sur 100 m de large à partir de l'axe de la voie;

◆ la zone "montage finition essais chantier" au nord va être entièrement investie par les constructions qui peuvent atteindre 45 m de hauteur. Elle présente ainsi la masse bâtie la plus importante. Cette entité est peu perçue des axes de circulation publique. Elle sera surtout visible pour les riverains situés au nord de la RD 1 à l'ouest de la ZAC, les riverains du Vieux Chemin de Blagnac et de la route départementale limitrophe de la commune d'Aussonne. Les riverains du Vieux Chemin de Blagnac seront les plus proches (plus de 300 m environ) et les plus concernés par cette nouvelle barrière visuelle;

◆ la zone "tests extérieurs parking avion" est dépourvue de bâtiments. Le champ visuel est donc étendu;

◆ la zone "maintenance" au sud-est représente le premier plan bâti en bordure de la RD 1 déviée. Le



Mise en place du bassin de rétention des eaux pluviales du site d'Aéroconstellation
Setting up the rainwater retention basin on the Aéroconstellation site

côté sud de cet espace fait face au site aéronautique ouvert et beaucoup plus loin au sud à la chaîne des Pyrénées.

A l'ouest, les riverains dispersés en périphérie de la ZAC peuvent apercevoir les futures installations. Les utilisateurs du bâtiment ancien de Pinot ont des points de vue directs sur les installations de la ZAC. Le boisement de chênes (en feuilles) masquera partiellement la "zone assemblage" alors que la zone "assemblage structure" sera bien perçue.

Les espaces réservés aux avions

Les taxiways constituent deux axes visuels dégagés nouveaux séparant les constructions. La circulation des avions implique une surface découverte sur une largeur de 70 m environ de part et d'autre de l'axe du taxiway. Ces espaces sont surtout vus des observateurs intérieurs à la ZAC.

Au sud de la RD 1, les installations aéronautiques sont composées de voies de circulation et de stationnement des avions. Elles préservent donc un champ visuel ouvert. Seuls les écrans antibruit entourant l'aire de compensation et d'essai moteur (environ 130 m sur 15 m de hauteur) présentent un impact visuel linéaire fort. Cette partie sud de la ZAC est proche des riverains de la rue de Bordebasse, à environ 60 m de la limite de la ZAC.



La voirie interne et les parkings

Le réseau interne de voiries est uniquement perçu par les observateurs situés dans la ZAC. Les parkings sont répartis en plusieurs unités proches de la voirie départementale. Constitués de vastes surfaces minérales, ils ont un plus fort impact visuel. Au sud de la déviation de la RD 1, la zone "loueurs" constituera une vaste surface minéralisée occupée par quelques bâtiments de taille limitée. Le champ visuel sera donc ouvert et permettra de conserver la vue sur les Pyrénées ce qui compensera la vue sur cette zone à fort impact visuel.

La clôture et les points d'entrée

L'ensemble de la ZAC est clos par une clôture grillagée de 2,50 m de hauteur environ avec chemin de ronde intérieur. Cette clôture est bien visible pour faciliter la surveillance. Elle constituera donc un impact certain mais tout relatif par rapport à l'échelle des bâtiments de la ZAC.

Les points d'entrée dans la ZAC, qui sont peu nombreux, ont un impact visuel fort, participant à leur repérage et à la lecture du fonctionnement.

Les routes départementales

La déviation de la RD 1 est en déblai d'environ 5 m sur les 2/3 du parcours et sans rivein de proximité. La route en décaissé (enterrée) et les trémies sont peu perceptibles dans les vues lointaines, c'est-à-dire depuis le giratoire de l'échangeur de Blagnac et depuis la RD 1 plus à l'ouest. C'est surtout l'implantation de la clôture sur la crête des ta-

lus de déblai qui matérialise l'ouvrage dans les vues extérieures. L'automobiliste ne perçoit rien, dans la section en déblai, des nouvelles installations. C'est seulement sur la section Est du parcours qu'il voit, sur environ 400 m, les constructions de la zone "Air France" et l'un des points d'entrée à la ZAC.

Le diffuseur de Pinot-Barricou est construit sur des remblais de quelques mètres de hauteur. Ils participent à un nouveau barrage visuel transversal pour l'automobiliste dans lequel est mis en valeur l'ouvrage de franchissement. Pour les riverains de la ZAC Andromède (à l'Est de la RD 902), les remblais constituent une rupture du paysage. L'opération apporte donc dans le site des éléments nouveaux qui matérialisent davantage l'ouvrage, tels que glissières de sécurité, éclairage...

Le diffuseur a été assimilé à la notion de porte d'entrée à la fois de la ZAC Aéroconstellation et de la ZAC Andromède. Cet ouvrage est emprunté, outre par les véhicules, par les piétons et les cycles.

L'automobiliste de la RD 902 aura sur environ 1 km, côté ouest, une fermeture visuelle constituée par les plantations. Cette façade, considérée comme une "vitrine" est un véritable traitement qualitatif.

LE PARTI D'AMÉNAGEMENT - LES AMÉNAGEMENTS PAYSAGERS

Les éléments évoqués ci-dessus ont conduit à une philosophie générale d'intervention selon deux principales lignes directrices, celle de la gestion des

aménagements réalisés et celle de l'image du site. En ce qui concerne le premier point, il est important de souligner que les contraintes données par le contexte "productif" de la ZAC ont poussé à prêter une grande attention à la durabilité des aménagements et au coût d'entretien. Ces objectifs ont été atteints grâce à l'attention particulière qui a été portée au biotope (et par là au choix d'essences bien adaptées au sol et au climat ainsi qu'à leurs associations respectant les affinités des différentes espèces).

Le problème de l'image du site est certainement complexe et délicat à manier, mais son importance a été cruciale pour la réussite de l'aménagement de la ZAC. La prise en compte de l'image de la ZAC (considérée à la fois sous le regard du riverain et de celui des employés et visiteurs) a orienté du point de vue esthétique et sensible, le choix de l'aménagement.

La composition du territoire et la taille des structures que la ZAC doit accueillir sont telles que tout effort d'intégration par le biais de techniques de masquage (camouflage) était destiné à l'échec.

C'est pourquoi il nous a semblé que la seule stratégie d'aménagement justifiée était celle qui passait par une mise en valeur du site à travers l'affirmation de l'idée qu'on peut marier des technologies de pointe avec le respect de l'environnement et la construction d'un cadre de vie humain. Pour la réussite d'une telle stratégie, le respect des points suivants est fondamental :

- ◆ Il a été important de concevoir dans une même vision les divers ensembles de constructions et les bâtiments de services en premier plan afin que volumes, matériaux et couleurs composent un ensemble esthétique. Les bâtiments, dont l'architecture participe à la création d'échappées visuelles pour les observateurs à l'intérieur de la zone avec focalisation sur un paysage d'intérêt (par exemple, ouverture visuelle axée sur les Pyrénées au loin ou sur du végétal particulièrement mis en valeur). Les masses végétales ont été conçues en parallèle avec les architectes pour être un élément de construction d'un ensemble jouant des pleins et des vides. Afin d'assurer une cohabitation d'architectures et de paysages harmonieux sur la totalité des terrains aménagés, une mission de conception, de coordination et d'assistance visant l'architecture, le paysage et l'esthétique des signes a été assurée sur l'ensemble de la ZAC par des hommes de l'art, architecte et paysagiste ;

- ◆ une attention toute particulière a été portée au respect de l'environnement. Dans ce domaine, les deux axes d'intervention essentiels ont été la réduction des niveaux acoustiques aux niveaux les plus bas possibles et le traitement des eaux pour limiter au maximum la pollution des eaux superficielles et souterraines ;

- ◆ les aménagements paysagers ont donc répondu à deux impératifs fondamentaux : créer un paysa-



Le bassin de rétention : mise en œuvre des nattes de coco pour le paillage des végétaux et la tenue des talus

The retention basin : laying coconut-fibre mats for plant mulching and earth bank resistance



Le bassin de rétention à sa livraison : un lieu de promenade et d'agrément

The retention basin on delivery : a place for public walks and recreation

ge cohérent, à l'échelle du site, capable de tisser des liens avec le territoire (ZAC Andromède...) et éviter de donner l'impression que les activités à l'intérieur de la ZAC doivent être cachées. L'unité de l'ensemble et l'identité paysagère du projet ont été données au-delà du choix des essences, par un travail soigné de réalisation, de gestion et d'entretien. Le choix des essences s'est porté sur des végétaux rustiques, bien adaptés au milieu, permettant de pérenniser le paysage, et de faciliter la gestion et l'entretien ;

- ◆ une attention particulière a été donnée aux aménagements routiers qui accompagnent la réalisation de la ZAC, afin d'éviter que ceux-ci ne deviennent des éléments de coupure entre la ZAC et le territoire environnant ;

- ◆ les parkings, éléments dont l'impact paysager est important, ont été intégrés, autant que possible, dans les aménagements et plantés d'arbres d'ombrage ;

- ◆ les points d'entrée dans la ZAC sont devenus facilement repérables dans le site de manière à accueillir l'utilisateur ou le visiteur dans un espace de qualité ;



◆ le volet paysager des permis de construire des bâtiments a intégré l'ensemble des mesures préconisées en amont de ce dossier.

L'analyse de ces points a conduit à un choix de traitements paysagers contrastés suivant les secteurs :

◆ **l'espace longeant la RD 902**, façade majeure de la ZAC où est localisée l'entrée principale de la ZAC, comporte le traitement paysager et végétal majeur (séquoias et forestiers à grand développement) avec un traitement spécifique majeur de l'entrée de ZAC ;

◆ **l'espace longeant la RD 1** comprend l'entrée secondaire et recouvre de fortes contraintes aéronautiques : le traitement paysager est à base de plantations basses et à dominantes persistantes ;

◆ **l'espace central**, voué aux activités de production et de maintenance, est simplement enherbé ; une attention particulière a été donnée au dessin et au traitement des waterways, éléments ayant un impact paysager important ;

◆ **le secteur Est faisant face à Pinot** comporte un aménagement qui assure le lien avec l'espace de loisirs en tenant compte de sa destination future (musée de l'Industrie de l'air) (réalisation en phase 2) ;

◆ **le secteur ouest**, est maintenu temporairement en habitat pavillonnaire, il bénéficiera à terme de l'organisation et de l'ambiance paysagère existante.

Aménagements paysagers de l'espace longeant la RD 902

Objectifs

Les vues majeures sur la ZAC en terme de nombre d'observateurs potentiels (plus de 30 000 véhicules/jour) et de longueur de perception (environ 800 m) se déroulent à partir de la RD 902.

La volonté de préserver une bande non constructible de 100 m à partir de l'axe de la voie a eu pour objectif de maintenir l'ensemble des vues à une distance minimale des bâtiments de grande hauteur (mesurant jusqu'à 35 m) et de créer un premier plan visuel qualitatif à dominante végétale. Outre la mise en valeur des constructions, ce premier plan a eu aussi pour rôle d'intégrer visuellement au territoire certaines surfaces minérales de la ZAC (bâtiments techniques en premier plan, voirie interne, parkings) et la clôture. Cette bande verte se veut être la continuité physique de l'emprise départementale qui devra faire l'objet d'une attention équivalente afin de constituer un paysage homogène s'affranchissant des limites de propriété. Les aménagements paysagers futurs dans l'emprise de la RD 902 devront donc se confondre en un ensemble territorial majeur avec le paysage défini dans la ZAC.

Parti d'aménagement

Le secteur de la ZAC longeant la RD 902 se compose de trois secteurs :

◆ **la partie nord** : entrée principale de la ZAC. Ce secteur est vu depuis la section courante de la RD 902, dans une position légèrement dominante. Cette entrée comportant le poste de contrôle est un élément de signal et de repère. En avant-plan de la clôture est implanté le parking visiteurs. L'ensemble est particulièrement soigné.

Le paysage est donc ici semi-ouvert. Un mail de gros conifères sur gazon (séquoias) met en valeur l'axe de l'entrée. Cette trame végétale permet d'intégrer les accès piétons et cycles, la voie d'accès à Pinot et les parkings visiteurs. Elle se prolonge au-delà de la clôture ;

◆ **la partie intermédiaire**. Dans ce secteur, la bande non constructible des 100 m est séparée de l'intérieur de la ZAC par un espace linéaire recevant la voirie de desserte interne de la clôture. La voirie interne sert simultanément de chemin de ronde pour la clôture.

Ces aménagements sont accompagnés, depuis la RD 902, par des plantations modulées pour créer des échappées visuelles. Ces plantations issues de la flore locale constituent des cortèges floristiques, des biocénoses spécifiques, données par le chêne en taillis ou en futaie jardinée.

Pour des raisons de sécurité, le volume de feuillage est éloigné de 4 m minimum de la clôture. Celle-ci est pourvue de part et d'autre d'un espace découvert d'au minimum 3 m de largeur qui est enherbé.

Une allée piétonne accompagne un paysage "à son échelle" : petits arbres exploitant couleurs et senteurs.

◆ **la partie sud** : entre la zone non constructible et le secteur des bâtiments est implantée une zone de services comprenant quelques constructions et des parkings.

L'objectif paysager est toujours de mettre en valeur les bâtiments mais de masquer la zone des parkings. Le modelé des terrassements est identique à la zone précédente avec les mêmes essences mais réparties sous forme de bosquets de chênes. La voirie de desserte interne est accompagnée d'un double alignement (frênes, érables). Les parkings de la zone de services sont plantés d'un arbre tige d'ombrage (type murier sans fruits) pour quatre emplacements. Des massifs arbustifs et fleuris accompagnent les déplacements piétons et les entrées de bâtiments.

Aménagements paysagers de l'espace longeant la RD 1

Objectifs

Ce secteur présente de fortes contraintes d'aménagement en raison de la proximité des surfaces réservées aux avions. La végétation est donc composée d'essences persistantes ou marcescentes (chèvrefeuilles arbustifs, cistes).

La bande verte assure la continuité physique de l'emprise départementale qui devra faire l'objet d'une attention équivalente afin de constituer un paysage homogène s'affranchissant des limites de propriété. Les aménagements paysagers futurs dans l'emprise de la RD 1 devront donc s'adapter au paysage défini dans la ZAC.

Parti d'aménagement

Au nord de la RD 1 : entrée sud de la ZAC

En bordure de la RD 1, la surface de la zone verte est de faible largeur (environ 30 m). Elle est accompagnée côté ZAC par des plantations arbustives. Le secteur visuel important est l'entrée secondaire de la ZAC. Un double alignement de conifères constitue un signal, encadre le giratoire de la RD 1 et se prolonge d'une part jusque dans la ZAC et d'autre part le long de l'emprise départementale. Le traitement du giratoire, situé dans l'emprise départementale, offre bien une continuité visuelle avec les espaces latéraux et participe au repérage et à la mise en valeur de l'entrée.

Les essences retenues sont persistantes (chèvrefeuille arbustif).

Les parkings sont plantés d'un arbre en tige pour quatre emplacements.

Au sud de la RD 1 : masque des installations

En bordure de l'emprise de la RD 1, un double alignement de conifères accompagne l'entrée de la ZAC (symétrie avec les plantations côté nord). Il se prolonge au sud par une masse végétale similaire à celle de la zone de transition (mais avec ajout de conifères) sur un léger modelé de sol qui isolera les espaces bâtis extérieurs à la ZAC. Les espaces entourant les zones de stationnement et de circulation des avions sont enherbés.



Au sud-est, une haie persistante isole les riverains de Bordebasse.

Rapport d'échelle des bâtiments et du canal

Relative scale of the buildings and the canal

Aménagements paysagers de la zone centrale

Objectifs

L'espace impérativement dégagé de part et d'autre des taxiways (circulation des avions) est utilisé pour l'installation du réseau d'écoulement des eaux de ruissellement sous la forme de bassins linéaires à faible pente et enherbés (waterways). Toute plantation y est proscrite (haute ou basse, caduque ou persistante) pour éviter les obstacles et les feuilles. Les bassins linéaires contigus aux taxiways ne devront pas attirer les oiseaux ou mammifères pour les mêmes raisons de sécurité.

Parti d'aménagement

Les abords des taxiways ainsi que les bassins sont uniquement enherbés.

Les arbres et arbustes les plus proches sont d'essences persistantes pour retenir au mieux les feuilles des espèces caduques plantées au-delà.

Au sud de la RD 1, les écrans antibruit de l'aire de compensation feront l'objet d'un traitement architectural ou paysager visant à lui donner un aspect esthétique.

Au sud-est de la zone, un écran végétal persistant sera planté en limite d'emprise pour isoler les riverains de Bordebasse des surfaces destinées au stationnement des avions.



Aménagements paysagers de l'espace longeant Pinot

Objectifs

Depuis Pinot, la vue est largement ouverte et directe en direction des installations de la ZAC, la clôture de propriété, la voirie interne et le parking de service. La recomposition de la limite visuelle de l'espace Pinot a fait l'objet d'une attention particulière afin de préserver l'ambiance et le paysage intérieur de ce secteur d'accueil tout en préservant la possibilité d'intégrer le futur musée de l'Industrie de l'air.

Parti d'aménagement

Un alignement de grands arbres majeurs accompagne la voirie interne (entrée principale - entrée RD 963) et constitue, depuis la zone de Pinot, une nouvelle limite visuelle en premier plan des installations de la ZAC. Il est complété par une haie arbustive haute, constituée en majorité d'espèces marcescentes, plantée parallèle à la voirie.

La clôture est dissimulée par une haie libre d'arbustes de hauteur moyenne, plantée à au moins 5 m de la clôture. Des haies ponctuelles similaires pourraient être plantées dans la zone de Pinot, afin d'atténuer la présence de la clôture.

Le parking de service est ombragé d'arbres caduques et persistants.

Aménagements paysagers côté nord

Objectifs

La RD 963, qui sera aménagée à terme à 2 x 2 voies et en déblai dans sa partie médiane (passage sous le taxiway), pourra procurer des points de vue en direction de la ZAC.

Les bâtiments sont implantés à au moins une cinquantaine de mètres de la limite d'emprise départementale, laissant ainsi en premier plan un espace ouvert qui constitue une bande verte. Celle-ci est traitée dans le même esprit que les abords de la RD 902.

Parti d'aménagement

Les entrées de la ZAC sont ponctuées par des giratoires dont les aménagements sont soignés et traités comme des éléments de signal et de repère.

Le premier plan de la ZAC est donc planté d'un boisement régulier et rectiligne qui, à terme, deviendra une masse végétale sous laquelle pourront être implantées des voiries de desserte et des poches de stationnement.

En raison de la proximité du taxiway, le boisement est structuré par des conifères en haie ou massif en lisière afin d'éviter la propagation de feuilles.



**Mise en place
de Sequoia
giganteum : une allée
à l'échelle du site**

**Establishment
of Sequoia
giganteum : an alley
matching the scale
of the site**

LA PALETTE VÉGÉTALE UTILISÉE

Dans ce projet ont été particulièrement développés les cortèges floristiques spécifiques du biotope (80 % des plantations).

A savoir :

Boisement en taillis majeurs

- Quercus pubescens + Quercus robur et leur cortège

Futaie jardinée

- Quercus pubescens

Taillis sous futaie

- Quercus petraea
- Carpinus betulus
- Acer campestre
- Taxus baccata

Boisement mixte

- Quercus
- Pinus

Zones humides

- Alnus glutinosa
- Fraxinus excelsior
- Populus tremula

Zones sèches ou desséchantes

- Alnus cordata
- Betula pubescens
- Corylus avellana

Alignements majeurs issus des boisements

- Quercus divers
- Tilia cordata

Alignements majeurs décoratifs

- Calocedrus decurrens
- Celtis australis
- Corylus colurna
- Morus alba et platanifolia
- Platanus acerifolia
- Sequoiadendron giganteum

Effets isolés

- Betula pubescens
- Cedrus atlantica
- Liriodendron tulipifera
- Platanus acerifolia
- Quercus palustris
- Quercus rubra
- Sequoiadendron giganteum

Haies

- Acer campestre
- Carpinus betulus
- Crataegus
- Ligustrum texanum

Aménagements paysagers à terme dans l'espace pavillonnaire libéré

Objectifs

Ce secteur est aujourd'hui occupé par des pavillons. Jardins et bords de voie comportent une végétation variée et de belle taille. Après libération des terrains, leur préservation pourra s'intégrer aux aménagements projetés (accompagnement des voiries, des parkings, de petits bâtiments...) profitant ainsi d'un paysage déjà constitué et limitant l'impact visuel des installations pour les riverains extérieurs.

Parti d'aménagement

Les quelques chênes isolés en bordure du Chemin d'Uliet seront conservés après la libération des terrains, constituant un premier plan végétal de belle prestance.

ABSTRACT

Landscaping

J.-Cl. Hardy

Integrating a major project, on an exceptional construction scale, into an alluvial plain area, without adversely affecting a sensitive environment in which every action takes on a special relief, is an approach that requires long experience of regional planning on a very large scale.

Sustainable planning and development, interaction with the fourth dimension of time, and allowance for the rapid need for autonomy of the plant environment were the keywords of a very simple concept designed to be in harmony with its environment.

RESUMEN ESPAÑOL

Ordenación paisajística

J.-Cl. Hardy

Insertar un proyecto de gran envergadura, según escalas construidas no convencionales, en un territorio de llanura aluvial, y ello sin contradicción con un entorno sensible en el cual cualquier acción reviste un relieve particular, constituye un enfoque que requiere una larga experiencia de la ordenación de territorios a muy gran escala.

Una operación de ordenación o desarrollo sostenible, apuesta con la cuarta dimensión que es el tiempo, integración de una autonomía rápida y necesaria del patrimonio vegetal, fueron las palabras clave de un concepto sumamente sencillo que se integra perfectamente con el medio ambiente.

Terrassements, voiries

Les terrassements généraux

Pascal Murigneux
DIRECTEUR DE L'AGENCE SUD-OUEST
DTP Terrassement

■ CARACTÉRISTIQUES DU CHANTIER

Les travaux du lot "Terrassement" comprenaient la réalisation de plusieurs ensembles :

- ◆ les plates-formes et la mise en place des installations de chantier pour l'ensemble des lots ;
- ◆ le dégagement des emprises et terrassements généraux de la ZAC Aéroconstellation comprenant la réalisation des plates-formes des taxiways, des accotements et des aires avions ;
- ◆ les terrassements des waterways structurants et du canal paysager ;
- ◆ la couche de forme traitée à la chaux et aux liants hydrauliques routiers destinée à recevoir les voiries aéronautiques et routières ;
- ◆ les ouvrages hydrauliques profonds.



Traitement de l'aire d'essai moteurs
Treatment of the engine test area

Vue aérienne des taxiways fin 2002
Aerial view of the taxiways at end 2002



■ PARTICULARITÉ DU CHANTIER : LES TRAITEMENTS

L'enjeu majeur de ce marché consistait en la livraison de 580 000 m² de plate-forme à réaliser par traitement des matériaux du site aux liants hydrauliques sur une épaisseur de 0,70 m. Ces traitements de sol devaient permettre d'obtenir des performances mécaniques très élevées tout en respectant un planning de mise à disposition tendu par la libération différée de certaines zones du chantier. Ainsi, 350 000 m² ont dû être réalisés en moins de 4 mois pendant le second semestre 2002.

Les nombreuses entreprises travaillant sur le site ont également contraint l'exécution des travaux et ont nécessité de la part de tous une attention particulière pour gérer cette co-activité.

Conception de la couche de forme

Les données géotechniques et les objectifs de résultats de la couche de forme étaient les suivants :

- ◆ une nature différenciée des matériaux à traiter : les limons de surface plus ou moins argileux et les graves argileuses situées sous les limons ;
- ◆ un calage altimétrique du projet et un mouvement de terre dont l'objectif était de réaliser la couche de forme majoritairement dans les graves argileuses ou sur le toit de ces matériaux ;
- ◆ mesure de la portance in situ EV2 :
 - jour J : 120 MPa,
 - J + 7 : 500 MPa,
 - J + 28 : 800 MPa ;
- ◆ résistance à la compression RC :
 - J + 7 : 1,5 MPa,
 - J + 28 : 2,3 MPa,
 - J + 90 : 3 MPa.

Pendant la phase préliminaire du chantier, et au vu des résultats obtenus lors de l'exécution des premiers traitements et des planches d'essai, la méthodologie d'exécution a été mise au point. Elle a dû être scrupuleusement respectée par la suite, car compte tenu des performances recherchées et de l'hétérogénéité des matériaux, il n'était pratiquement pas possible de laisser varier l'un des facteurs du processus.

et aménagements

Les traitements ont donc été réalisés avec les caractéristiques suivantes :

- ◆ épaisseur traitée : 0,70 m en deux couches de 0,35 m ;
- ◆ dosages :
 - chaux : entre 0,8 et 1,5 %,
 - liant : 6 % - Ligex SP 6 (Socli).

Phasage de l'opération

Une phase complète de traitement était constituée par l'enchaînement des tâches successives suivantes :

- ◆ terrassement des plates-formes à la cote - 0,35 m ;
- ◆ mise en stock provisoire des matériaux de bonne qualité et prétraitement à la chaux. Evacuation des argiles en dépôt définitif ;
- ◆ identification de l'arase ;
- ◆ traitement à la chaux de la couche inférieure sur 0,35 m ;
- ◆ traitement au liant de la couche inférieure sur 0,35 m ;
- ◆ reprise sur stock et remblai de la couche supérieure ;
- ◆ traitement au liant de la couche supérieure.

Le mode opératoire de chacune des tâches était décrit dans la procédure de traitement avec les principaux points sensibles qu'il a fallu gérer.

Les points particuliers de la méthodologie

Épandage

Afin de mieux maîtriser l'importante quantité de liant à épandre (42 kg/m²) l'épandage était réalisé en deux passages.

Après chaque épandage, le liant était prémalaxé afin de ne pas être dispersé lors du deuxième épandage ou de fluer au passage du pulvimixeur.

Le contrôle des quantités épandues a mis en évidence les points suivants :

- ◆ la température élevée du liant augmente sa fluidité, par conséquent à fort dosage une perte importante de produit est constatée ;
- ◆ un pesage avec bacs en lieu et place des traditionnelles bâches a été nécessaire pour plus de précision dans le contrôle de l'épandage.

Arrosage

Un apport d'eau important 5 à 6 % soit 30 à 35 l/m² devait être réalisé pour atteindre la teneur en eau optimale du matériau après traitement.

Cet apport d'eau important générait des contraintes majeures :

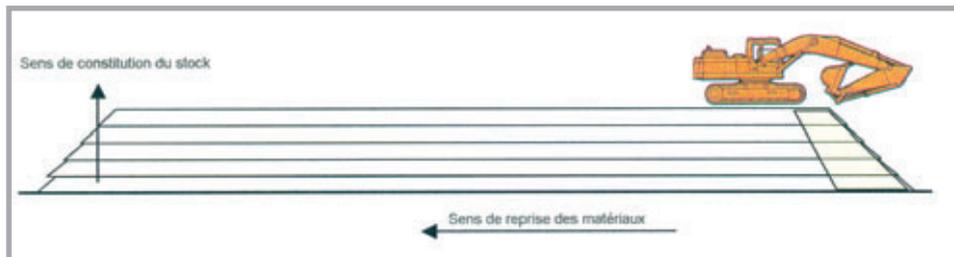


Figure 1

- ◆ plusieurs passages d'arroseuses dont le nombre était dépendant de la météo et même de l'heure à laquelle était effectuée l'humidification des matériaux (influence de l'ensoleillement) ;
- ◆ déformation du sol qui entraînait dans un premier temps une mauvaise répartition de l'eau épandue puis dans un second temps une mauvaise répartition du liant.

Compte tenu de ces contraintes l'arrosage a été réalisé à l'aide d'une arroseuse enfouisseuse. Machine qui a permis :

- ◆ de mieux doser l'eau épandue grâce à un système d'électrovannes ;
- ◆ d'enfourer l'eau par l'intermédiaire d'une charrue à dents creuses placée à l'arrière de la citerne permettant une humidification plus homogène de la couche.

Malaxage

Les planches d'essai ont démontré que deux passages de pulvimixeur étaient préférables pour obtenir une mouture de qualité et surtout des résultats homogènes. Le premier malaxage était réalisé à sec et le second après arrosage.

De plus le rotor des pulvimixeurs en forme de "V" a tendance à faire légèrement fluer le liant vers les flancs de la machine ce qui nous a conduits à réaliser ces deux passages en chevauchement.

Prétraitement de la couche supérieure

Le prétraitement systématique à la chaux a été réalisé le plus en amont possible. Le stockage provisoire des matériaux de la couche supérieure a, par ailleurs, permis de réaliser le traitement à la chaux de la couche inférieure (un peu moins sollicitée) en place sans recourir à la mise en stock mais, en réalisant cette opération plus en amont.

Le stock a été traité à la chaux par couche de 35 cm au fur et à mesure de sa constitution ce qui permettait d'une part de le rendre insensible aux intempéries et d'autre part d'effectuer une première mouture et une homogénéisation des matériaux. La reprise sur stock y participait également (figure 1).

LE MATÉRIEL MOBILISÉ

Terrassement

- Décapeuse CAT 631E : 4
- Pousseur CAT D10R : 1
- Bouteur CAT D6H : 1
- Niveleuse CAT 14G : 1
- Pelle Liebherr 954 : 1
- Tombereaux Volvo A35 : 4
- Bull D5HLGP : 1

Traitement sol

- Pelle Liebherr 934 : 1
- Tombereaux Volvo A25 : 3
- Bull D5HLGP : 1
- Pulvimixeur CAT R3350B : 2
- Pulvimixeur Racco 450 : 1
- Epandeur Hamm PR306.18 : 2
- Tracteur + charrue : 1
- Arroseuse : 2
- Arroseuse enfouisseuse : 1
- Niveleuse CAT 14H : 2
- Compacteur VM5 : 3
- Compacteur P2 : 1

Assainissement

- Pelle Liebherr 924 : 1
- Pelle Liebherr 912 : 1
- Pelle 1288 bras 14 m : 1
- Tombereaux A25 : 4
- Compacteur Ramax : 2
- Tractopelle : 1



Remblaiement des buses métalliques
Backfilling over the metallic nozzles



Les matériaux traités ont été laissés en stock 15 jours au minimum afin de permettre la floculation des argiles. Le prétraitement à la chaux indépendamment de la teneur en eau a également permis de s'affranchir de la dispersion aléatoire des passées argileuses dans les différentes couches.

Sensibilité de la couche inférieure

Afin de ne pas briser la prise du liant de la couche inférieure en compactant la couche supérieure, le délai de réalisation entre deux couches était de 24 heures, ce qui imposait le phasage suivant (cf. tableau 1).

	Jour J		Jour J + 1	
	5h30 – 14h00	14h – 22h30	5h30 – 14h00	14h – 22h30
Traitement couche inférieure				
Remblai couche supérieure				
Traitement couche supérieure				

Tableau 1

Table 1

Réglage

Au cours du traitement plusieurs réglages étaient nécessaires pour s'assurer de la bonne épaisseur des couches traitées.

Les réglages des plates-formes ont été réalisés à la niveleuse asservie en 3D. L'asservissement (système Blade-Pro) fonctionne avec les données informatiques du projet final préalablement calculées. L'ordinateur de bord de la machine reçoit en continu le positionnement en X, Y, Z de la machine transmis par le théodolite et commande le système d'asservissement de la lame.

A l'avancement, le géomètre contrôlait avec son appareillage classique certains points clés (points bas, sommet, etc.).

Waterway en cours de réalisation

Waterway undergoing construction



■ CONCLUSION

Le respect de la qualité et des délais de livraison a été le principal challenge de ce chantier.

Challenge réussi grâce à la mobilisation de l'ensemble du personnel qui comprenait 17 personnes d'encadrement et 40 compagnons.



Canal paysager : remblaiement du fond du canal

Landscaped canal : backfilling at the bottom of the canal



Traitements des plates-formes : arroseuse-enfouisseuse
Treatment of formation levels : water sprinkler-landfill machine

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Mouvement des terres : 1 000 000 m³
- Traitement de sol pour CdF : 580 000 m²
- Buses métalliques Ø 1000 à 2000, et buses arches métalliques : 1700 ml
- Buses béton Ø 400 à 1500 : 1900 ml
- Waterways et bassins (hors canal paysager) : 22 ouvrages
- Etanchéité de bassins : 24 000 m²
- Canal paysager : 600 ml
- Emprise des interventions : 950 000 m²

Montant de l'opération

20 M€ HT

Délai global

31 mois au total de mars 2002 à octobre 2004 avec de nombreux délais partiels

Les galeries techniques

Galeries, siphons, fosses, lyres, ventilations, accès, puisards, buses métalliques et dalots

Louis Gabard

DIRECTEUR ADJOINT
Dodin



Jean-Paul Brisard

DIRECTEUR D'ACTIVITÉ
Dodin



■ CADRE GÉNÉRAL

Dans le cadre de la construction de la zone d'aménagement concerté de l'Aéroconstellation, SETOMIP a attribué la construction des galeries techniques à un groupement d'entreprises (Dodin/Sogéa Sud-Ouest TP, DV Construction) comprenant la réalisation de :

- ◆ 2 500 m de galeries (largeur variant de 2,2 m à 3 m et hauteur allant de 2,6 m à 3,6 m);
- ◆ 8 siphons en béton armé;
- ◆ 1 chambre en béton armé;
- ◆ 3 dalots;
- ◆ 4 buses métalliques;
- ◆ 5 ouvrages de rétablissement de la nappe.

Ces galeries servent essentiellement à acheminer, depuis le centre technique vers les différentes zones de la ZAC (bâtiment arche, bâtiments S34 et S35, bâtiment Air France, etc.), de manière sécurisée et accessible pour l'entretien, les réseaux d'alimentation suivants :

- ◆ eau surchauffée;
- ◆ air comprimé;
- ◆ courant haute tension, courant basse tension, etc.

Suite à l'imperméabilisation partielle du site, due à la réalisation des taxiways et des bâtiments, il a été créé des waterways permettant de recueillir l'ensemble des eaux de pluie.

Ces waterways communiquent entre eux au même niveau que les galeries techniques, nécessitant la création de siphons de jonction (figure 1).

Pour permettre l'écoulement de la nappe phréatique, il a été nécessaire de réaliser un drainage inférieur des galeries complété par des ouvrages de rétablissement dans les zones où les galeries sont perpendiculaires à l'écoulement.

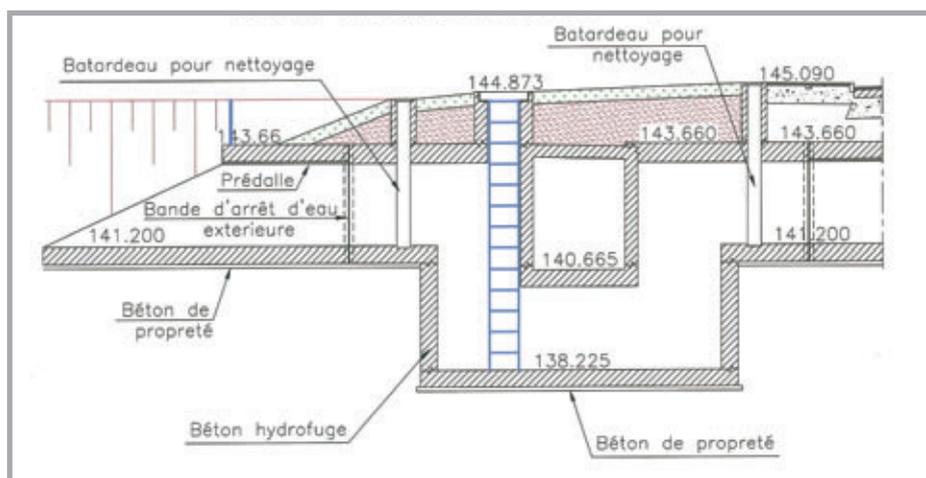


Figure 1
Coupe type sur siphons

Typical cross section on siphons



Photo 1
Intérieur avec tuyauteries
Interior with piping

■ DESCRIPTION DES OUVRAGES

Galerie

La structure des 2 500 m de galerie principale est constituée d'un cadre sans gousset de dimension variable suivant les rameaux.

La grande majorité des galeries a une section intérieure de 2,2 m de largeur pour une hauteur de 2,6 m avec une épaisseur de radier de 50 cm, des piédroits et une traverse supérieure de 30 cm d'épaisseur. La sortie du Centre technique a une section de 2,9 m x 3,6 m puis de 3,0 m x 2,6 m (photo 1). Le radier est déversé à 1 % vers une cunette latérale et a une pente longitudinale en toit de 0,5 %

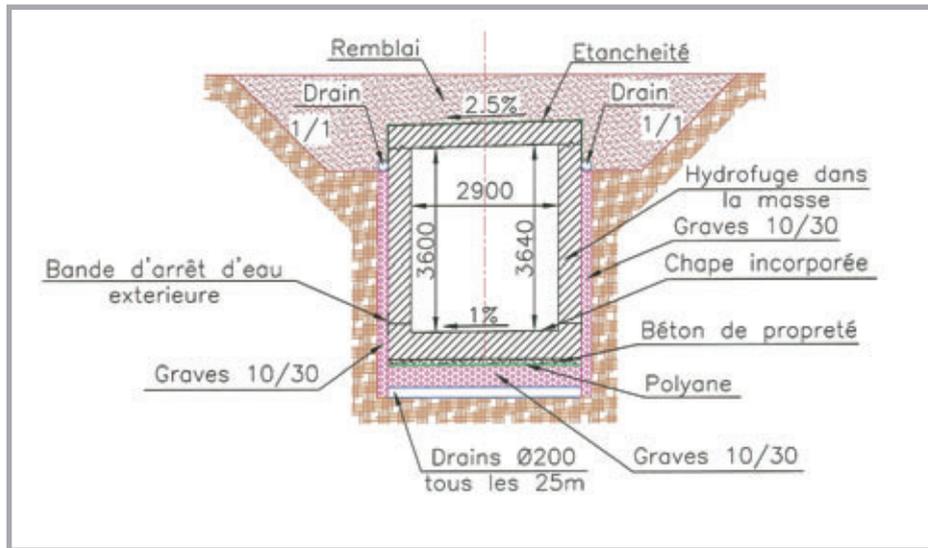


Figure 2
Coupe type sur galeries techniques

Typical cross section on main services ducts



Photo 2
Lyre
Bend



Photo 3
Intérieur blindage
Interior shielding

à 3,0 %, sur des longueurs de 80 m environ, pour permettre une collecte des eaux d'infiltration vers des puisards de pompage.

Pour autoriser la dilatation des conduites équipant la galerie, 13 niches latérales de 6 à 9 m de longueur et de 4 à 5 m de largeur permettent la mise en place des lyres de dilatation des tuyauteries (photo 2).

Siphon

Les liaisons entre les waterways sont assurées par des siphons passant sous les galeries à huit reprises. Ils sont conçus pour dégager une section utile de 2,0 m x 2,0 m. Ils sont "batardables" pour permettre l'entretien et comportent un accès muni d'une échelle à crinoline et d'un tampon de visite. Les parties en siphon au droit des galeries sont désolidarisées de la structure par les bandes d'arrêt d'eau (figure 1).

Rétablissement de la nappe

Les terrains rencontrés sont composés en partie haute de grave argileuse puis de grave argilo-sableuse et enfin de molasse compacte. La nappe phréatique a son écoulement coupé par la galerie (figure 2).

Un accent particulier a été mis pour assurer une continuité de l'écoulement et plusieurs dispositifs ont été prévus dans ce sens (figure 2) :

- ◆ de part et d'autre de la galerie dans l'épaisseur du blindage, masque drainant en grave 20/40 ;
- ◆ sous la galerie, si l'épaisseur de grave en place est insuffisante, ou si le pied de la galerie est ancré dans la molasse, mise en place d'une grave de substitution en 20/40 sur une hauteur de 50 cm ;
- ◆ mise en place de drains transversaux tous les 25 m ;
- ◆ deux drains d'écrêtage de nappe en partie supérieure de la galerie. Ces drains noyés dans les remblais sont protégés par un géotextile en périphérie pour éviter toute contamination et sont raccordés soit au réseau d'assainissement soit directement au waterway ;
- ◆ cinq ouvrages de rétablissement de nappe viennent compléter ces dispositifs quand l'écoulement de la nappe est perpendiculaire à la galerie. Ils sont constitués de deux puits en béton armé visitables de 1,2 m de diamètre, situés de part et d'autre de la galerie et reliés entre eux par une buse en béton armé. Dans l'épaisseur des graves, les puits sont équipés de drains PVC perpendiculaires de 75 cm de longueur et espacés de 1 m.

■ RÉALISATION DES OUVRAGES

L'ensemble des fouilles, que ce soit pour les galeries ou les divers ouvrages annexes, a été réali-

sé à l'abri d'un blindage Krings, composé de poteaux et de panneaux coulissants, mis en place pour maintenir les couches graveleuses et reposant sur le toit des marnes.

La hauteur moyenne du blindage était d'environ 5 m et ce en présence de la nappe phréatique (photo 3).

L'ouvrage est réalisé par plot courant de 11 m de longueur. Pour permettre un avancement normal il a été nécessaire de blinder neuf plots consécutifs (blindage et fouille, pompage, substitution et drainage, béton de propreté, ferrailage radier, coffrage et ferrailage radier, ferrailage tunnel, coffrage et béton tunnel, enlèvement du blindage).

Le béton de galerie utilisé est un béton B30 hydrofuge.

Les reprises de bétonnage sont équipées de joints hydrogonflants, les joints entre plots de bandes d'arrêt d'eau PVC.

Le radier est bétonné avec des amorces de 10 cm permettant la mise en place de bandes d'arrêt d'eau au niveau de la reprise.

L'intérieur de la galerie est coffré à l'aide de deux jeux de coffrage tunnel dont l'un était adaptable permettant la réalisation des autres galeries de 2,9 et 3,0 de largeur.

Le blindage sert également de coffrage extérieur. Pour permettre l'enlèvement du blindage après bétonnage, l'isolation entre les panneaux Krings et le béton est assurée au début par des feuilles de polystyrène et a été remplacée par la suite par des plaques drainantes Delta-MS qui ont donné de meilleurs résultats tant pour la facilité d'enlèvement du blindage que pour la protection de l'environnement.

Le vide créé par l'enlèvement du blindage a été comblé par des graves 20/40 assurant la continuité du drainage.

L'étanchéité de la traverse supérieure est assurée par une chape d'étanchéité constituée d'une feuille préfabriquée collée et protégée par une couche d'asphalte porphyré de 20 mm d'épaisseur.

Pour ne pas perturber l'avancement de la partie courante des galeries, les points singuliers (lyres, siphons, fosses, cheminées de ventilation) ont été réalisés au préalable ou après passage de la galerie sans s'inscrire sur le chemin critique.

par vibroflottation par aiguille vibrante de 200 mm de diamètre.

L'ensemble de ces techniques a assuré la qualité souhaitée pour permettre la réalisation des couches de forme (photo 4).

■ CONCLUSION

Ces travaux de conception assez classique se sont malgré tout révélés complexes par la présence de la nappe, par le nombre d'ouvrages singuliers et les adaptations réalisées en cours d'exécution. Les dispositions choisies ont permis de respecter l'environnement et d'assurer la continuité d'écoulement de la nappe tant pendant les travaux qu'en phase d'exploitation.



Photo 4
Consolidation : machine de foration
Consolidation : boring machine

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Béton : 12 200 m³
- Coffrages : 25 000 m²

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Communauté d'Agglomération du Grand Toulouse

Maître d'ouvrage mandataire

SETOMIP

Contrôle technique du maître d'ouvrage

Socotec

Maîtrise d'œuvre

Setec TPI (mandataire), Ingénierie Studio, BE A & P Dumons, Ingénieurs et Paysages

Coordination générale

Copibat

Coordinateur S. P. S.

Copibat

Groupeement d'entreprises

Dodin (mandataire), Sogéa Sud-Ouest TP, DV Construction

Bureaux d'études

- Seti : structures générales
- Solen : géotechnique

Principaux sous-traitants

- SAS : armatures pour béton armé
- Cassin : terrassements
- Keller : colonnes ballastées
- Asten : étanchéité

■ CONSOLIDATION DU SOL AUX ABORDS DE LA GALERIE

Lors de l'enlèvement du blindage, le vide laissé entre le terrain et le béton a été comblé par une grave 20/40. Pour éviter tout risque de tassement dans cette zone on a procédé, pour les taxiways, à une consolidation par colonnes ballastées de 65 cm de diamètre, de 4 m de hauteur avec un espacement de 1,5 m, et pour les autres zones, à l'exception des espaces verts, à une consolidation



Pose réseau E.U. dans tranchée blindée avec rabattement de nappe à l'aide de panneaux métalliques type caisson

Laying of sewage network in shielded trench with water drawdown by means of box section type steel panels

Pose de séparateur à hydrocarbure sur taxiway au droit du bâtiment Air France Industrie

Installation of petroleum product separator on taxiway at the level of the Air France Industrie building



Pose caniveau à fente discontinue et bordure intégrée devant "le bâtiment Arche"

Installation of discontinuous slotted gutter and integral kerb in front of the "Arche" building



Les réseaux

Georges Albert

PRÉSIDENT
SCAM T.P.



Réaliser en 15 mois, les réseaux d'une ZAC de 270 hectares dont les bâtiments sont en cours de construction et dont la surface de chacun d'entre eux se mesure en hectare, tel est le défi qu'ont dû relever les entreprises du groupement lauréat : SCAM T.P. (mandataire) - Sogéa - Giesper - Sade

■ L'ENVIRONNEMENT

Ordinairement, nos interventions sur les ZAC se situent sur un terrain vierge où les divers constructeurs interviennent lorsque les infrastructures sont terminées.

Ici les bâtiments s'élevaient du sol en même temps que les infrastructures tissaient au sol leur toile obligeant les entreprises et les maîtres d'œuvre à s'adapter à des ouvrages souvent différents du projet initial en terme de raccordement au réseau.

■ LE CHALLENGE

Le chantier de réseau en lui-même ne présentait, dans sa technique, pas de difficultés majeures. Toutefois deux situations techniques ont nécessité une attention particulière :

- ◆ les réseaux situés sur environ 1500 m entre 5 et 7 m de profondeur ont nécessité pour leur mise en œuvre l'utilisation de blindages jointifs coulissants, et un rabattement de la nappe phréatique par puits filtrants ;

- ◆ les réseaux dont la génératrice supérieure était située à moins de 20 cm de la plate-forme, voire émergents, nécessitaient une protection par enrobage béton. Cette dernière a pu être limitée grâce à la résistance supérieure des tuyaux fonte, provenant de Pont à Mousson.

La complexité du chantier était ailleurs :

- ◆ dans la multitude de délais partiels correspondant à des ouvrages prévus sur des zones à libérer sans pour autant que sur celles-ci la totalité des réseaux puissent être réalisés ;

- ◆ dans la coactivité permanente avec les autres corps d'état dont la montée en puissance s'est inscrite parallèlement à la nôtre ;

- ◆ dans la réactivité immédiate, afin de s'adapter aux modifications du projet que l'utilisateur final Airbus apportait sans cesse, dans le souci constant d'améliorer son exploitation. Pour cela une équipe de cellule de synthèse informait en temps réel les acteurs sur le terrain des diverses variations du projet ;

- ◆ dans les délais : seul un groupement d'entreprises performantes et organisées pouvait faire face à la puissante capacité de production à mettre en œuvre afin de respecter les délais, de réagir promptement, tout en préservant la qualité avec un recours limité à la sous-traitance, tout en ayant une soupape de sécurité pour assurer le résultat ;

- ◆ dans l'organisation : afin de tenir compte des différents délais partiels, le site a été découpé en 47

zones correspondant à des ouvrages précis, avec des dates de démarrage connues ou inconnues, ou encore libres et chacune affectée pour des raisons de suivi et de responsabilité à un seul membre du groupement. Les fenêtres d'intervention étaient étroites car chacune des zones était occupée avant et après nos travaux pour d'autres corps de métiers ;

◆ dans la cohabitation avec les visiteurs et les autres intervenants sur cette future vitrine de l'aéronautique. Les tranchées sont des obstacles dangereux, mobiles dont la planification des avancements a dû intégrer d'une part le mouvement incessant d'hommes et de matériel impliqués dans la construction, d'autre part l'espace public de visite quotidienne dans lequel s'est inscrit le chantier.

De ce projet d'industriels, qui est devenu le projet d'une région pour devenir enfin celui des hommes qui l'ont réalisé, reste la fierté et la certitude d'avoir tourné une brillante page de l'histoire de notre région en le restituant, mission accomplie, à ceux qui sont en charge de l'exploiter.

LES OUVRAGES EN CHIFFRES

- Les réseaux assainissement (de Ø 150 à 1200) : 20 780 ml
- Les séparateurs à hydrocarbure : 17 u
- Les réseaux A.E.P (de Ø 40 à Ø 200) : 6 880 ml
- Les réseaux incendie (de Ø 100 à Ø 250) : 9 585 ml
- Les réseaux arrosage (de Ø 40 à Ø 110) : 6 020 ml
- Les gaines : 81 360 ml
- Les câbles : 16 520 ml
- Les mats d'éclairage : 328 u

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Entreprises

- Mandataire : SCAM
- Cotraitants : Sogéa - Giesper - Sade

Délais

Délai global de 15 mois
Dix-sept délais partiels avec des dates de démarrage différentes



Pose réseau EU-EP-AEP et incendie à une profondeur de 5 m dans un blindage double glissière devant le bâtiment d'assemblage de l'A380

Laying of the sewage/rainwater/potable water supply and fire sprinkler network at a depth of 5 m with double guard rail shielding in front of the A380 assembly building



Raccordement du réseau pluvial au pied du "bâtiment Arche"

Connection of the rainwater network at the base of the "Arche" building

LES MOYENS MIS EN ŒUVRE

En encadrement de chantier

- Un directeur de travaux
- Un coordonnateur de travaux génie civil
- Un coordonnateur de travaux réseaux secs
- Trois projeteurs
- Une brigade de géomètres
- Sept conducteurs de travaux
- Un comptable
- Une secrétaire
- Un responsable qualité
- Un ingénieur méthodes

En exécution

- 17 équipes en pleine activité sur 10 mois soit 185 personnes
- 50 pelles hydrauliques et autant de camions
- 400 m de blindages linéaires caissons ou doubles glissières



Remblai de tranchée de profondeur 5 m avec restitution de la plate-forme à la performance initiale (800 MPa)

Trench backfill to a depth of 5 metres and restoration of the formation level's original properties (800 MPa)

Les aires industrielles

Paul Mourier

DIRECTEUR DE PROJET
Bouygues TP



C'est un groupement piloté par Bouygues TP qui est en charge de la construction des aires industrielles sur le site de Blagnac. Le chantier comporte dix aires qui accueilleront les A380 à leur sortie de la chaîne de montage. Ces aires ne sont pas uniquement des aires de stationnement et de manœuvre, elles sont aussi destinées aux tests d'alimentation des avions en fluides divers (air comprimé, de gonflage, air conditionné, réseau hydraulique, etc.); ce qui en fait un projet multidisciplinaire.

Pour l'exécution de ces travaux, Bouygues TP s'est adjoint les compétences des entreprises :

- ◆ SCAM - Aygobere - Nordon pour la réalisation des réseaux en "sous-sol" ;
- ◆ AER - DTP pour la réalisation des chaussées proprement dites.

■ LES MOYENS

Parmi les moyens mis en œuvre on compte :

- ◆ neuf équipes permanentes pour les réseaux ;
- ◆ un "échelon" de mise en œuvre de la grave Rolac (niveleuses, compacteurs, tombereaux) ;
- ◆ une centrale à béton : 60 m³/heure (béton Mallet) quasiment affectée au chantier pour le béton de la chaussée ;
- ◆ une machine Gomaco GT6300 pour la mise en œuvre des bétons ;

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Surface (dix aires) : 64 000 m²

Réseaux

- 10 400 m : réseau air comprimé
- 1 250 m : réseau air climatisé
- 51 500 m de gainage
- 650 émergences (niches, chambres, massifs)
- 10 000 m³ de béton

Chaussées béton

- Zone avion : 30 cm d'épaisseur
- Zone tracteur : 25 cm d'épaisseur
- Dalles de 5 m x 5 m goujonnées
- 40 000 t de grave traitées au Rolac (liant hydraulique)
- 20 000 m³ de béton hautes caractéristiques (6 MPa en traction par flexion à 28 jours)

◆ une équipe permanente de finition pour traiter le béton en périphérie des émergences (65 unités par aire).

■ LES DÉLAIS

Treize mois ont été nécessaires pour l'ensemble des dix aires (y compris intempéries et études de mise au point dans le détail du projet...), assortis de délais partiels liés à l'avancement du projet de l'A380.

Ce chantier, sûrement l'un des plus complexes de la ZAC eu égard la rigueur des délais, le nombre d'intervenants, le fourmillement des hommes et des matériels dans un espace réduit, a été à la mesure de l'A380, c'est-à-dire hors normes!



Espaces verts et aménagement paysager

André Michel
DIRECTEUR DES ÉTUDES
Pinson Paysages

Roger Crespin
COORDONNATEUR TRAVAUX
Pinson Paysages

Alignement des séquoias
au printemps 2004

*Row of sequoias
in the spring of 2004*



Plantations forestières -
Reboisement
*Forest plantations -
Reforestation*



Afin d'accueillir et d'assembler dans les meilleures conditions ce nouveau géant des airs, de nombreux travaux d'aménagement de l'environnement ont été réalisés et les investisseurs ont voulu notamment porter un accent tout particulier sur les espaces verts et le repeuplement paysager et forestier de toute la zone Aéroconstellation.

Pour réaliser ces travaux et dans le but de répondre à l'ampleur de la tâche, un groupement d'entreprises a été constitué.

Pour les paysages, cinq entreprises se sont regroupées :

- ◆ Pinson Paysage, mandataire ;
- ◆ Alpha Espaces ;
- ◆ Clarac & Cie ;
- ◆ Courserant SA ;
- ◆ Decoparc.

Pour les réseaux d'arrosage automatique : Neptune Arrosage.

La maîtrise d'œuvre de l'opération a été assurée par le bureau Ingénieurs & Paysages représenté par Giampiero Faccioli en association avec le bureau d'études Setec.

Il faut noter aussi que la fourniture des végétaux a fait l'objet d'un marché séparé et géré directement par la maîtrise d'œuvre.

La réalisation des travaux s'est déroulée de l'automne 2003 à mai 2005.

Dans cette immense tâche, cinq axes se sont avérés prioritaires pour respecter les délais et réaliser les travaux en fonction du planning général de l'aménagement de la ZAC et du planning particulier de réalisations d'espaces verts, principalement le rythme des saisons et le climat particulier de la plaine toulousaine :

◆ **les terrassements et le modelage du terrain.** A noter que nous avons été assistés dans cette tâche par l'entreprise DTP Terrassements. Plus de 100 000 m³ de terre végétale ont été transportés, régaliés et amendés ;

◆ **les plantations** d'une grande diversité de végétaux :

- 80 séquoias de 10 m de hauteur et de 7 à 9 t pièce,
- 2 150 arbres tiges de taille moyenne 16/18,
- 200 pins noirs de 3,5 m de hauteur,
- 8 200 baliveaux variés,
- 82 000 arbustes variés ;

◆ **l'enherbement** de toutes les surfaces travaillées et ayant subi les désordres d'un important chantier ;

◆ la réalisation du **canal paysager** ;

◆ **l'irrigation** de la quasi-totalité des plantations par arrosage automatique intégré, ce qui représente un mètre important de dizaines de kilomètres de canalisations souterraines et de surface et des milliers de sprinklers et goutteurs pour assurer une diffusion homogène de l'eau.

De ces principales réalisations, on peut noter quelques points particuliers et significatifs :

- ◆ l'alignement des séquoias ;

- ◆ le complément du bois classé et sauvegardé par 900 baliveaux d'essences forestières ;
- ◆ une forêt d'albizzias ;
- ◆ le peuplement avec diverses essences de différentes tailles de la bande dite des 100 m, faisant la séparation entre le RD 902 et la ZAC.

Pour conclure, nous sommes fiers d'avoir participé à cet important aménagement du Grand Toulouse. Celui-ci nous a en effet obligés à sortir des sentiers battus en raison des surfaces réalisées et de la qualité des végétaux apportés.



Aménagement paysager de l'entrée côté Air France
Landscaping of the entrance on the Air France side



Le canal paysager
Landscaped canal



Plantation de séquoia
Sequoia plantation



Plantations dans les massifs boisés
Plantations in clumps of trees

L'aire de point fixe

François-Xavier Lasserre

ASSISTANT AU MAÎTRE D'OUVRAGE
Ise - Amo



Erik Mellier

RESPONSABLE D'AFFAIRE
Setec TPI



Thierry Louge

RESPONSABLE DES TRAVAUX
Setec TPI



jectif de valider l'installation motrice sur l'avion en terme de fonctionnement des systèmes et de respect des performances attendues.

L'étude d'impact réalisée lors de la procédure d'enquête nécessaire pour la déclaration d'utilité publique a montré que l'implantation la plus judicieuse était la partie de la ZAC située au sud du RD 1 à proximité des pistes de l'aéroport.

Si l'activité réalisée sur l'aire de point fixe n'est pas soumise à la réglementation des installations classées, des dispositions particulières en matière de bruit sont à respecter :

- ◆ niveau maximal de 65 dBA en limite de ZAC ;
- ◆ émergence maximale de 5 dBA correspondant à la durée d'un essai type dans les zones à émergence réglementée.

Le respect de ces dispositions, même si l'équipement s'intègre dans un paysage sonore déjà existant du fait de la proximité de l'aéroport, nécessite un dispositif de protection phonique particulier qui doit être validé sur le plan aéraulique afin que les flux d'air alimentant les moteurs respectent les spécifications du constructeur et que les gaz éjectés soient correctement évacués.

La zone de Blagnac a en outre la particularité d'être exposée à deux vents dominants de directions quasiment opposées, le vent de nord-ouest étant le plus fréquent, celui de sud-est étant le plus fort. La direction du vent au moment de l'essai étant déterminante pour le positionnement de l'avion, il s'agit d'une contrainte forte sur la conception de l'installation.

Le maître d'ouvrage et son mandataire n'étant pas en mesure d'évaluer les solutions techniques ou financières disponibles pour la réalisation d'un tel équipement, il a été décidé de recourir à la procédure d'appel d'offres sur performances.

L'appel d'offres international a permis de retenir cinq candidats qui ont concouru sur la base d'un programme fonctionnel établi par Setec Organisation (Paris) en lien étroit avec les industriels futurs utilisateurs qui ont fait part des exigences attendues pour cet équipement. Le respect de la réglementation aéroportuaire d'une part et acoustique d'autre part et la bonne circulation aéraulique n'étant pas négociables, les offres ont été jugées en fonction de la disponibilité et du prix.

■ L'INSTALLATION RÉALISÉE

C'est la solution d'enceinte circulaire fermée proposée par le groupement franco-germanique Rheinhold & Mahla/Razel, les deux entreprises faisant

Vue d'ensemble
General view



■ LE CONTEXTE

L'aire de point fixe est un des équipements d'intérêt général de la ZAC Aéroconstellation.

Les opérations suivantes y sont réalisées :

- ◆ le déstockage de moteurs neufs pour les A380 sortis de la chaîne d'assemblage d'Airbus et dans certains cas pour les avions d'Air France Industries. Cette opération consiste à les débarrasser de la pellicule d'huile ayant permis de conserver leur intégrité pendant le transport et le montage sur l'avion ;
- ◆ diverses opérations d'intégration des moteurs pour les A380 sortis d'assemblage ainsi que pour les A319, A320, A321 et Boeing 737 sortis de maintenance. L'intégration des moteurs a pour ob-

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Dallage avion : 12000 m²
- Longrines : 3100 m³
- Lests : 800 m³
- Charpente métallique : 550 t
- Panneaux acoustiques : 9400 m²

partie du groupe allemand Bilfinger Berger, qui a été retenue. L'ouvrage de protection phonique proprement dit, de 140 m de diamètre (92 m de diamètre intérieur) et de 20 m de hauteur, représente un investissement total de 5 900 000 € HT.

Les études réalisées par le groupement, avaient pour objectifs de confirmer la validité de la proposition en terme d'acoustique et d'aéroulque. Les performances acoustiques ont été testées sur un modèle numérique. Les performances aéroulques sont basées sur des essais en soufflerie. Il s'agit de vérifier la vitesse et la turbulence de l'air, dans toutes les conditions météorologiques, à l'entrée des réacteurs, et d'en déduire la plage d'utilisation de l'aire : conditions d'accès selon la direction et la vitesse du vent, et position de l'avion. Ces études ont démarré en avril 2004. Elles se sont achevées à la fin de l'été 2004 avec l'approbation du dossier de projet par le maître d'œuvre Setec TPI et l'autorisation de démarrer l'exécution des travaux.

L'enceinte en elle-même se présente sous la forme d'un cylindre constitué de trois parties :

- ◆ la première partie, couvrant un demi-cercle, est constituée par une paroi fixe ;
- ◆ deux portes mobiles de géométrie identique à la partie fixe viennent la compléter. Elles s'écartent pour laisser les avions entrer et sortir de l'installation.

Les parois, d'une hauteur finale de 20,10 m, présentent une géométrie particulière : elles sont composées de deux plans verticaux décalés de 5,00 m. Le premier, à l'extérieur, s'élève du sol à 9,60 m. Le second, à l'intérieur, s'élève de 5,60 à 20,10 m du sol. Cette structure permet de laisser passer l'air nécessaire à l'alimentation des moteurs tout en assurant une protection phonique efficace, du fait du recouvrement entre les deux plans.

Les parois sont constituées de cassettes acoustiques en aluminium de 123 mm d'épaisseur, perforées sur une ou deux faces selon leur position, dans laquelle une fibre minérale de 60 mm d'épaisseur absorbe les ondes sonores en les transformant en énergie thermique. Ces cassettes sont montées sur une structure en treillis composée de profilés en acier galvanisé.

Pour la partie fixe, la structure métallique est directement ancrée dans des longrines circulaires en béton armé de 1,25 m de profondeur de 1,80 m de largeur constituant ses fondations superficielles. Dans les parties mobiles, cette structure est posée sur des châssis métalliques motorisés et lourdement lestés pour assurer la stabilité au vent de l'ensemble. Le convoi ainsi constitué, pesant plus de 1 000 t, roule au moyen de 60 galets dont 10 sont motorisés sur des longrines en béton armé circulaires dans lesquelles est scellé un rail.

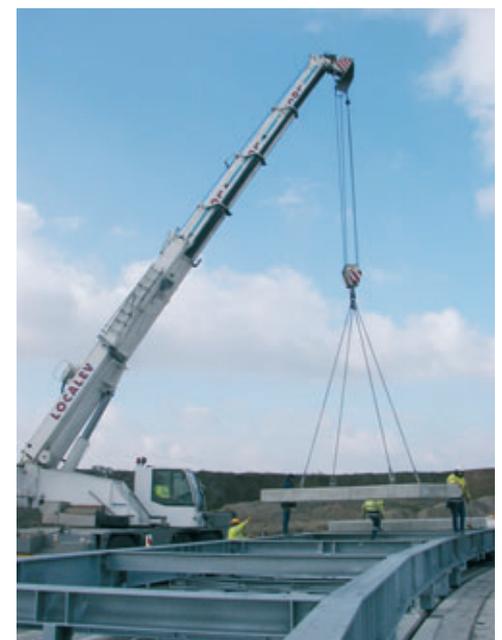
Afin que cette paroi acoustique ne subisse pas l'action des gaz chauds éjectés à haute vitesse par les moteurs pendant les essais, l'installation décrite



Montage des panneaux acoustiques
Erection of acoustic panels



Les portes motorisées
Power-operated doors



Montage des lests
Ballast erection



Le déflecteur mobile
Movable deflector

▶ précédemment est complétée par un déflecteur placé à l'intérieur de l'enceinte.
Il s'agit d'une structure mobile, elle aussi sur rails, que l'on positionne derrière l'avion avant de démarrer les essais. Cette surface grillagée, haute de 9,50 m, portée par une structure motorisée en acier galvanisé, permet, de par sa forme, de dévier verticalement le flux provenant des réacteurs.

Les travaux se sont déroulés de septembre 2004 à juillet 2005.

Les essais de l'installation seront réalisés à l'automne 2005. Ils permettront de vérifier le respect de la disponibilité annoncée par le concepteur (90 %) ainsi que le respect de la réglementation acoustique. Pour cela, sept stations enregistreuses ont été implantées dans des zones représentatives situées de 500 à 1400 m de distance de l'aire d'essais.

**Panoramique
des travaux de GC**
*Overview of civil
engineering works*



**Montage des poteaux
supports**
*Erection of support
posts*



Installation au cours des essais
System undergoing testing



L'aire de point fixe achevée
The completed ground run area



L'itinéraire à grand gabarit : le lien entre Aéroconstellation et les autres sites industriels

Gilbert Raust



CHEF DE LA MISSION
GRAND ITINÉRAIRE
DDE du Tarn

Bruno Lapeyrie



DIRECTEUR SUD-OUEST
Scetauroute

La réussite de la réalisation de l'itinéraire à grand gabarit entre Bordeaux et Toulouse, se mesure de façon probante : il fonctionne et l'utilisateur qui est Airbus l'utilise déjà régulièrement depuis le mois d'avril 2004.

Le budget initial a été respecté, et le projet a été mené dans un temps record (moins de trois ans) comparé aux délais d'un projet normal.

Pour cela l'État a transformé ses manières de faire.

En premier lieu les procédures qui sont habituellement réalisées de manière séquentielle l'ont été de manière simultanée.

La deuxième action menée, a été de désigner le préfet de la région Midi-Pyrénées comme préfet coordonnateur et représentant unique de l'État pour les décisions affectant le projet.

La maîtrise d'ouvrage a ainsi été bien identifiée et a permis de créer auprès de la direction régionale de l'Équipement une équipe projet qui a su, grâce à une maîtrise d'œuvre générale, piloter et animer les multiples chantiers qui s'annonçaient.

Une troisième action déterminante a été la structuration d'une équipe resserrée pour assurer la maîtrise d'ouvrage déléguée. Ainsi les délégations financières, juridiques et administratives ont été mises en place et la gestion du projet facilitée.

Le projet dans toutes ses composantes a pu être ainsi intégré dans le projet industriel global de construction de l'Airbus A 380 comprenant l'aménagement de la zone d'activité qui lui était associée.

Figure 1
Sites de production de l'A 380
en Europe, carte de situation
*A 380 production sites
in Europe, location map*

Le transport des éléments de l'A 380 a nécessité l'aménagement d'un itinéraire à grand gabarit entre le port fluvial de Langon (Gironde) sur la Garonne et le site industriel d'Aéroconstellation à Toulouse (figure 1).

LES CONVOIS

Les éléments à transporter voyagent en convois de six camions aux dimensions imposantes :

- ◆ tronçons de cockpit, de fuselage et empennage (quatre camions) : 8 m de diamètre, 32 m de long, 12 m de haut ;
- ◆ ailes (deux camions) : 13 m de haut, 45 m de long.

Il faut deux ou trois nuits pour relier Langon à Toulouse. Le convoi est accompagné d'une soixantaine de personnes (service de transport, forces de police et de sécurité).

Pour des contraintes évidentes de gabarit, la route empruntée par le convoi est fermée à la circu-

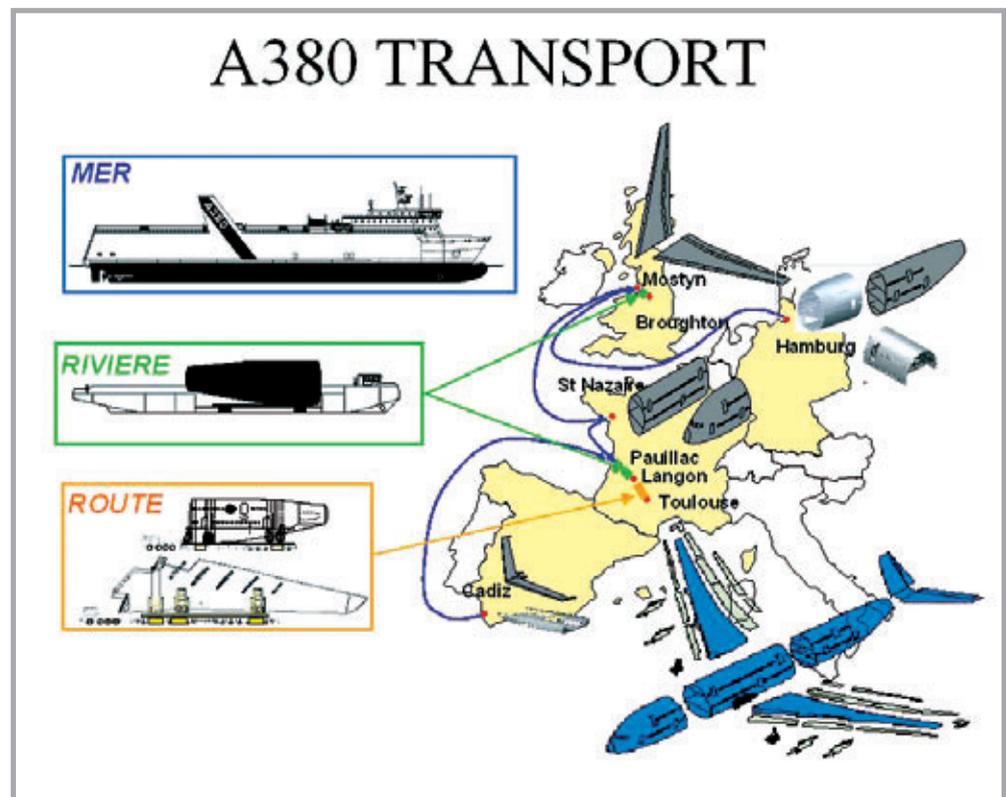
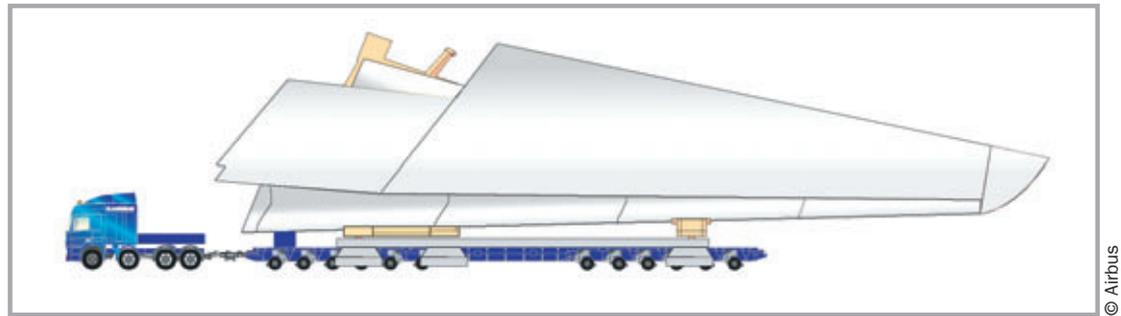


Figure 2
Un élément
du convoi
A convoy
component



© Airbus

► lation pendant qu'il se déplace (il est impossible de dépasser ou de croiser le convoi) (figure 2).

■ LA ROUTE À GRAND GABARIT

L'itinéraire choisi relie Langon à Toulouse en empruntant, au maximum, les routes existantes aux caractéristiques routières normales (largeur de chaussée de 6 m par exemple) mais avec un dégagement du gabarit, en hauteur et en largeur, permettant de transporter des colis très volumineux. Toutes les dispositions pratiques ont été étudiées, lors de la concertation avec chaque commune, afin de concevoir un itinéraire respectueux de son environnement immédiat et pouvant être maintenu dans le temps.

Des travaux de déviation, d'élargissement ou de rectification de virages ont été étudiés. Ils ont été conçus pour que chaque usager et riverain de cette route puissent en bénéficier : les carrefours et îlots directionnels mis en place améliorent considérablement la fluidité et la sécurité du trafic routier existant sur ces axes.

À cet itinéraire a été associée la mise en place de fibres optiques permettant un suivi des convois circulant ainsi en toute sécurité et une desserte en fibre haut débit de certains territoires moins favorisés au plan économique.

■ L'ITINÉRAIRE EN QUELQUES CHIFFRES

Longueur de l'itinéraire à grand gabarit : 240 km.
Adaptation de 185 km de routes existantes, toutes reclassées en routes nationales car l'itinéraire empruntait 19 routes départementales ainsi que des voies communales.

Réalisation de **cinq déviations nouvelles** d'une longueur totale de 14,7 km :

- ◆ Losse (40);
- ◆ Estampon (40);
- ◆ Eauze (32);
- ◆ L'Isle-Jourdain (32);
- ◆ Mondonville – Cornebarrieu (31).

Réalisation de **quatre pistes d'évitement** spécifiques au convoi à très grand gabarit d'une longueur de 16,2 km :

- ◆ Captieux (33);
- ◆ Gabarret (40);

- ◆ Ségoufielle – Pradères-les-Bourguets (32 et 31);
- ◆ Montaigut-sur-Save – Daux – Mondonville (31).

Aménagement complet de la **traversée de 10 villages** : Langon (33) – Bernos-Beaulac (33) – Maillais (40) – Cazaubon (32) – Barbottan (32) – Demu (32) – Vic-Fezensac (32) – Saint-Jean-Poutge (32) – Gimont (32) – Lévigac (31).

Près de **800 lignes électriques** ont été enfouies ou déplacées, 15 lignes haute tension ont été sur-élevées.

Les déviations, rectifications de virages et aménagements d'évitement ont nécessité l'acquisition de 175 ha et la démolition de cinq maisons.

L'ensemble du projet a permis de mettre sur pied un plan de paysage global répondant à notre souci de qualité et de respect des zones traversées. Ont été ainsi abattus 1500 arbres alignement et il a été prévu de replanter 6500 arbres d'essences diverses adaptées au contexte local.

Une piste cyclable de 32 km complète l'aménagement à l'entrée ouest de Toulouse entre l'Isle-Jourdain et le site d'Aéroconstellation, lieu d'assemblage de l'Airbus A 380.

Economie du projet

Coût du projet : 171 millions d'euros TTC (57 % à la charge d'Airbus et 43 % à la charge de l'État).

Répartition des coûts : 128 000 000 € en travaux – 18 900 000 € pour l'exploitation, le reste correspondant aux dépenses engagées pour le foncier et les études.

■ LES IDÉES FONDATRICES DU PROJET

Pour faire accepter la réalisation de cet aménagement routier dans un contexte difficile de par les expériences passées malheureuses sur le sujet du transport des convois très exceptionnels, deux engagements forts ont été pris pour réaliser ce projet :

- ◆ le respect absolu de l'environnement;
- ◆ une concertation permanente.

Choix d'un mode de transport

Les premières études ont porté sur le choix d'un mode de transport. De nombreuses possibilités ont été envisagées (figure 3).

Entre les différents sites européens (Hambourg en Allemagne, Broughton au Pays de Galles, Getafe et Puerto Real en Espagne, Saint-Nazaire) et le Sud-Ouest de la France, le transport par voie maritime vers le port de Bordeaux a été retenu. Les autres modes ont été écartés pour les raisons suivantes :

- ◆ par train, le gabarit était incompatible avec les voies existantes ;
 - ◆ par avion, cela aurait nécessité de construire un nouveau transporteur, les appareils existants n'ayant pas un diamètre suffisant ;
 - ◆ par hélicoptère : la masse des pièces impliquait d'utiliser plusieurs hélicoptères combinés (gros problèmes de sécurité) ;
 - ◆ par dirigeable : l'appareil capable de transporter de telles masses n'existait qu'à l'état de projet.
- Entre le port de Bordeaux et Toulouse restaient le mode fluvial et le mode routier.

Le transport par aéroglisseur a été rapidement abandonné : il aurait causé trop de bruit dans les zones très habitées de la vallée de la Garonne et induisait de gros travaux au niveau des ponts (pistes d'évitement ou cuvelages dans le lit de la rivière). Restait donc le transport par barges fluviales sur la Garonne jusqu'à Langon, limite amont de sa partie navigable. Langon disposait, en outre, d'une infrastructure portuaire existante déjà utilisée pour débarquer les éléments de la centrale nucléaire de Golfech. Le canal latéral à la Garonne ne présentait pas un gabarit suffisant au niveau des ponts et des écluses.

Entre Langon et Toulouse, le choix s'est porté sur l'utilisation du réseau routier existant, l'autoroute A62 présentant, elle, beaucoup trop d'inconvénients (plus de cent passages supérieurs à éviter, perturbation inacceptable pour les autres usagers).

Une concertation complète et exemplaire

L'itinéraire de principe a fait l'objet d'une intense concertation à la fin du printemps et à l'été 2002. Deux régions (Aquitaine et Midi-Pyrénées), quatre départements (Gironde, Landes, Gers et Haute-Garonne), 53 communes ont été concernées. Au total, ce sont plus de 100 réunions qui ont été organisées par le maître d'ouvrage. Plus de 600 avis, remarques et suggestions ont été inscrits dans les registres ouverts en Mairie. Vingt-cinq réunions publiques ont été organisées et minutieusement préparées à partir des études d'avant-projet sommaire, avec l'assistance des bureaux d'études. Près de 7 000 personnes ont été rencontrées et se sont exprimées lors de ces 4 mois de concertation. La préparation des supports de cette concertation a été particulièrement délicate : un bureau spécialisé en communication est venu en assistance. Il était notamment particulièrement important d'arriver à faire passer quelques messages simples :



Figure 3
Carte des différents modes de transport
Map of the various transport modes

"L'itinéraire à grand gabarit consiste essentiellement à aménager des routes existantes, on ne crée pas une autoroute (A 380...) qui détruirait tout sur son passage et qui deviendrait une alternative au réseau autoroutier existant".

"Les colis ont des dimensions exceptionnelles, mais les camions et les remorques peuvent emprunter des routes normales".

"L'aménagement de la traversée d'un village permettra d'améliorer sensiblement les conditions actuelles de sécurité et d'environnement".

"L'itinéraire sera sur plusieurs portions dédié aux convois ; il ne sera pas emprunté par les autres véhicules".

L'utilisation de schémas très simples, de petites animations vidéo, a permis de mieux faire comprendre la réalité du projet auprès des collectivités et des riverains.

L'environnement au cœur du projet

L'environnement a été placé au cœur de l'étude du projet routier, par exemple :

- ◆ le projet utilise les routes dégagées de toute gêne sur les accotements ;
- ◆ le moyen de transport retenu utilise ainsi au mieux les voies existantes ;
- ◆ les aménagements réalisés pour permettre le passage des convois améliorent le confort routier pour tous les autres usagers ;
- ◆ les camions utilisés pour le transport disposent de protections acoustiques exceptionnelles et de systèmes de guidage permettant d'éviter les à-coups et la gêne sonore dans les endroits sensibles (centres de villages ou passages devant des lieux habités) ;
- ◆ les normes habituelles sont non seulement respectées, mais le cahier des charges de conception

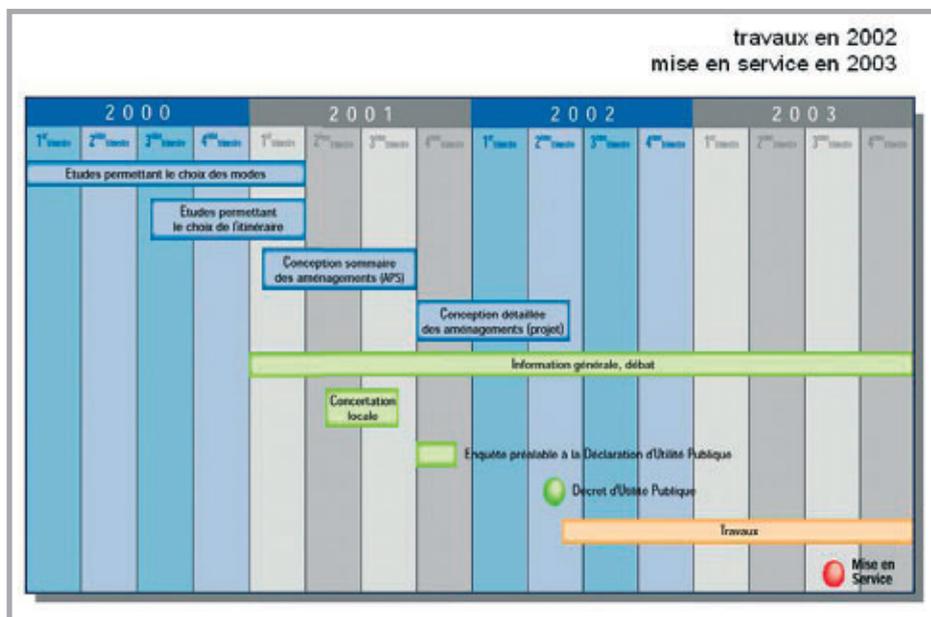


Figure 4
Planning général de l'opération
General project schedule

a prévu de ramener le bruit plus bas pour limiter au maximum la gêne des riverains (exemple : prise en compte des normes autrichiennes en matière de bruit qui sont les plus sévères en Europe);

- ◆ des études environnementales très complètes ont été engagées dès septembre 2001 pour connaître, sur un cycle de 1 an, les contraintes des sept zones Natura 2000 approchées par l'aménagement et des autres secteurs sensibles. Des entomologistes et environnementalistes ont été sollicités et leur assistance a été maintenue pendant la durée des travaux;
- ◆ un plan paysage a été élaboré et l'assistance de paysagistes a permis d'adapter, au mieux, les végétaux proposés aux secteurs traversés.

Les études techniques

Les études de conception (avant-projet sommaire et projet) ont été remarquables par leur rapidité. Le projet, pris dans sa globalité, ne comprenait pas de difficultés techniques majeures, sauf peut-être au niveau du renforcement de l'ouvrage d'art du Ciron.

Les spécifications techniques ont été les suivantes :

- ◆ en plan : rayon minimum de braquage de 11 m (avec surlargeur), dévers transversal inférieur à 7 %;
 - ◆ en long : rampe inférieure à 7 %, rayon maximum de 700 m (saillant et rentrant);
 - ◆ profil en travers minimum : chaussée de 6 m et accotements de 1 m;
 - ◆ aires d'arrêt : dalles béton de 22 cm, dimensions : 150 m sur 30 m ou 85 m sur 55 m.
- Plus généralement, on retiendra de ces études les enseignements suivants :
- ◆ le plus difficile a été de concevoir une infrastructure parallèlement à la conception de l'avion et des outils de transport des éléments (camions, remorques...). Les contraintes du constructeur étaient une entrée fondamentale pour les études routières (masse et gabarit des pièces évidemment, mais aussi pente admissible par les tracteurs, dévers acceptés par les remorques, etc.). Or, ces contraintes ont été modifiées au cours des études,

puisque le système industriel était lui aussi conçu par rapport à nos contraintes routières, de manière itérative ;

- ◆ des outils de simulation du gabarit et des girations ont été utilisés dans les endroits les plus délicats, avec toujours une marge d'incertitude sur la faisabilité du passage. La société Samra, avec le système Roméo, a réalisé un relevé systématique et automatique des obstacles latéraux et de la géométrie sommaire de la route (profil en long, courbes). On retiendra surtout de cette phase d'étude l'intérêt qui naît toujours de la confrontation de deux mondes professionnels différents : le constructeur aéronautique d'un côté et le constructeur d'infrastructures de l'autre. Le premier (et on le comprend) a une approche très "sécuritaire" de la conception : il n'a pas pour habitude de lancer un nouveau programme sans en maîtriser parfaitement tous les aspects, sans connaître toutes les spécifications de l'avion dans ses moindres détails. Le second a une démarche beaucoup plus progressive, car il n'est pas possible de maîtriser tous les risques de la construction d'une route au démarrage. Le rôle du maître d'œuvre est, pour les infrastructures, d'identifier et de gérer la majeure partie des risques de construction liés aux incertitudes de certaines données du projet.

Un planning exceptionnel

L'opération a été étudiée et réalisée en un temps record : 3 ans et demi seulement se sont écoulés entre les études préliminaires et la fin définitive des travaux. Le premier test de passage, pour lequel 80 % des travaux étaient réalisés, est intervenu moins de 3 ans après le démarrage des premières études et 17 mois après l'arrêté de DUP (figure 4).

Pour satisfaire à ces contraintes de délais particulièrement serrés, plusieurs conditions ont été réunies.

Sur le plan des procédures, l'Etat a pris une mesure législative particulière. La loi n°2001-454 a qualifié le projet "d'infrastructure d'intérêt national" et autorisé la procédure d'extrême urgence. L'objectif principal était de permettre la "prise de possession immédiate par l'Etat des terrains bâtis ou non bâtis dont l'acquisition était nécessaire à l'exécution des travaux d'aménagement", si les procédures foncières traditionnelles n'avaient pas permis d'aboutir.

Mais c'est surtout l'organisation des études et des travaux qui a permis de gagner beaucoup de temps. Les phases se sont enchaînées sans temps mort et le plus souvent avec des recouvrements :

- ◆ l'avant-projet sommaire a été étudié en même temps que la concertation et le dossier de DUP élaboré en parallèle ;
- ◆ les DCE ont été produits au fil de l'eau, au fur et à mesure que les études de projet devenaient dis-

ponibles sur un secteur donné. Les premières offres travaux ont été ouvertes en juin 2002, alors que les études de projet se sont terminées en octobre de la même année.

Les travaux ont été découpés en deux phases : la première regroupait tout ce qui était nécessaire au premier passage (avant novembre 2003) et la deuxième tout ce qui pouvait être réalisé après ce premier passage.

Enfin, les travaux ont été mis en œuvre avec une grande souplesse, car il était nécessaire de s'adapter "à vue". Chacun avait, cependant, les yeux rivés sur la date impérative du premier essai de passage, en novembre 2003.

Une trentaine de marchés de travaux

La phase d'ACT (Assistance à la passation des contrats de travaux, au sens de la loi MOP) a été cruciale pour la réussite de l'opération.

La stratégie d'allotissement devait :

- ◆ tenir compte de la spécificité du projet : nombreuses opérations de taille petite ou moyenne disséminées sur 250 km et dans des domaines variés (route, ouvrages d'art, VRD);
- ◆ stimuler suffisamment la concurrence.

Cette stratégie d'allotissement a été le sujet d'une étude de définition. La solution finalement retenue est intermédiaire entre un découpage purement géographique (un marché par département, par exemple) et un découpage en petites opérations. Au final, 30 marchés de travaux ont été passés. La taille de ces marchés est très variable, puisque le plus petit représente moins de 150 000 € et le plus gros plus de 16 millions d'euros.

Une organisation spécifique de la MOE a été mise en place lors de la phase ACT. Celle-ci a permis d'assurer, dans de bonnes conditions, le passage de l'étude de projet au DCE et de tenir les délais pour cette phase. Cette organisation comprenait une cellule spécifique de réception et de contrôle des études de projet, composée notamment de trois chefs de lots géographiques, qui coordonnaient la rédaction des pièces écrites par secteur. Afin d'assurer un bon démarrage des travaux, ces chefs de lots ont été ensuite responsables de leur secteur de travaux.

Une équipe de maîtrise d'œuvre très complète

Eu égard à la teneur des travaux, l'équipe technique qui a pris en charge le suivi et le contrôle de la réalisation de travaux était composée de 17 personnes sur le terrain. Cette équipe, animée par un directeur de projet travaux basé à Toulouse s'est appuyée sur :

- ◆ les compétences d'une cellule "Gestion de projet" (quatre personnes) pour tous les aspects

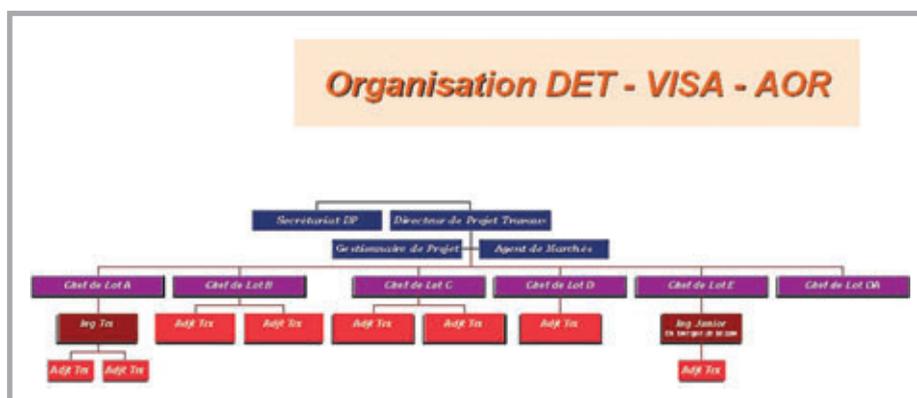


Figure 5
Organigramme de l'équipe travaux
Work team organisation chart

Lots Travaux	Nature des travaux	Entreprises mandataires
Lot A	18 km de voies nouvelles dont 9 en chaussée béton 12 km d'aménagement de routes existantes Construction du PS de Beauzelle	Guintoli Routière des Pyrénées Eurovia Razel
Lot B	14 km de voies nouvelles 61 km d'aménagement de routes existantes 2 aires de stationnement pour les convois Travaux d'abattage et d'élagage en Aquitaine Plantations en Aquitaine	Eurovia RAT Alpha Espaces Sysa
Lot C	90 km d'aménagement de routes existantes 2 aires de stationnement pour les convois Travaux d'abattage et d'élagage en Midi-Pyrénées Plantations en Midi-Pyrénées	Appia FCF Corrèze Antoine Espaces Verts Decoparc
Lot D	Aire de constitution des convois (Langon) 40 km d'aménagement de routes existantes 4 traversées d'agglomérations	Appia CMR Screg
Lot E	5 traversées d'agglomérations	Colas Guintoli Razel Sacer
Lot OA	Adaptation de l'ouvrage du Ciron Construction de l'ouvrage Le Boulin	Castells

Tableau I
Table I

administratifs et financiers de suivi des marchés travaux ;

- ◆ sur différents experts en fonction de la nature et de la spécificité des travaux à réaliser (chaussées, environnement, élagages...).

Le rôle du directeur de projet a été ici fondamental pour harmoniser le fonctionnement au quotidien de cette équipe mais, également, pour rendre homogène la remontée des informations, le tri de celles-ci et leur exploitation. Une importante phase de cadrage a été nécessaire pour mettre en place des procédures de fonctionnement communes qui ont été imposées à chacun des membres de l'équipe du groupement de maîtrise d'œuvre.

L'équipe de maîtrise d'œuvre a été déployée tout au long des 240 km de l'itinéraire selon une organisation géographique. Six entités de deux à quatre personnes ont ainsi été constituées (figure 5).

Cette organisation, très proche du terrain, a été l'une des clés de la mission de maîtrise d'œuvre (tableau I).

Toutes les informations issues des chefs de lots étaient rassemblées à la direction de projet qui as-



© Photothèque Scetauroute

Photo 1
Premier convoi test
First test convoy



surait un suivi rigoureux et en temps réel, avec notamment :

- ◆ la prise en compte des documents d'exécution établis par les entreprises de travaux et la délivrance des visas ;
- ◆ la comparaison, en temps réel, des quantités réalisées en regard des quantités initiales du marché avec déclenchement d'alertes en cas d'écarts significatifs ;
- ◆ la gestion des risques travaux et des aléas de chantier en phase amont et l'analyse des prix nouveaux avec établissement de fiches d'approbation de ces prix ;
- ◆ la gestion des modifications et des adaptations de projet rappelant l'origine de la demande, les incidences de la modification en termes techniques, de qualité, de coûts et de délais ;
- ◆ la définition du suivi et de la maîtrise des coûts et le reporting mensuel au maître d'ouvrage sous forme de tableaux et la rédaction de notes de synthèse bimestrielles permettant d'estimer les coûts prévisionnels finaux.

Cette exigence, dans l'organisation et dans le reporting, a permis ainsi de respecter l'objectif de coût global de l'opération, et de tenir les délais très serrés (premier essai physique en novembre 2003, premier convoi réel en avril 2004).

Les essais physiques

Le processus de validation du projet prévoyait, dès le départ, des tests physiques avec des maquettes grandeur nature.

Les tests réalisés ont été les suivants :

- ◆ octobre 2003 : passage à vide de deux remorques représentatives du futur transport ;
- ◆ entre le 3 et le 14 novembre 2003 (sept étapes

effectuées de nuit et de jour) : deux remorques au gabarit mais à masse réduite ;

- ◆ entre le 2 et le 5 mars 2004 : deux remorques au gabarit lestées à masse réelle.

Pour ce qui concerne les travaux, ces tests avaient pour objectif de valider sur l'itinéraire :

- ◆ le gabarit de passage : dégagement des emprises, espaces libres, trajectoires balayées, section frontale de passage ;
- ◆ le poids : tolérance et résistance des infrastructures avec remorques ;
- ◆ la géométrie de la route : pentes et rampes, largeur de chaussée, courbes et virages ;
- ◆ l'absence d'obstacles bas ;
- ◆ les aires de stationnement : disposition générale et caractéristiques ; équipement d'exploitation ;
- ◆ la durée de transport : respect des temps prévus ;
- ◆ l'organisation de l'escorte ;
- ◆ le bruit : limites à respecter en zones habitées et inhabitées.

Les deux remorques équipées de maquettes plus contraignantes en gabarit que les futures pièces réelles à transporter ont effectué le trajet dans des temps meilleurs que ceux estimés, sans rencontrer d'obstacles majeurs susceptibles d'arrêter la bonne marche du convoi.

Ces cinq mois de tests ont permis de s'assurer que la géométrie de l'ouvrage réalisé correspondait à la demande, que le passage du convoi se faisait dans des conditions de rapidité acceptables par rapport aux contraintes du projet industriel, que la gêne occasionnée aux usagers et aux riverains respectait les engagements que l'Etat avait pris sur ce projet (gêne de quelques dizaines de minutes pour un riverain situé sur l'itinéraire et problème de bruit traité de manière à être inférieur au bruit de passage d'un camion normal).

Cette phase de tests a permis d'optimiser les équipements réalisés et de mettre en place un système de pilotage performant pour que les convois puissent passer les points sensibles avec un maximum d'efficacité (photo 1).

Transport : une organisation particulière

Le pilotage est assisté pour aider les chauffeurs à utiliser une trajectoire optimale, à éviter les reprises ou les bruits des camions, à conduire sans à-coups. Ainsi le repérage par D.G.P.S. a été retenu pour permettre aux camions d'avoir une précision de passage dans les points sensibles quasi centimétriques. Pour cela a été mis au point un logiciel d'assistance au pilotage pour les convois articulés à une ou plusieurs articulations par le C.N.R.S de Toulouse et son laboratoire d'application le LAAS. Les modèles mis au point ont été testés, dès les premiers passages du convoi de novembre 2003 à mars 2004, grâce aux relais locaux de D.G.P.S.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage de la route

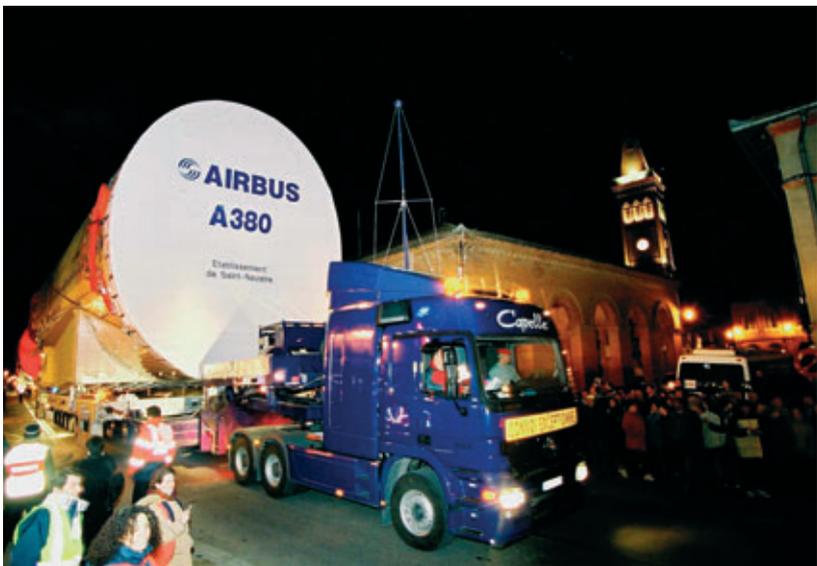
Direction régionale de l'Équipement Midi-Pyrénées (Mission Grand Itinéraire)

Maître d'œuvre du projet

Groupement Scetauroute pour les travaux, Isis pour l'exploitation

Entreprises et prestataires

256 entreprises, bureaux d'études et prestataires ont travaillé sur le projet, générant ainsi 2 600 emplois/an pendant la réalisation du projet



© Airbus

Photo 2
Premier convoi réel
First actual convoy

mis en place à Gimont dans le Gers et à Lévignac en Haute-Garonne pour vérifier les hypothèses de la modélisation qui ont été faites.

Une contractualisation complète pour l'exploitation

Le premier convoi portant les pièces de l'avion A 380 est passé au printemps 2004. Le trajet de Langon à Toulouse se fait en trois étapes nocturnes avec l'utilisation d'aires de stationnement spécifiques pour organiser ces déplacements (dont la surface en béton varie de 1,5 ha à 2,5 ha et dont la gestion sera entièrement dédiée à l'itinéraire). Les horaires de passage sont très rigoureux et programmés par avance (plage de passage de 22h00 à 6h00).

La route est bloquée par section d'environ 15 km environ (correspondant à 1 heure de déplacement de l'ensemble du convoi) et des déviations sont mises en place pour permettre aux véhicules des usagers, qui le souhaitent, d'éviter les attentes. Le nombre de convois prévus va de 10 en 2005 à 44 en 2008 qui sera alors le régime de croisière aujourd'hui prévu étant données les commandes de l'industriel.

L'organisation du convoi et sa composition seront tout à fait exceptionnelles, du fait de l'enjeu économique de la construction de l'Airbus A 380 (près de 40 000 emplois générés en France) et l'engagement que l'Etat a pris pour assurer la pérennité de cet accès à Toulouse depuis le port de Bordeaux.

L'Etat s'est engagé à garantir la disponibilité du gabarit pour les convois de 14 m de haut, de 8 m de large et de 50 m de long (photo 2).

ABSTRACT

Heavy transport route : the link between Aéroconstellation and the other industrial sites

G. Raust, Br. Lapeyrie

The success of the heavy transport route established between Bordeaux and Toulouse can be measured convincingly : it is operational, and the user, Airbus, has already been using it regularly since April 2004.

The original budget was complied with, and the project was carried out in record time (less than three years) compared with the time for a normal project.

To achieve this, the government changed its approach.

Firstly, the procedures that are normally carried out sequentially were conducted simultaneously.

The second action performed was to appoint the prefect of the Midi-Pyrénées region as coordinating prefect and sole representative of the government for decisions affecting the project.

The Owner was therefore clearly identified and was able to create in the Regional Directorate of Equipment a project team which, through general project management, was able to manage and coordinate the numerous planned construction sites.

A third decisive action was the organisation of a closely-knit team to act on behalf of the Owner. Accordingly, the financial, legal and administrative representatives were put in place and project management was facilitated.

The project, with all its components, was accordingly able to be integrated into the overall industrial project for construction of the Airbus A 380, including development of the business park associated with it.

RESUMEN ESPAÑOL

Itinerario de cargas extraordinarias : el enlace entre Aéroconstellation y las demás instalaciones industriales

G. Raust y Br. Lapeyrie

El éxito de la ejecución del itinerario de cargas extraordinarias entre Burdeos y Toulouse, se evalúa convincentemente : funciona y el usuario, Airbus

lo utiliza ya de forma regular desde el mes de abril de 2004.

El presupuesto inicial ha sido respetado, y el proyecto se ha llevado a cabo en un plazo récord (menos de tres años) comparado con los plazos de un proyecto normal.

Para tal efecto, el Estado ha transformado su forma de actuación.

En primer lugar los procedimientos que generalmente se efectúan de manera secuencial fueron realizados simultáneamente.

La segunda acción emprendida, consistió en nombrar al prefecto de la región Mediodía-Pirineos a título de prefecto coordinador y único representante del Estado para las decisiones que corresponden al proyecto.

Se ha podido así identificar claramente la dirección de obras y ha permitido crear ante la dirección regional de Fomento un equipo de proyecto que ha sabido, mediante una ejecución contractual general, pilotar y animar las múltiples obras vislumbradas.

Una tercera acción determinante fue la estructuración de un equipo limitado para llevar a cabo la dirección delegada de las obras. Asimismo, las delegaciones financieras, jurídicas y administrativas fueron implantadas y la gestión del proyecto se ha visto así facilitada.

El proyecto en todas sus componentes ha podido integrarse en el proyecto industrial global de construcción del Airbus A 380 que incluye la ordenación de la zona de actividad con la cual estaba vinculada.

Bilan

Philippe Gendre
DIRECTEUR AGENCE DE BLAGNAC
SETOMIP

Jean-Philippe Aumoine
CHEF DE PROJET
SETOMIP

A l'issue de la première phase d'aménagement de la ZAC Aéroconstellation, qui correspond à la mise en service de l'usine Jean-Luc Lagardère pour Airbus, et de son centre de maintenance pour Air France, et qui est bien symbolisée par le premier vol de l'A380 le 27 avril 2005, on peut formuler plusieurs conclusions.

Dès l'origine, la mobilisation autour d'un grand projet aussi emblématique a été générale et exceptionnelle. La conduite du projet et son déroulement ont été menés activement et dès le début par les élus du Grand Toulouse (Conseil communautaire, Bureau, et plus précisément d'un comité de suivi dont le soutien et l'intérêt pour l'opération ne se sont jamais démentis).

Par ailleurs, le partenariat avec tous les acteurs s'est déroulé efficacement au sein d'un comité de pilotage animé conjointement par les services de l'Etat et du Grand Toulouse.

Les objectifs ont été atteints grâce au travail de tous. A ce stade, l'expérience acquise par la SETOMIP :

- ◆ dans la conduite d'une opération aussi importante, et dans un délai très court;
- ◆ dans un dialogue, parfois animé, mais toujours constructif avec les industriels;
- ◆ dans la mise en œuvre de la qualité urbaine et environnementale, a été très enrichissante, et l'aventure humaine passionnante.

Qu'il nous soit permis de remercier, pour leur participation active à ces opérations :

- ◆ les élus du Grand Toulouse, et principalement les membres du comité de suivi;
- ◆ l'équipe de la SETOMIP et en particulier le directeur Philippe Gendre et l'agence de Blagnac de la SETOMIP, Jean-Philippe Aumoine, responsable de l'agence et chef du projet, Richard Angosto (maîtrise d'ouvrage des chantiers de travaux), Rose-Marie de Amorin (acquisitions foncières, administration), Anne Amiel, Dominique Bedel, Angéline Louvest (assistantes) et François-Xavier Lasserre (A.M.O);
- ◆ l'équipe du groupement de maîtrise d'œuvre des infrastructures :
 - Setec TPI (mandataire) – Paris,
 - Ingénierie Studio – Toulouse,
 - BE Dumons – Toulouse,
 - Ingénieurs et Paysages – Versailles;

- ◆ la cellule de synthèse, coordonnateur, OPC : Copibat – Paris, Toulouse;
- ◆ le contrôle technique : Socotec – Toulouse;
- ◆ le contrôleur SPS : S.C.O. – Toulouse;
- ◆ l'urbaniste conseil : Jean Dellus – Toulouse;
- ◆ le géomètre expert : Cabinet Berthier Maugard – Toulouse;
- ◆ l'office notarial : Pierre Aymard – Toulouse;
- ◆ les assistants et conseillers divers : Fondasol, Fugro, SCET, ISE Amo, FIT Conseil, Cabinet Bouysou, Cabinet Clamens, Delhom, Gamba – tous Toulouse, et Setec Orga – Paris;
- ◆ les services publics de l'Etat (préfecture, mission Aéroconstellation, DDE, DAC Sud, STBA) des collectivités locales (Grand Toulouse, Blagnac, Cornebarrieu) et services de la CCIT;
- ◆ et enfin les entreprises de génie civil et infrastructures, classées ci-dessous par ordre alphabétique.

Alpha Espaces – Amec Spie Sud-Ouest – Amec Spie – Appia – Aqua Tech – Auxiliaire de Démolition – Aygobere – Batiloc – Bouygues TP – BTPB – Cassin TP – Clarac – C.G.E.T.P – C.M.R. – Colas – Courserant SA – Decoparc – Derly – Dodin – DTP Terrassement – DV Construction – E.E.E – E.G./INEO – SA Elaparc – E.R.T – ETDE – L'Européenne de Pépinières – Eurovia – Eurovia Midi Pyrénées – Eurovia Béton – Ferris – Fontanie Clemessy – G.B.M.P – Gerlero et Fils – Giesper – Quintoli – Hasta – Kaeffer Wanner – Lopez Travaux Publics – Malet – Neptune Arrosage – Palplast – Les Pavés Réunis – Pinson Paysage – Pitel – Raffanel – Razel SA – Reinhold et Mahla – Sacer – Sade – SCAM TP – S.C.LE – S.A.S – S.E.S – Screg Sud-Ouest – Spapa – Socotras – Sogea Sud-Ouest – Sotrap Canalisations – S.T.T.L

Comme souvent dans ce type de situation, tous les intervenants conserveront un souvenir très fort de cette aventure, quelles qu'en aient été les péripéties.



Techniques d'amélioration aux plates-formes

Derniers développements

Cet article présente un catalogue des différents procédés d'amélioration des sols : inclusions, drains verticaux, compactage dynamique, plots ballastés, vibroflottation, colonnes ballastées et enfin le soil mixing et son dérivé récent le Trenchmix®.

L'amélioration des sols produit son effet dans la masse. Cette propriété est particulièrement utile pour traiter la fondation de charges réparties. Sur sol amélioré, les charges ponctuelles peuvent souvent se passer de fondations profondes.

Les installations aéroportuaires avec leurs pistes, parkings, entrepôts et stockages, constituent sans aucun doute un champ d'application possible des procédés d'amélioration des sols lorsqu'il y a lieu.

Photo 1
Inclusions rigides
pour une aire de réparation
navale - Lorient
*Rigid inclusions for a naval
repair area - Lorient*



Les procédés d'amélioration des sols permettent de supporter des ouvrages sans avoir recours aux fondations profondes traditionnelles telles que, notamment, barrettes, pieux et micropieux. L'utilisation de tels procédés se justifie surtout lorsque les fondations traditionnelles sont inadaptées.

Prenons une illustration simple. On devine intuitivement que, sur un sol donné peu résistant et compressible, on sera confronté à deux problématiques différentes selon qu'il s'agira de fonder des poteaux ou de stocker des bidons.

Dans le premier cas il s'agit de charges ponctuelles isolées tandis que dans le deuxième cas il s'agit de charges réparties. Avec les charges isolées le problème majeur sera probablement de résister à la rupture par poinçonnement, ce que l'on pourra résoudre avec un ou plusieurs pieux sous chaque poteau. Dans le cas de la charge répartie, le problème majeur sera vraisemblablement le tassement, total et différentiel, problème qu'il semble difficile de résoudre avec des pieux sauf à construire une dalle très résistante qui reposerait sur ces pieux, ce qui paraît peu raisonnable.

Poursuivant sur les mêmes exemples, on imagine aisément le cas mixte d'un entrepôt de stock-

age de bidons, dont la structure reposerait sur des poteaux isolés, pour lequel on souhaiterait une solution de fondation globale et économique traitant du même coup les poteaux et le dallage.

L'amélioration des sols porte bien son nom. Il s'agit de rendre le sol meilleur dans sa masse afin que, dans l'exemple de notre entrepôt de stockage de bidons, les poteaux puissent être fondés sur semelles superficielles et que les bidons puissent être posés sur un dallage léger, l'ensemble présentant des tassements compatibles avec le bon usage de l'entrepôt.

Les procédés d'amélioration des sols apportent une solution globale aux problèmes de sol rencontrés lors de la construction d'ouvrages et de chaussées telles que :

- ◆ routes, voies ferrées, aérodromes, terre-pleins portuaires ;
- ◆ plates-formes et bâtiments industriels ;
- ◆ bâtiments commerciaux et zones de stockage.

Si le principe des procédés d'amélioration des sols paraît parfois simple, le dimensionnement de projets fiables est souvent complexe et nécessite à la fois des moyens et de l'expérience.

Les outils de modélisation permettent de définir non seulement l'amélioration à apporter au sol,

des sols applicables

Stéphane Monleau



DIRECTEUR
COMMERCIAL ADJOINT
Solétanche Bachy France

Bruno Renoud-Lias



CHEF DE PROJETS
Solétanche Bachy France

mais encore les couches de répartition ainsi que les structures reposant sur le sol amélioré. Ces outils permettent également de prédire les tassements pour s'assurer qu'ils seront acceptables. On trouvera dans ce qui suit une revue descriptive des principales techniques d'amélioration des sols.

■ INCLUSIONS

Utilisable pour fonder tous types d'ouvrage sur sols compressibles de toute nature, ce procédé permet de réduire les tassements à des valeurs acceptables par l'ouvrage.

Les inclusions sont généralement verticales et disposées suivant un maillage régulier (photo 1). Elles doivent présenter des caractéristiques intrinsèques de déformation et de raideur compatibles avec les terrains encaissants et les structures à porter.

On peut recourir à différents modes de mise en œuvre (forage avec ou sans refoulement, battage, vibration) et à différents types de matériaux (ballast, gravier, mélange sol-ciment et tous types de mortier ou béton).

■ DRAINS VERTICAUX

Les drains verticaux sont utilisés pour l'amélioration des sols fins saturés en eau.

La technique consiste à foncer verticalement dans le terrain des drains préfabriqués, en carton ou en matière synthétique, suivant un maillage régulier (photo 2).

Lors de la mise en charge du terrain, les drains facilitent l'évacuation de l'eau interstitielle jusqu'à la surface, permettant ainsi une consolidation accélérée des sols traités. La surcharge est apportée soit par un remblai de préchargement, soit par d'autres méthodes.

■ COMPACTAGE DYNAMIQUE ET PLOTS BALLASTÉS

Cette méthode permet de traiter le sol en profondeur par des actions de surface. La consolidation dynamique provoque le compactage des sols granulaires.

Le principe consiste à laisser tomber, en chute libre et de façon répétée, une masse de plusieurs dizaines de tonnes depuis une hauteur de quelques dizaines de mètres (photo 3).



Photo 2
Drains verticaux pour un remblai autoroutier - A89

Vertical drains for a motorway backfill - A89



Photo 3
Compactage dynamique pour un entrepôt - Zeebrugge

Dynamic compaction for a warehouse - Zeebrugge

Dans les terrains cohérents, on procède à une incorporation de ballast sous la masse, réalisant ainsi ce qu'on appelle des plots ballastés.

■ INJECTION SOLIDE

Utilisée pour le traitement des terrains sableux, limoneux ou argileux, qu'ils soient humides ou saturés, la technique d'injection solide consiste à injecter sous pression un mortier très visqueux, suivant un maillage spécifique établi en fonction de la

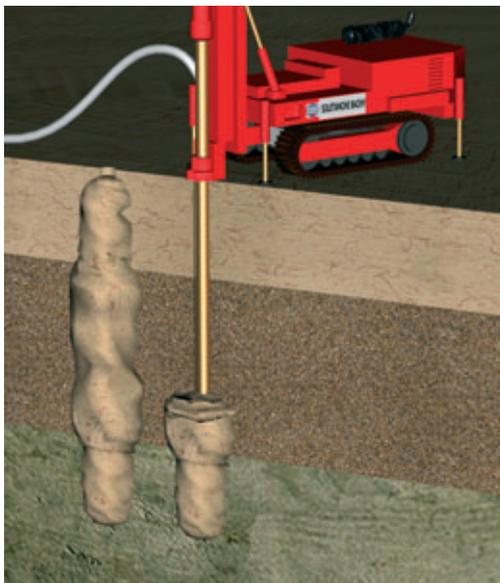


Figure 1
Injection solide - Schéma montrant l'effet de compression radiale

Solid injection - Diagram showing the effect of radial compression



Photo 4
Injection solide pour un quai - Paris - Esplanade Léna
Solid injection for a quay - Paris - Léna esplanade



Photo 5
Vibroflottation pour un site industriel - Dunkerque
Vibroflotation for an industrial site - Dunkirk

Photo 6
Colonnes ballastées pour un bâtiment industriel - La Chapelle d'Armentières

Ballasted columns for an industrial building - La Chapelle d'Armentières



nature du terrain et des objectifs recherchés. On réalise ainsi une densification statique horizontale (photo 4 et figure 1).

Technique éprouvée, économique et souple, elle permet notamment de réduire le potentiel de liquéfaction en cas de séisme. Contrairement à d'autres, elle peut être utilisée sous des constructions existantes en raison de son effet essentiellement horizontal.

■ VIBROFLOTTATION

La vibroflottation, (encore appelée vibrocompaction), s'applique essentiellement aux sols granulaires non cohérents, tels que sables ou graviers. Les vibrations engendrent un phénomène temporaire de liquéfaction du sol autour du vibreur. Dans cet état de liquéfaction, les forces intergranulaires sont quasiment annulées et les grains se réarrangent dans une configuration plus dense dont il résulte de meilleures caractéristiques mécaniques (photo 5).

Cette technique est couramment mise en œuvre à très grande échelle pour le compactage de terre-pleins en sable gagnés sur la mer par remblaiement hydraulique.

■ COLONNES BALLASTÉES

La technique des colonnes ballastées est une extension de la vibroflottation aux terrains qui comportent des couches limoneuses ou argileuses dont les éléments ne peuvent être réarrangés par la vibration.

Les colonnes ballastées permettent de traiter ces sols par incorporation de matériaux granulaires (appelés ballast) compactés par passes remontantes. Ces colonnes peuvent être également cimentées ou constituées de mortier (photo 6).

Quand elles ne sont pas cimentées, les colonnes servent également de drains et permettent une accélération du processus naturel de consolidation. En zone sismique, le traitement par colonnes ballastées réduit les risques de liquéfaction provoquée

par les secousses, étant rappelé que la liquéfaction du sol de fondation peut conduire à sa rupture.

■ SOIL MIXING

Largement utilisée au Japon et dans les pays scandinaves, cette technique se développe en France. Elle permet aussi, par extension, de traiter les sols pollués en appliquant le procédé à la totalité du volume. Nous décrivons ci-après deux déclinaisons du soil mixing.

Colonnes verticales et Colmix®

La technique consiste à réaliser des colonnes de sol traité par malaxage in situ du terrain en place avec un liant, généralement à base de ciment. La déstructuration du terrain en place et le mélange sont effectués au moyen d'outils rotatifs qui assurent également un malaxage mécanique. Différentes configurations de lignes d'outils ont été développées, avec un outil rotatif simple ou des tarières multiples. Le procédé Colmix® se distingue par un système original de tarières multiples imbriquées procurant un malaxage très efficace du sol et du liant (photo 7).

Le liant peut être introduit sous forme pulvérulente ou sous la forme d'un coulis. Son dosage permet d'obtenir une large gamme de résistance et donc de bien adapter les caractéristiques du mélange aux caractéristiques du projet.

On peut réaliser des colonnes isolées, des panneaux ou des blocs.

Trenchmix®

Le principe de l'amélioration de sol apportée par ce procédé est similaire à celui des inclusions ponctuelles. Il s'en distingue essentiellement par la géométrie des inclusions qui sont dans ce cas des inclusions linéaires analogues à des tranchées. Ces tranchées sont réalisées au moyen d'un outillage spécifique qui permet de ne pas extraire le terrain mais de le malaxer en place avec un liant. Le liant est introduit dans la tranchée durant la réalisation de celle-ci, soit sous forme d'un coulis préalablement préparé (voie humide) soit sous forme pulvérulente (voie sèche) (photo 8). Le dosage en liant est adapté afin d'obtenir un mélange dont les caractéristiques sont celles prescrites en fonction du dimensionnement du projet.

Généralement, on exécute au préalable une prétranchée sur le tracé de la tranchée à réaliser (photo 9). Cette prétranchée offre plusieurs avantages :
◆ confinement des matériaux excédentaires après malaxage : du fait de l'apport de liant, le volume après malaxage est supérieur au volume de sol avant. Cette prétranchée sert de réservoir au ma-



Photo 7
Colmix® pour une plate-forme d'autoroute - A14

Colmix® for a motorway formation level - A14



Photo 8
Trenchmix® pour une plate-forme de stockage - Pont de Vaux - Exécution par voie sèche

Trenchmix® for a storage platform - Pont de Vaux - Dry path process



Photo 9
Trenchmix® - Pont de Vaux : plate-forme de travail avec prétranchées

Trenchmix® - Pont de Vaux : work platform with preliminary trenches

▶ tériau excédentaire, évitant ainsi qu'il se répande sur la plate-forme de travail ;

◆ dans le cas de l'utilisation de la méthode sèche, le liant est versé sous forme de poudre dans cette prétranchée. Ceci garantit que toute la quantité de liant sera effectivement entraînée par les outils d'attaque de la tranchée ;

◆ la prétranchée peut être évasée en tête : cette disposition améliore le report des charges sur la tranchée tout en permettant de réduire l'épaisseur du matelas de répartition ou de la couche de forme.

La technique Trenchmix® est également utilisée pour la réalisation de coupures étanches de faible à moyenne profondeur. L'absence de déblais est particulièrement intéressante en site pollué.

■ CONCLUSION

Les différents procédés d'amélioration des sols qui ont été évoqués, dont certains résultent de développements très récents, offrent une palette suffisamment riche pour traiter chaque cas particulier de manière optimale.

ABSTRACT

Soil improvement techniques applicable to formation levels. Latest developments

St. Monleau, Br. Renoud-Lias

This article presents a list of the various soil improvement processes : inclusions, vertical drains, dynamic compaction, ballast pads, vibroflotation, ballasted columns, and finally soil mixing and its recent derivative the Trenchmix®.

Soil improvement produces its effect in the core. This property is especially useful for treating distributed-load foundations. On an improved soil, localised loads may often not require deep foundations.

The airport facilities with their runways, parking areas, warehouses and storage areas, are undoubtedly a possible field of application for soil improvement processes where applicable.

RESUMEN ESPAÑOL

Técnica de mejora de los suelos aplicables para las plataformas. Últimos desarrollos

St. Monleau y Br. Renoud-Lias

En el presente artículo figura un catálogo de los distintos procedimientos de mejora de los suelos : inyecciones, drenes verticales, compactación dinámica, pilotes de grava, vibroflotación, columnas de grava y finalmente el soil mixing y su derivado reciente el Trenchmix®.

La mejora de los suelos produce su efecto en la masa. Esta propiedad resulta particularmente útil para tratar la cimentación de cargas distribuidas. Para los suelos mejorados, no se precisan frecuentemente cimientos profundos para las cargas puntuales.

Las instalaciones aeroportuarias con sus pistas, parkings, naves y almacenes, constituyen sin lugar a dudas un campo de aplicación posible de los procedimientos de mejora de los suelos cuando así sea necesario.

Travaux de réhabilitation des chaussées aéronautiques de l'aéroport de Cayenne Rochambeau

Afin d'anticiper l'augmentation de trafic dans les dix prochaines années, un renforcement des chaussées aéronautiques de l'aéroport de Rochambeau était nécessaire.

Les travaux, programmés en plusieurs phases, nécessitent la mobilisation d'importants moyens humains et matériels.

Ils se déroulent sous trafic, selon les spécifications techniques en vigueur et dans le respect de règles de sécurité draconiennes.

Ces grands travaux aéroportuaires revêtent une importance vitale pour le développement de la Guyane.

Francis Grass

DIRECTEUR
Groupe Ribal



Philippe Montel

DIRECTEUR DES ÉTUDES
Appia Grands Travaux



Philippe Lemoine

CHEF DU SERVICE MARITIME
FLUVIAL ET AÉROPORTUAIRE
DDE de Guyane

■ PRÉSENTATION DES INFRASTRUCTURES

L'aéroport de Cayenne Rochambeau permet d'accueillir les avions long-courriers qui assurent la liaison avec la métropole et les Antilles, les gros porteurs destinés à l'acheminement des matériels, notamment les satellites du centre spatial guyanais, et les avions militaires fréquentant la base aérienne 367 installée sur la zone aéroportuaire. C'est une infrastructure vitale pour la Guyane car il n'existe aucune plate-forme de substitution, celles des pays voisins n'étant pas accessibles par la route.

Cet aéroport à caractère international comporte les infrastructures suivantes :

- ◆ une piste 08/26 d'une longueur de 3 200 m et de 45 m de largeur. Cette piste est dotée de quatre raquettes de retournement ;
- ◆ plusieurs bretelles (Echo, Charlie, militaires hélicoptères et gros porteurs) ;
- ◆ une aire de stationnement d'aviation commerciale ;
- ◆ une aire de stationnement d'aviation légère ;
- ◆ une aire de stationnement d'aviation générale.

Il a été réalisé à partir d'installations construites par les Américains en 1943 sur des zones marécageuses, rachetées par la France en 1949 et complétées au fil des années. Les derniers travaux de renforcement de la piste ont été effectués en 1991.

■ LA NÉCESSITÉ DE RENFORCEMENT

Les investigations menées par le Service Technique des Bases Aériennes en 2000 et 2001 ont mis en évidence la nécessité de renforcer dans un délai de deux ans l'ensemble des infrastructures aéronautiques (piste, parkings, voies de circulation).

Type d'appareil	Nombre total de mouvements	Masse maxi en tonnes
A 340-200 (décollage)	10 950	257
A 340-200 (atterrissage)	10 950	205
A 320 B (décollage)	3 650	75
A 320 B (atterrissage)	3 650	60
B 737-300 (décollage)	7 300	57
B 737-300 (atterrissage)	7 300	46
B 747 Cargo (décollage)	360	170
B 747 Cargo (atterrissage)	360	300

Tableau I
Données de trafic de l'aéroport de Cayenne Rochambeau

Traffic data for the Cayenne Rochambeau airport

Elles présentent en effet des signes de détérioration (fissures, ornières...) qui leur confèrent des caractéristiques trop faibles pour supporter le trafic des gros porteurs et long-courriers.

Les données de trafic de l'aéroport de Cayenne Rochambeau réalisées par les services de l'Aviation Civile concernant la prochaine décennie sont reportées sur le tableau I.

Les calculs de dimensionnement des chaussées (piste, bretelles et aire de stationnement commerciale) sont effectués d'après le trafic prévisible sur les dix prochaines années.

La répartition des atterrissages et décollages est :

- ◆ 90 % en seuil 08 ;
- ◆ 10 % en seuil 26.

Cette répartition induit un nombre différent de sollicitations de la chaussée suivant les atterrissages, les décollages et la section de chaussée considérée.

Les nombres de mouvements sont donc répartis en trois sections au niveau de la piste par l'existence de deux bretelles d'accès, définissant trois zones différentes de renforcement des chaussées. D'après les hypothèses de trafic établies précédemment, un dimensionnement est effectué afin de déterminer la structure adéquate permettant de recevoir le trafic envisagé pour les dix prochaines

Vue du front de taille en carrière

View of the working face in a quarry



Tableau II
Tableau de financement
en K euros
Cash flow statement
(‘000 euros)

Etat / MOM	Etat / METLTM-DGAC	CCIG	Feder	Total
2 000	6 700	2 650	15 150	26 500

► années. Les structures sont ensuite comparées aux structures en place afin d'évaluer les épaisseurs de renforcement nécessaires.

Le PCN (Pavement Classification Number) est le nombre qui exprime la portance d'une chaussée selon le principe international aéronautique d'ACN-PCN.

Compte tenu de la connaissance des chaussées issue de l'auscultation et de celle du trafic prévu, le PCN est établi soit par un calcul optimisé pour les chaussées correctement dimensionnées, soit par un calcul approché pour les chaussées sous-dimensionnées.

La valeur trouvée est ensuite pondérée par un coefficient en fonction de l'aire aéronautique, soit :

- ◆ 1 pour la piste et les bretelles ;
- ◆ 1,2 pour l'aire de stationnement.

Le renforcement de l'ensemble des chaussées a été réalisé conformément à ces prescriptions techniques internationales par le Service Technique des Bases Aériennes.

■ LE FINANCEMENT ET LA PLANIFICATION DES TRAVAUX

Des interventions urgentes, sous maîtrise d'ouvrage du gestionnaire (la Chambre de Commerce et d'Industrie de la Guyane, la CCIG), ont été menées pour maintenir l'ouverture de l'aéroport au trafic aérien en 2001 (réfection du seuil 08 ainsi que des reprises de surface en 2002 sur le seuil 26 et les bretelles d'accès aux parkings).

Une nouvelle expertise du STBA en 2003 a confirmé ses précédentes conclusions, notamment l'ur-

gence à entreprendre les travaux de renforcement définitifs.

Les travaux de renforcement du seuil 26 et de l'une des bretelles fermées au trafic (bretelles Echo et Alpha) ont été financés en 2003 et les travaux se sont étalés sur 2003 et 2004.

Le CIADT du 18 décembre 2003 a validé le financement nécessaire pour achever l'ensemble des travaux de renforcement des infrastructures aéronautiques, reprenant les conclusions du rapport d'expertise établi par l'ingénieur général J.-D. Blanchet qui avait reçu mission du ministre de l'Équipement de rechercher les solutions adaptées, tant techniques que financières, pour assurer la continuité de l'exploitation de l'aéroport.

Le tableau II illustre le financement.

Sur la base de dossiers techniques établis par la DDE de Guyane et le Service Technique des Bases Aériennes, le gestionnaire de l'aéroport (CCI de Guyane) a accepté d'assurer la maîtrise d'ouvrage de l'ensemble des travaux de renforcement.

Afin d'une part de réaliser des économies d'échelle, d'autre part d'ouvrir la concurrence à des entreprises extérieures à la Guyane, le maître d'ouvrage a lancé en avril 2004 un appel d'offres qui portait sur l'ensemble des travaux restant à réaliser, décomposé en une tranche ferme et deux tranches conditionnelles pour tenir compte de l'échéancier de mise en place des financements.

Un marché a été conclu en août 2004 avec un groupement d'entreprises, Appia Grands Travaux - Colas Guadeloupe - Sodeca - Ribal TP, pour un montant de 21 M euros.

Ces deux groupes, Appia et Colas, principaux acteurs des travaux routiers en Guyane par l'intermédiaire de leurs filiales respectives Sodeca et Ribal TP, ont en effet fait une offre commune pour la réalisation de ce chantier.

Ces travaux d'envergure pour la Guyane se déroulent sous des règles de sécurité draconiennes, avec des moyens humains et matériels importants et en tenant compte des conditions de trafic afin de perturber au minimum l'activité aéroportuaire.

■ LES ACTEURS DU GROUPEMENT

Le groupe Ribal, par l'intermédiaire de sa filiale SCC, dispose sur Cayenne d'une carrière de roche massive de type granitique. Elle assure la fourniture exclusive de tous les granulats nécessaires au chantier.

Appia pour sa part, avec sa filiale Appia Grands Travaux, dispose d'un parc conséquent de moyens de production et de mise en œuvre à grands rendements.

Elle gère ainsi la production et la mise en œuvre des enrobés.

Ribal TP, autre filiale guyanaise du groupe Ribal, et Sodeca, filiale guyanaise d'Appia, assurent les tra-

vaux de terrassement, le stockage des bitumes au port de Degrad des Cannes et la fabrication des émulsions.

De plus, les sociétés Ribal et Sodeca possédant chacune un poste d'enrobage fixe, ces derniers sont maintenus d'astreinte en cas de nécessité afin d'assurer un complément de fabrication.

■ LES TRAVAUX

Le marché se décompose en trois tranches :

◆ **la tranche ferme** : elle comprend la restructuration complète de la bretelle Echo – et d'une partie de la bretelle Alpha –, celle-ci étant fermée à la circulation des gros porteurs pour défaut de structure, ainsi que la réfection de la couche de roulement de l'ensemble des parkings.

Pour la bretelle Echo, après un décaissement complet, la nouvelle structure mise en place est la suivante :

- géotextile anti-contaminant,
- 70 cm de 30/150,
- 50 cm de 0/63,
- 30 cm de 0/31.5,
- 12 cm de grave bitume 0/14,
- 8 cm de BBSG 0/14 en couche de roulement ;

◆ **la tranche conditionnelle 1** : elle consiste dans le renforcement de la piste principale par une structure hydrocarbonée composée d'une couche de liaison de 11 cm en deux couches de BBAD 0/14 de classe 3 (6 + 5 cm) du PM 120 au PM 1826, de 10 cm en deux couches du PM 1826 au PM 2226, de 12 cm en deux couches du PM 2226 au PM 3100 et d'une couche de roulement générale de 8 cm en BBSG 0/14 de classe 3 ;

◆ **la tranche conditionnelle 2** : elle consiste dans le renforcement du seuil 08 et de la raquette de retournement par 11 cm de BBAD 0/14 de classe 3 appliqués en deux couches et 8 cm de BBSG 0/14 de classe 3.

En complément des travaux de chaussées, l'ensemble des balisages diurnes et nocturnes sera mis à niveau.

■ PHASAGE DE RÉALISATION

L'aéroport est desservi quotidiennement par un Airbus A340 ou un Boeing 747 de la compagnie Air France et par plusieurs vols réguliers en provenance des Antilles, du Surinam et du Brésil ainsi que de l'intérieur de la Guyane.

Il sert également de piste militaire, particulièrement utilisée pour la protection des vols d'Ariane.

De ce fait et compte tenu de l'impossibilité de neutraliser de jour les installations aéroportuaires, la quasi-totalité des travaux est réalisée de nuit entre 22h30 et 7h00.

Pour tenir compte de l'ensemble des contraintes



Production de granulats
Aggregate production



Vue générale des installations de concassage de la carrière SCC
General view of the crushing plant for the SCC quarry



Stockage des granulats en carrière
Aggregate storage in the quarry

d'exploitation du site, et afin de profiter au mieux de la saison sèche, le chantier se déroule d'octobre 2004 à décembre 2004 pour la réalisation de la bretelle Echo, d'une partie de la bretelle Alpha et des parkings ; et de juillet 2005 à décembre 2005 pour l'ensemble des autres travaux.

■ LE MATÉRIEL

Afin de répondre aux exigences du marché, le matériel spécifique a été acheminé par voie maritime depuis la métropole pour Appia, et de la Guyane et des Antilles pour Colas :

- ◆ 1 poste TSM 25 senior d'une capacité de 410 t/h à 3 % d'humidité ;
- ◆ 1 chargeur 966 Caterpillar ;

	GB 0/14		BBAD 0/14		BBSG 0/14	
	test e	classe 4 NF P 98-138	test e	classe 3 NF P 98-131	test e	classe 3 NF P 98-130
essai de compactage la PCG NF P 98-252						
* 10 girations	15,2	> 14	14,1	> 10	13,5	> 11
* 100 girations	5,9	≤ 9	5,9	5 ≤ ≤ 9	5	4 ≤ ≤ 9
essai Duriez 18jC NF P 98-251-1						
rapport r/R	0,9	≥ 0.70	0,91	≥ 0.80	0,95	≥ 0.75
essai d'orni rage NF P 98-253-1						
% d'orni res 30 000 cycles	1,9	≤ 10	2,5	≤ 7.5	2,7	≤ 5
% vides	7,2	5 ≤ ≤ 8	6,5	4 ≤ ≤ 7	7,7	5 ≤ ≤ 8
module traction directe MAER						
GPa 15 jC et 0.02s	11	≥ 11	12,38	≥ 8	11,5	≥ 7

Tableau III
Performances obtenues sur l'année 2004

Performance achieved in 2004



Le poste d'enrobés
The asphalt workstation

- ◆ 2 finisseurs ABG 525 avec table fixe de 7 m de large et guidage automatique par DPS;
- ◆ 1 finisseur ABG 325 avec une table de 7 ml;
- ◆ 4 cylindres HD130 ou équivalents;
- ◆ 2 compacteurs à pneu 5 t/R;
- ◆ 2 raboteuses Wirtgen 1500;
- ◆ 1 mini chargeur de chantier;
- ◆ 7 ballons éclairants autonomes avec groupes électrogènes;
- ◆ 1 laboratoire équipé de l'instrumentation pour le contrôle des enrobés.

A noter que le poste TSM 25 qui fonctionne habituellement au fioul lourd, du type TBTS (non disponible en Guyane), fonctionne au kérosène.

LE PERSONNEL

L'importante suractivité générée par le chantier de Rochambeau a conduit à déplacer une part significative du personnel depuis la métropole.

En activité normale, le personnel affecté sur ce chantier représente environ 50 personnes, auxquelles il faut ajouter les 12 à 15 chauffeurs de camions. Le transport est assuré par une entreprise guyanaise.

LES MATIÈRES PREMIÈRES

Les granulats

Tous les granulats nécessaires au chantier sont produits à la carrière SCC du groupe Ribal, qui exploite un gisement sur la montagne des Marin-gouins située sur la commune de Cayenne.

Le processus d'élaboration des granulats comprend les étages primaire, secondaire, tertiaire et quaternaire.

Le primaire avec un débit de 450 t/h permet d'assurer une production d'environ 400 t/jour de sable 0/4, 120 t/jour de gravillon 4/6 et 540 t/jour pour les autres granulats tels que le 6/10 et le 10/14. L'installation est en cours de certification ISO 9001. L'engagement qualité consiste à garantir une production dans le strict respect des fiches techniques produits (F.T.P.) agréées pour le chantier.

Les gravillons sont classés en catégorie B au sens de la norme XPP 18-545, et pour ce chantier, les

granulats répondent à la norme XPP 18-540 suivant les exigences du marché.

La production subit un contrôle rigoureux tant en fabrication qu'à la réception sur l'aire de fabrication des enrobés pour assurer le respect des F.T.P. Les productions sont validées en fabrication et stockées sur des aires spécialement réservées au chantier avant d'être acheminées vers la centrale d'enrobés.

La bonne synergie entre les laboratoires Ribal et Appia assure le respect des engagements qualité.

Les bitumes

Le bitume utilisé pour toutes les formulations d'enrobés est un bitume 35/50 conforme à la NF EN 12-591.

Il s'agit de bitumes provenant des raffineries de l'île de Curaçao dans les Caraïbes ou de Bajo Grande au Venezuela, origines traditionnelles pour la région.

L'additif

Sur la phase 2004, tous les enrobés sont modifiés par des additifs anti-orniérants de type polyéthylène.

Sur la phase 2005, compte tenu des difficultés d'approvisionnement en additif PE, c'est un produit issu du recyclage de câbles industriels qui a permis d'atteindre les spécifications.

LES PRODUITS

Les enrobés

Le squelette minéral de tous les enrobés concernés est intégralement constitué par des granulats de la carrière SCC.

Le bitume 35/50 est dopé dans la masse par un dope d'adhésivité.

Les formulations ont été conçues pour répondre strictement aux critères du CCTP.

Les performances obtenues sur l'année 2004 sont données à titre d'exemple dans le tableau III "Performances obtenues sur l'année 2004".

Ces performances ont été revérifiées pour la phase 2005.

ENROBÉS

Les principales quantités

- GB 0/14 : 3 000 t
- BBAD 0/14 : 52 500 t
- BBSG 0/14 : 41 400 t

Plusieurs laboratoires ont apporté leur expertise à la conception des formulations ; on citera notamment : la section enrobés du Campus scientifique et technique de Colas, le laboratoire central d'Apia.

Une couche d'accrochage spéciale

La couche d'accrochage est réalisée à partir d'une émulsion de bitume 35/50 produite en Guyane par Sodeca. Pour optimiser le délai de rupture de l'émulsion, la répandeuse est équipée d'une troisième rampe permettant de répandre simultanément un additif spécial évitant le collage du film de liant aux pneus des camions, garantissant ainsi à la fois l'intégrité de la couche et la propreté du chantier.

■ ORGANISATION DU CHANTIER – UNE NUIT TYPE SUR LA PISTE

Sous la direction du directeur de travaux et des conducteurs de travaux, le personnel, après contrôle des autorités aéroportuaires, peut accéder au chantier vers 22 heures 30, la piste étant placée sous douane. Il faut compter une demi-heure pour mettre en place l'éclairage de la piste et deux heures pour préparer les engravures de raccordement ainsi que la mise en place des finisseurs et la réalisation de la couche d'accrochage.

La mise en œuvre des enrobés se fait à l'aide de quatre finisseurs par demi-piste.

Les deux finisseurs ABG 525 sont positionnés en avant, l'un dans l'axe de la piste, l'autre en bord extérieur de la couche de roulement. Ils sont équipés de tables doubles tampeurs montées en 7 m. Ces deux machines sont guidées indépendamment en altimétrie par deux systèmes de nivellement de type DPS, assistés par des théodolites motorisés, rattachés à une polygonale de précision.

Pour cela, après levé topographique de la piste, le projet a été digitalisé et introduit dans les consoles embarquées sur les finisseurs ; trois théodolites ont été mis en place : un de chaque côté de la piste pour le guidage des finisseurs, un en arrière pour le contrôle altimétrique.

Le finisseur ABG 325 situé entre les deux finisseurs ABG 525 palpe sur les deux bandes d'enrobés.

Enfin, le dernier finisseur réalise le raccordement sur les bandes latérales anti-souffle.

La première demi-largeur de piste terminée, l'ensemble du matériel est déplacé pour doubler la bande d'enrobés.

Ces moyens mis en place permettent de réaliser environ 200 ml de piste par nuit et par couche. La mise en œuvre se termine vers 5h30. Deux heures sont nécessaires pour le repli du matériel et le nettoyage du chantier.

La remise en service de la piste dès le matin en-



Mise en œuvre des enrobés
Laying asphalt



traîne la réalisation d'importants biseaux de raccordement de la couche d'enrobés suivant une pente maximum de 5/1000. Ces chanfreins sont systématiquement rabotés chaque soir sur toute la largeur de la piste.

■ LES CONTRÔLES

Le groupement dispose d'un laboratoire situé à proximité de la centrale permettant d'effectuer les principaux contrôles de fabrication, de mise en œuvre et de réception des stocks :

- ◆ granulométrie ;
- ◆ extraction par la méthode de Rouen ;
- ◆ identification des bitumes (pénétrabilité, point de ramollissement Bille Anneau et viscosité) ;



Contrôle des granulats en laboratoire

Laboratory testing of aggregates

◆ contrôle des densités en place au gammadensimètre et pesées hydrostatiques sur carotte d'enrobé.

Deux techniciens sont affectés exclusivement au chantier pour la réalisation des essais et le suivi des procédures qualité.

D'autre part, le contrôle extérieur est assuré par le CETE de Rouen pour le compte du maître d'œuvre.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Chambre de Commerce et d'Industrie de la Guyane (CCIG)

Maitre d'œuvre

DDE de Guyane

Entreprises

Appia Grands Travaux - Colas Guadeloupe - Sodeca - Ribal TP

ABSTRACT

Renovation work on airport pavements for the Cayenne Rochambeau airport

Fr. Grass, Ph. Montel, Ph. Lemoine

As an anticipation of the increase in the traffic for the next ten years, a reinforcement of the Rochambeau Airport pavements was necessary.

These works follow a planning based on several phases and involve important human and material means.

They take place without any disturbance to air traffic and under current technical specifications and drastic safety rules.

Great airport works, so important for the French Guyana development.

RESUMEN ESPAÑOL

Obras de rehabilitación de los pavimentos aeronáuticos del aeropuerto de Cayenne Rochambeau

Fr. Grass, Ph. Montel y Ph. Lemoine

Con objeto de tener en cuenta el aumento de tráfico para los diez años venideros, era preciso una consolidación de los pavimentos aeronáuticos del aeropuerto de Rochambeau.

Las obras, programadas en varias etapas, precisan la movilización de importantes medios humanos y materiales.

Estas obras se desarrollan sin necesidad de interrumpir el tráfico rodado, acorde a las especificaciones técnicas vigentes y según el respeto de las reglas drásticas de seguridad.

Estas importantes obras aeroportuarias tienen una importancia vital para el desarrollo de Guyana.

recherche



Prix du Chercheur 2005 de la FNTF

Initié en 2001 par la Fédération nationale des Travaux publics (FNTF), le Prix du Chercheur est destiné à récompenser un ou plusieurs scientifiques confirmés, pour les résultats de leurs recherches directement applicables au secteur des travaux publics et susceptibles d'améliorer la productivité et la performance des entreprises. Les travaux de recherche proposés au jury concernent les procédés de construction ainsi que les matériaux et matériels mis en œuvre.

Prix du Chercheur 2005 de la FNTF. De gauche à droite : François Perret, Paul Acker, Jean-Michel Torrenti, Laetitia D'Aloia, Jean-Luc Clément, Nicolas Roussel, Patrick Bernasconi, Philippe Coussot, Farid Benboudjema, Yves Malier

Cette troisième édition 2005 – le prix est décerné tous les deux ans – perpétue l'objectif de la FNTF de rapprocher le monde des travaux publics et la communauté scientifique du BTP. La cérémonie de remise de prix s'est déroulée le 5 octobre dernier, dans le cadre des GC'2005, les Journées Techniques de l'AFGC (Association française de génie civil) en présence de nombreuses personnalités dont Daniel Tardy, ex-président de la FNTF et initiateur du Prix du Chercheur, Patrick Bernasconi, président de la FNTF, François Vahl, président de la délégation technique de la FNTF, Yves Malier, membre de l'Académie des Technologies et président du jury, François Perret, président de l'AFGC, ainsi que de nombreux scientifiques de tous horizons : écoles, universités, administration et secteur privé.

Dans son allocution d'introduction, **Yves Malier** a souligné la richesse de la communauté scientifique constituée de plus de 1 200 chercheurs : 400 professeurs d'universités et/ou directeurs de recherche type CNRS

ou LCPC, 600 maîtres de conférences et/ou chargés de recherche type CNRS ou LCPC et 250 "docteurs". Il a rappelé que les entreprises, petites et grandes, qui font appel aux chercheurs s'en félicitent. Il a exhorté les entreprises et les bureaux d'études à solliciter bien plus qu'ils ne le font actuellement cet "énorme centre de ressources en matière grise" de manière à optimiser l'adéquation entre l'orientation des recherches et les attentes du terrain. A son tour, **François Vahl** a insisté sur l'importance de développer encore plus la collaboration entre ces chercheurs et les entreprises dont chacun mesure combien elle est de l'intérêt commun. Avant de procéder à la remise de prix, **Patrick Bernasconi** a salué les efforts de la communauté scientifique dans le domaine des TP, en soulignant le rôle de l'innovation et de l'émulation scientifique pour le développement des entreprises et le rayonnement du savoir-faire technologique français dans le monde.

Les deux prix décernés le 5 octobre 2005 concernent la modélisation numérique et l'ingénierie de la



construction, à travers la mise au point d'outils de simulation numérique performants visant à améliorer la qualité des constructions et leur comportement en service.

> Le Prix du Chercheur 2005 a été décerné à :

- **Laetitia D'Aloia, Jean-Luc Clément** : LCPC
- **Farid Benboudjema** : ENS Cachan
- **Jean-Michel Torrenti** : IRSN
- **Paul Acker** : Lafarge

"Modélisation du comportement du béton au jeune âge"

La modélisation des contraintes générées et des risques de fissuration dans le béton au jeune âge (maturité) est un problème industriel majeur lié à des **impératifs de productivité** (nécessité d'une résistance précoce pour une mise en tension de la précontrainte, poussage de l'ouvrage, rotation des coffrages) ou des **contraintes environnementales** (ponts de grande portée, ouvrages massifs). Cette modélisation permet de disposer d'outils d'**expertise** (par exemple pour expliciter les raisons d'un accident sur un chantier), d'aide à la décision (dans le choix d'une formule de béton, du moment du décoffrage...) et de prévision (pour optimiser les cycles de fabrication : température du béton, phasage du coulage, date de décoffrage...). Ces outils ont d'ores et déjà trouvé plusieurs applications telles les viaducs du Piou et de l'Avre, les ponts de Normandie et de Nevers, le synchrotron Soleil, la digue flottante de Monaco, etc.

> Une Mention Spéciale 2005 a été décernée à :

- **Philippe Coussot** : LCPC, ENPC, CNRS
- **Nicolas Roussel** : LCPC

"Caractérisation scientifique des bétons pour leur mise en oeuvre"

Cette étude concerne la mise au point d'un modèle "simple" décrivant la diversité "spectaculaire" des évolutions du comportement d'un matériau cimentaire dans différentes conditions d'écoulement. Les auteurs ont ensuite imaginé une technique pratique de détermination des paramètres du modèle et proposé une série d'applications afin de prédire d'éventuelles difficultés de mise en œuvre du béton (ségrégation des plus gros grains, pression sur les coffrages, coulage en strates...). Ces deux derniers aspects de l'étude laissent présager que "le génie civil pourra bientôt, comme dans d'autres domaines industriels, se doter d'une ingénierie de la mise en œuvre à même de prévoir, dès la phase de conception de l'ouvrage, les difficultés potentielles de réalisation et d'y apporter une réponse".

COMPOSITION DU JURY

- **Yves Malier** (président) : Professeur des Universités, Académie des Technologies
- **François Buyle-Bodin** : DRAST (ministère de l'Équipement)
- **Félix Darve** : Professeur à l'Institut Polytechnique de Grenoble
- **Louis Demilecamps** : Directeur technique, GTM Construction
- **Michel Guérinet** : Directeur scientifique, Eiffage Construction
- **Jean-Pierre Ollivier** : Professeur INSA - Toulouse, président de l'AUGC
- **Jean-Claude Pauc** : Directeur du SETRA
- **Charles-Etienne Perrier** : Directeur technique, Bouygues TP
- **Rémy Pochat** : Directeur scientifique du LCPC
- **François Vahl** : Président de la Délégation technique de la FNTP

A noter que dorénavant le **Prix du Chercheur** de la FNTP sera organisé **les années paires**, la prochaine édition étant programmée en 2006.



Patrick Bernasconi,
président
de la FNTP, remet
les Prix
du Chercheur 2005