

## EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne)

Faculté ENAC (Environnement Naturel, Architectural et Construit)  
Section de Génie Civil – volée 2003

Voyage d'études au Brésil du 1er au 17.03.2002  
sous la direction du Professeur Eugen Brühwiler



Il est des destinations qui font rêver de par leur nom. Le Brésil en est un bon exemple. Est-ce pour cela que la classe de 4<sup>ème</sup> année de Génie Civil a choisi ce pays de manière à clore ses études ? Probablement, certainement même ...

La volée 2003 de Génie Civil a tenu autant que possible à éviter le circuit touristique classique. Elle s'est d'ailleurs attachée les services d'une agence de voyages spécialisée sur le Brésil à Lausanne: PROMOBRAS, laquelle privilégie le voyage à la carte.

Deux semaines qui ont été divisées de manière à regrouper les visites techniques et culturelles.

### Mégapole et ingénierie



Notre première destination fut São Paulo, agglomération d'environ 20 millions d'habitants, où les deux jours du week-end auront servi à nous imprégner de l'ambiance et de l'offre culturelle de cette mégapole également appelée le "New York de l'Amérique latine". Urbanisation chaotique et verticalisation, telles sont les images qui resteront gravées dans nos esprits. Par la suite, la visite des chantiers d'extension du réseau métropolitain ainsi que d'une usine de traitement des eaux potables (la plus grande au monde, puisqu'elle fournit de l'eau pour plus de 9 millions de personnes), nous auront permis de mieux cerner le quotidien de l'ingénieur civil local. En effet, les dimensions, les préoccupations et les contraintes qu'elles soient politiques, sociales ou même techniques, y rendent notre profession d'autant plus passionnante.

## La ville fonctionnelle



A une heure et demie d'avion, Brasília, capitale du pays, la réalité est tout autre. L'impression est bizarre, la ville est tout d'abord repoussante, sans âme, puisque complètement fonctionnelle et administrative, la priorité est donnée à la voiture, le piéton n'y trouve pas sa place. Puis, à force de déambuler sur ces immenses avenues sous un soleil écrasant, on essaie de comprendre ce qui a motivé des hommes à construire une ville totalement artificielle en moins de cinq ans. Ville imaginée par le président Juscelino Kubitschek en 1956, aménagée par l'urbaniste Lucio Costa et embellie par les œuvres de l'architecte Oscar Niemeyer, véritable "poète" de structures en béton armé. Aujourd'hui, afin de redonner du prestige à la ville, la construction d'un pont spectaculaire traversant le lac artificiel Paranoá a été décidée. Une visite technique s'y imposait donc.

## Rio la merveilleuse



Comment aller au Brésil sans s'arrêter à Rio de Janeiro, la merveilleuse, comme on la nomme au Brésil. L'atmosphère est tout autre, le paysage, le bruit, les gens (les Cariocas). Rio est une ville de contraste où se mêlent richesse et pauvreté, grandeur et décadence. Les favelas côtoient les plus beaux hôtels. Nous nous rendons d'ailleurs à Copacabana, endroit où Oscar Niemeyer, 94 ans, a accepté de nous consacrer quelques minutes de sa grande vie d'architecte. La rencontre, dans un loft au dernier étage d'un magnifique immeuble "art déco" du bout de la plus célèbre plage du monde est impressionnante. D'autant plus que le maître nous fait grâce d'un petit cours ex-cathedra, qui sûrement fera des envieux parmi nos collègues architectes. Quelques coups de crayon et quelques explications (en français) plus tard, après avoir récupéré les précieux documents, nous nous en allons avec la certitude d'avoir rencontré l'un des créateurs les plus innovants du siècle dernier. Eric Cosandey



## São Paulo



Les chiffres qui caractérisent cette mégalopole sont certes impressionnants, mais sont loin d'être suffisants pour exprimer tout ce que l'on ressent à São Paulo.

Cette ville semble dépassée par les événements, victime de sa grandeur. Elle est vivante, respire ! Elle est tantôt rassurante, tantôt inquiétante. Elle conjugue le meilleur avec le moins bon. C'est sans doute la ville la plus paradoxale de tout notre voyage. Aux derniers immeubles en verre des grands groupes économiques mondiaux jouxent tantôt une maison de style portugais, tantôt un centre commercial. Là-bas, les constructions ne sont pas ordonnées. On a tout et n'importe quoi à chaque coin de rue. Si c'est une ville gigantesque, il n'y a pourtant pas de gratte-ciel d'une centaine d'étages comme dans certaines villes des Etats-Unis ou d'Asie. Les bâtiments d'une quinzaine d'étages sont dominants, et il est impossible de se repérer dans cette forêt d'immeubles. On ne distingue pas de structure, on dirait qu'ils poussent comme des champignons après la pluie. Après une pluie tropicale bien sûr, aussi puissante que courte, à affoler toute courbe IDF. Notre formation d'ingénieur nous apprend à affronter les problèmes intrinsèques à la construction et à l'exploitation de systèmes civils les plus variés. Pourtant, devant le gigantisme de cette ville, de ce monstre, on ne peut que se demander comment fonctionnent les choses les plus banales chez nous.

Par exemple:

- Comment permettre une alimentation en eau potable (de qualité) pour tous ?
- Comment régler la problématique des transports en commun, aussi bien l'exploitation que l'extension des différents réseaux ?
- Comment assurer la durabilité de la quantité incroyable d'ouvrages, de bâtiments, de routes ?
- Comment gérer la circulation aérienne avec un tel trafic ?

La liste est encore longue et chacun d'entre nous sera encore interpellé pour un bon moment ...

Toutes ces questions ne sont pas restées sans réponse. Nous avons visité la plus grande station de traitement d'eau potable au monde ainsi qu'une future ligne du métro paulistain.

Cette façon "professionnelle" de découvrir São Paulo ne suffit pas non plus pour la caractériser. Si São Paulo est considérée comme étant la capitale économique de l'Amérique du Sud, elle offre tout ce qui est possible et imaginable pour celui qui recherche tant la culture que les distractions. Elle est notamment connue pour ses expositions, ses musées et ses nombreux clubs de football.

Dans ce registre, nous avons visité le MASP, le Mémorial de l'Amérique latine, un jardin botanique et assisté à un match de foot. Le Brésil ne serait pas le Brésil sans le football !  
Cédric Vuilleumier

### Visite du MASP (Musée d'Art de São Paulo)



La structure porteuse du musée est assez particulière. La dalle du bâtiment est suspendue par des tirants fixés à deux cadres en béton armé d'une section importante. De ce fait, il n'y a pas de colonnes qui atteignent le sol. La dalle nous donne l'impression d'avoir une immense flèche. Heureusement ... ce n'est qu'une illusion d'optique (la portée des cadres est d'une quarantaine de mètres). Le MASP est considéré comme le musée d'art le plus important d'Amérique latine. C'est surtout l'exposition permanente au 2ème étage composée d'une centaine d'oeuvres (de la Renaissance jusqu'à l'Impressionnisme) qui est connue mondialement. On y trouve des tableaux de Rafael, Tizian, Cranach, Rembrandt, Velázquez, Goya, Monet, Renoir, Cézanne, Van Gogh, Gauguin et Toulouse Lautrec.

Au sous-sol du musée, il y avait une exposition consacrée au héros national du Brésil, Edson Arantes do Nascimento, plus connu sous le nom de Pelé. Des films, des diapositives, des trophées ou encore des maillots de foot, nous ont fait revivre les moments historiques du foot brésilien. C'était vraiment une bonne préparation pour le match de football qui suivit l'après-midi ...  
Pierre-Alain Mange

### Visite du métro



La mobilité dans une ville aussi grande que São Paulo est loin d'être un problème simple. Actuellement, les transports publics sont présents sous forme de bus et de trois lignes de métro. Cette offre n'étant pas adaptée à la demande future de mobilité à l'intérieur de la ville, il existe un projet prévoyant la construction de trois nouvelles lignes de métro ainsi que l'amélioration d'une ligne existante.

La possibilité de participer à une présentation de ce projet était une occasion à ne pas manquer. Les différentes facettes du génie civil sont représentées dans ce projet. En effet, il s'agit d'une part d'un problème lié aux transports et, d'autre part, d'un problème très vaste lié à la construction même des ouvrages et des aménagements. Ces différents aspects ont été présentés lors de la visite, ce qui n'a pas manqué d'intéresser les étudiants ingénieurs.

Une partie du projet étant déjà achevée, et une autre en construction, la visite s'est concentrée premièrement sur une station terminée et ensuite sur le chantier d'une ligne et notamment la construction d'une station et d'un pont haubané.

Corine Astori

## Visite de la centrale de traitement des eaux de la Cantareira



A l'heure actuelle, l'eau potable de la région de São Paulo provient de deux systèmes de lacs artificiels situés dans les environs. Il faut savoir que cette région comporte 39 municipalités et une population d'environ 18 millions d'habitants. Donc, un seul de ces systèmes fournit de l'eau pour quelque 9 millions de personnes. Ceci représente un énorme défi, aussi bien en ce qui concerne la gestion, que la mise à disposition d'une infrastructure adéquate. La forte croissance démographique et l'énorme immigration provenant du Nord-Est du pays ne font qu'augmenter les problèmes.

Nous avons eu l'occasion, lors d'une visite guidée, de faire connaissance avec le Cantareira System. Celui-ci a été implanté en 1966 dans les montagnes de la Cantareira, au nord de la ville.

Il comporte:

- 6 réservoirs de 1.5\*10 puissance 9 m<sup>3</sup>;
- une station de pompage avec un débit de 33 m<sup>3</sup>/s;
- 48 km de tunnels et canaux;
- une station de traitement des eaux.



Au vu de ces dimensions, le système est l'un des plus grands au monde et certainement le plus grand d'Amérique latine. Les réservoirs sont situés à différentes altitudes et l'alimentation de la station de traitement des eaux se fait par pompage. De là, l'eau s'écoule par gravité jusqu'aux consommateurs. Cette première étape de la distribution fonctionne assez bien. Selon les informations des services responsables de la gestion, le souci principal est la matière première, à savoir: la pluie. En effet, la ville de São Paulo a connu de sérieuses pénuries en eau de pluie ces dernières années.

Une autre des préoccupations principales des exploitants concerne la distribution. Aujourd'hui, on compte 200 litres d'eau par jour et par habitant (en Suisse, on admet généralement 500 l/j hab.). Cette valeur inclut les pertes par fuites sur le réseau, les prélèvements illégaux (fréquents dans les favelas) et les autres utilisations non comptabilisées et donc non facturées. L'objectif des services de la gestion est de descendre la consommation de 200 à 140 l/j hab. Cette politique est tout d'abord surprenante, car au lieu d'augmenter la quantité d'eau mise à disposition du consommateur, on veut la diminuer. Mais, en fait, il s'agit plutôt de limiter les pertes (gaspillage) et les prélèvements illégaux, afin que l'eau sortant de la station de traitement arrive effectivement au consommateur et que ce dernier en paie le prix effectif. D'ailleurs, le prix du m<sup>3</sup> fait intégralement partie de la politique de gestion. Ceci est d'autant plus important que la majeure partie de la population n'a que peu de moyens financiers.

La première partie de la visite était consacrée à la station de traitement des eaux de Guaraú. Celle-ci a été construite dans la fin des années 60 et a subi différentes améliorations et modernisations au cours du temps. Cependant, le concept général demeure inchangé. L'eau pompée dans les lacs s'accumule dans un bassin de stockage. Elle contient des particules solides en suspension et des

composés chimiques en solution. L'eau est répartie sur 6 chaînes de traitement en parallèle.

La première action consiste à mettre l'eau en contact avec un précipitant, en l'occurrence de l'aluminio-sulfate. En même temps, on y ajoute les boues décantées et filtrées des prochaines étapes afin d'augmenter la densité des flocculants en suspension. Des flocculateurs garantissent un bon brassage de l'eau à traiter avec les composés chimiques. Les boues formées sont décantées et recyclées dans d'énormes décanteurs circulaires de 5'800 m<sup>2</sup>. Seule une petite partie (le surplus) des boues est extraite, séchée et utilisée comme fertilisant.

L'étape suivante consiste à filtrer les eaux décantées par des filtres de volume (charbon actif et sable). Les 48 filtres sont connectés entre eux afin de former un bloc unique dans le traitement. Ainsi, si un décanteur tombe en panne, les filtres qui suivent sont fonctionnels. Le lavage périodique des filtres se fait en contre-courant, via une succession d'air en pression et d'eau. Cette dernière est réutilisée au début du traitement et est ainsi recyclée. L'eau sortant des filtres ne contient à priori plus de matières en solution ou suspension et peut ainsi être distribuée sans autre après désinfection au chlore.

Une fois la visite de la centrale de traitement terminée, et après un bon repas mineiro dans un restaurant sympathique en dehors de la ville, le groupe s'est rendu en bus dans les montagnes afin de visiter les barrages et la station de pompage. Les barrages sont faits de remblais et barrent des cours d'eau naturels. La station de pompage se situe, quant à elle, à une profondeur de 60 mètres sous terre, à l'intérieur d'une énorme caverne. Quatre pompes fournissent un débit de 33 m<sup>3</sup>/s et permettent de monter l'eau 120 mètres plus haut.



Au vu de la taille et des dimensions des ouvrages visités, il est possible de se faire une idée des énormes problèmes que la ville de São Paulo rencontre et rencontrera dans le domaine de l'approvisionnement en eau potable. Les services responsables semblent être peu concernés par la vulnérabilité de leur système. D'ailleurs, beaucoup de travail reste à fournir dans ce domaine. Urs Wyss

## **Brasília**



Célèbre dans le monde entier pour la légèreté de son architecture et l'audace de son tracé urbain, la ville de Brasília, dont l'histoire compte à peine plus de quarante ans, a déjà réussi à se faire classer par l'UNESCO, comme l'un des monuments du patrimoine culturel de l'humanité. Par ailleurs, elle continue d'attirer de nombreux touristes qui y viennent de tous les coins du monde pour voir comment se présente la vie de tous les jours dans une ville érigée comme un centre administratif et politique où se décide le sort de tout le Brésil.

En effet, au fur et à mesure de la visite des principaux bâtiments de la capitale, tels que la Cathédrale, le Parlement, le monument dédié aux Martyrs brésiliens, et bien d'autres, les commentaires des étudiants venaient grossir le débat: "Comment considérer et comment vivre dans cette ville ayant

l'automobile pour échelle et un dessin des routes si défini et espacé qu'elle semblait y perdre toute chaleur et convivialité ?".

Mitigés quant à ce que la ville peut offrir comme distractions, les étudiants en n'ont pas moins été charmés par l'élégance des structures courbes d'Oscar Niemeyer. Ils ont trouvé dans l'audace de certaines formes des illustrations magnifiques de leurs cours.

Mamba Kalubi

### Visite du chantier de la construction du 3ème Pont du Lac Sud



La deuxième journée passée à Brasília fut consacrée à la visite du 3ème Pont du Lac Sud, qui était alors en construction. Ce pont, comme son nom l'indique, permettra la traversée du Lac Sud (ou Paranoá), économisant ainsi aux usagers un long détour pour passer d'une rive à l'autre, et donc de relier aisément la campagne à la ville. L'ouvrage est constitué d'un tablier, passant au travers des trois arcs reprenant sa charge.

Après la présentation du pont et de ses spécificités par ses concepteurs, il en ressort que le pont est d'une qualité esthétique remarquable, mais présente des erreurs au niveau de la conception, ce qui reflète tout à fait le côté "tape à l'œil" de l'ouvrage. En effet, celui-ci est destiné à impressionner l'observateur et à constituer un emblème pour la ville. Cet aspect fut malheureusement prédominant sur les aspects structurels et économiques.

Afin de pouvoir observer l'ouvrage de plus près, la visite s'est terminée par un tour en bateau, en compagnie du gouverneur du District Fédéral et de l'Ambassadeur de Suisse au Brésil.

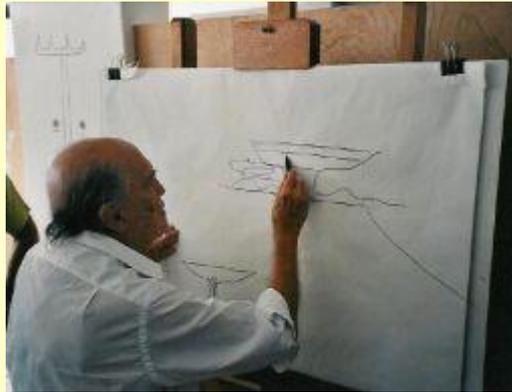
Jürg Hegner

### Rencontre avec Oscar Niemeyer



C'est dans un immeuble situé à environ 500 m. de notre hôtel que se trouve le bureau de l'architecte Oscar Niemeyer. Magnifiquement situé, cet atelier donne directement sur la plage de Copacabana. Depuis le dernier étage, desservi par l'ascenseur, un escalier exigu nous amène directement dans le bureau du plus célèbre architecte brésilien. La luminosité du lieu est impressionnante, une grande surface vitrée laisse le soleil de Rio envahir la pièce. Après un entretien accordé au professeur Brühwiler, Oscar Niemeyer apparaît pour nous parler de ses motivations, de sa philosophie et, bien sûr, de son œuvre. L'exposé durera environ 1 heure pendant laquelle nous pourrons découvrir la quantité de projets anciens, mais également futurs sur lesquels il travaille. Le plus frappant ? Le dynamisme qu'il affiche à son âge (94 ans !), ça laisse rêveur ! Il ressort de la visite le sentiment d'avoir rencontré un personnage marquant de l'architecture mondiale, mais surtout un discours de tolérance et de grande humilité.

Fabien Héritier



## Cabo Frio



Pour le dernier quart du voyage, il a été décidé de quitter les mégapoles afin d'avoir une idée du Brésil en dehors des villes mondialement connues visitées jusqu'alors.

Le choix de notre dernière destination s'est porté sur Cabo Frio, petite ville d'une quarantaine de milliers d'habitants située à 150 km. au nord de Rio de Janeiro.

Le voyage en car nous permet de mieux appréhender la topographie et la végétation présentes dans cette partie du pays. Cependant, plus que le paysage, bien que magnifique, c'est la disparité entre ville et campagne qui marque les esprits. Après l'immensité de São Paulo, la démesure urbanistico-architecturale et le sentiment irréel laissé par Rio de Janeiro, tout nous semble beaucoup plus calme. Ce sentiment se confirme lorsque nous pénétrons dans Cabo Frio. Les bâtiments les plus hauts ne dépassent pas quatre ou cinq étages, les rues sont pavées, les carrefours à feux quasiment inexistant.

Les quelques jours passés dans la région nous permettent de mesurer la beauté du littoral et également la forte urbanisation due en grande partie à l'attrait touristique de cette partie de la côte. Les vagues imposantes attirant de nombreux surfers, mais également la proximité de la ville de Búzios, sorte de Saint Tropez brésilien, entraînent en effet une importante demande d'hôtels et autres résidences secondaires de la part des habitants de Rio ou d'autres grandes villes du sud-est brésilien.

La région est également connue pour l'exploitation de nombreuses salines. On en voit, en effet, un peu partout le long des routes. Il s'agit, en fait, de marais salants où l'on récupère le sel après évaporation de l'eau de mer.



### **Un court aperçu**

Notre escapade hors des grandes villes nous a permis de nous rendre compte, si besoin était, que le Brésil n'est pas uniquement constitué de métropoles touristiques et que, pour s'imprégner de la culture brésilienne –ou faudrait-il dire des cultures brésiliennes ?- il est indispensable de sortir des parcours touristiques.

Il est alors difficile de dire que nous avons visité le Brésil. Nous en avons vu les aspects les plus "européens", les plus proches de notre culture occidentale. Loin d'être négatif, un tel constat permet de lancer une réflexion, différente chez chacun, sur la possibilité de travailler en dehors de la Suisse et de l'Europe et, à plus large échelle, de l'importance que devrait prendre la coopération dans notre domaine d'activité.

En définitive, ce voyage a été, pour chacun des participants, bien plus qu'une suite de visites ordinaires. Il a été un réel apprentissage tant du point de vue technique -en voyant comment est organisé le travail en dehors de l'Europe occidentale- que sociétal et humain.

Le contenu de ces textes est de la responsabilité de leurs auteurs.

