

PROJET CANOPEE

Couvertures d'infrastructures de transport en milieu urbain

Recherche collaborative pluridisciplinaire – 2012 à 2015

Programme ANR « Bâtiments et Villes Durables »



PROJET CANOPEE

Au départ : un objet de génie civil urbain non identifié

Démarche : approche systémique et pluridisciplinaire

5 axes de travail = 5 tâches

Tâche 1 : Recherche et compilation des études et projets antérieurs – Analyse et synthèse de la documentation réunie (EIVP)

Tâche 2 : Analyse et Evaluation des enjeux et des montages juridiques pour ces opérations (UPE Créteil)

Tâche 3 : Analyse organisationnelle du pilotage des projets (UPE Marne la Vallée)

Tâche 4 : Mise au point d'outils de diagnostic et d'évaluation (UPE Marne la Vallée)

Tâche 5 : Approche globale et innovante de la conception technique et de la réalisation des couvertures (EGIS – ARCADIS - TECOMAH)

Coordination et Mémoire de synthèse (ARCADIS)



Ville 10D – Journée d'échanges : penser la ville avec son sous-sol – 2 février 2016 - Paris

RELATION CANOPEE – VILLE 10D

Pas de relations statutaires mais échanges, notamment au cours du séminaire de mi-parcours de Canopée le 5 novembre 2013

Participation du CETU au groupement, en tant que conseil.

Le travail de Canopée s'est focalisé avant tout sur ce qui se passe au dessus et aux abords de la couverture, sur les fonctions de protection contre les nuisances générées par les infrastructures de transport et sur la restauration de la continuité urbaine. La tâche 5 a toutefois abordé de façon approfondie la relation « dessus-dessous », entre l'infrastructure et les aménagements de surface.

En résumé : deux projets connexes et complémentaires



Ville 10D – Journée d'échanges : penser la ville avec son sous-sol – 2 février 2016 - Paris

LES GRANDES INFRASTRUCTURES ET LA VILLE

CONTEXTE HISTORIQUE



Ville 10D – Journée d'échanges : penser la ville avec son sous-sol – 2 février 2016 - Paris

Contexte historique

19^{ème} Siècle : les chemins de fer

« La loi du 11 juin 1842 organise le réseau des chemins de fer français (...) la Chambre adopte le système de réseau étoilé avec Paris comme centre de toutes les lignes (...) Paris, capitale économique encore régionale, se transforme en capitale économique à l'échelon national. Les pouvoirs publics ont très vite conscience de l'importance cruciale que revêt l'implantation des gares dans Paris. Deux points de vue s'affrontent : les compagnies veulent concentrer tout le trafic parisien dans deux gares : Austerlitz sur la rive gauche et St Lazare sur la rive droite; les frères Péreire proposent même la centralisation de toutes les gares parisiennes en une gare unique au Nord-Ouest de Paris. Peu enclins (...) à prendre des décisions qui pourraient bouleverser la géographie urbaine de Paris (...) le 29 juin 1844 le Conseil Municipal prend parti pour la multiplicité des gares et demande que celles-ci soient situées le plus près possible du fleuve. De cette répartition équilibrée des gares le Conseil escompte le développement harmonieux des quartiers(...) En 1846 toutes les gares de grandes lignes sont construites... »

(Evolution de la géographie industrielle de Paris et de sa proche banlieue au XIX^{ème} Siècle – Maurice Daumas et Jacques Payen – CHDT/CNAM – Paris 1976)

Contexte historique

19^{ème} Siècle : les chemins de fer

« (...) Paris est sillonné, **structuré**, remodelé par les réseaux et les grandes percées qui ouvrent dans la cité de profondes tranchées. **Ces coupures - qui sont aussi des blessures** – constituent des **liaisons** en même temps qu’elles créent des **obstacles** entre les différents quartiers de la ville. A l’extrémité des lignes, les gares, qui remplacent les embarcadères, ne cessent de se transformer et de changer de place (...) Ces gares, ces voies, les ponts qui les franchissent, les feux et les convois forment **d’admirables paysages urbains** – celui que l’on découvre du Pont de l’Europe, celui regardant de la Rue Lafayette vers la Gare de l’Est – qui tout autant que l’Opéra Garnier, les parcs et les squares, les alignements Haussmanniens, font de Paris « la capitale du XIX^{ème} siècle »! Ne les considérons donc pas comme **des plaies honteuses** qui demandent à être pansées – couvrir les voies, installer d’aimables « espaces verts » - mais magnifions les comme **un des plus beaux et glorieux et poétiques héritages de la civilisation industrielle ... »**

(Henri Loyrette, introduction à « Paris et ses chemins de fer », sous la direction de Karen Bowie et Simon Texier. Ed Action Artistique de la Ville de Paris, 2003)

Contexte historique

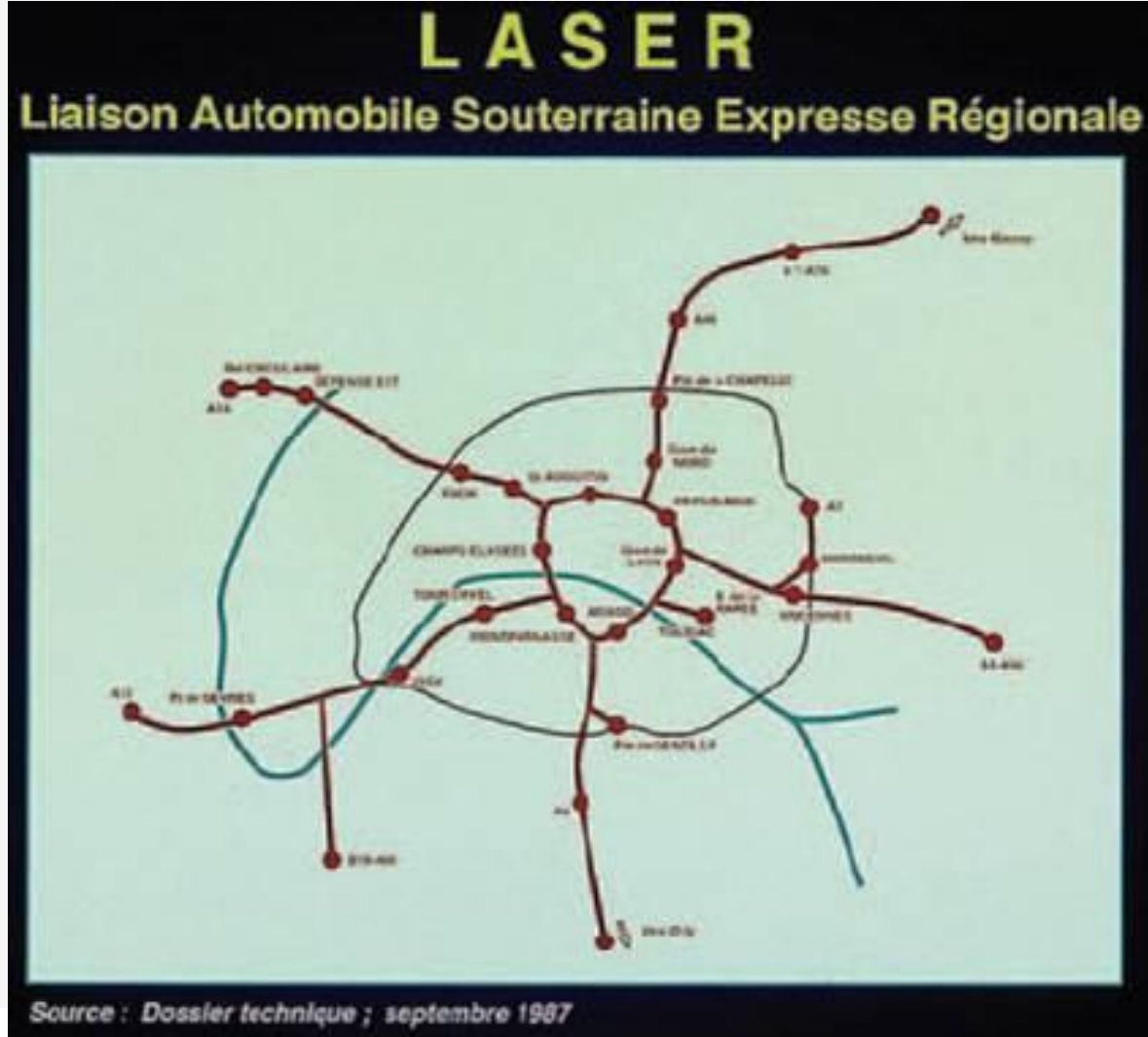
20^{ème} siècle les autoroutes

- **Construction du Boulevard Périphérique entre 1956 et 1973, sur l'emplacement de l'enceinte de Thiers**
- **Construction de la voie Georges Pompidou entre 1966 et 1976**
- **Plan autoroutier pour Paris (1960)**



Contexte historique

20ème siècle : les autoroutes



Couvrir

Saint Denis A1



Couvrir / Enterrer
Boston I-93 Avant



Couvrir / Enterrer
Boston Après le 'Big Dig'



Reconvertir

Portland [Oregon] : Harbor Drive. **Années 1960**



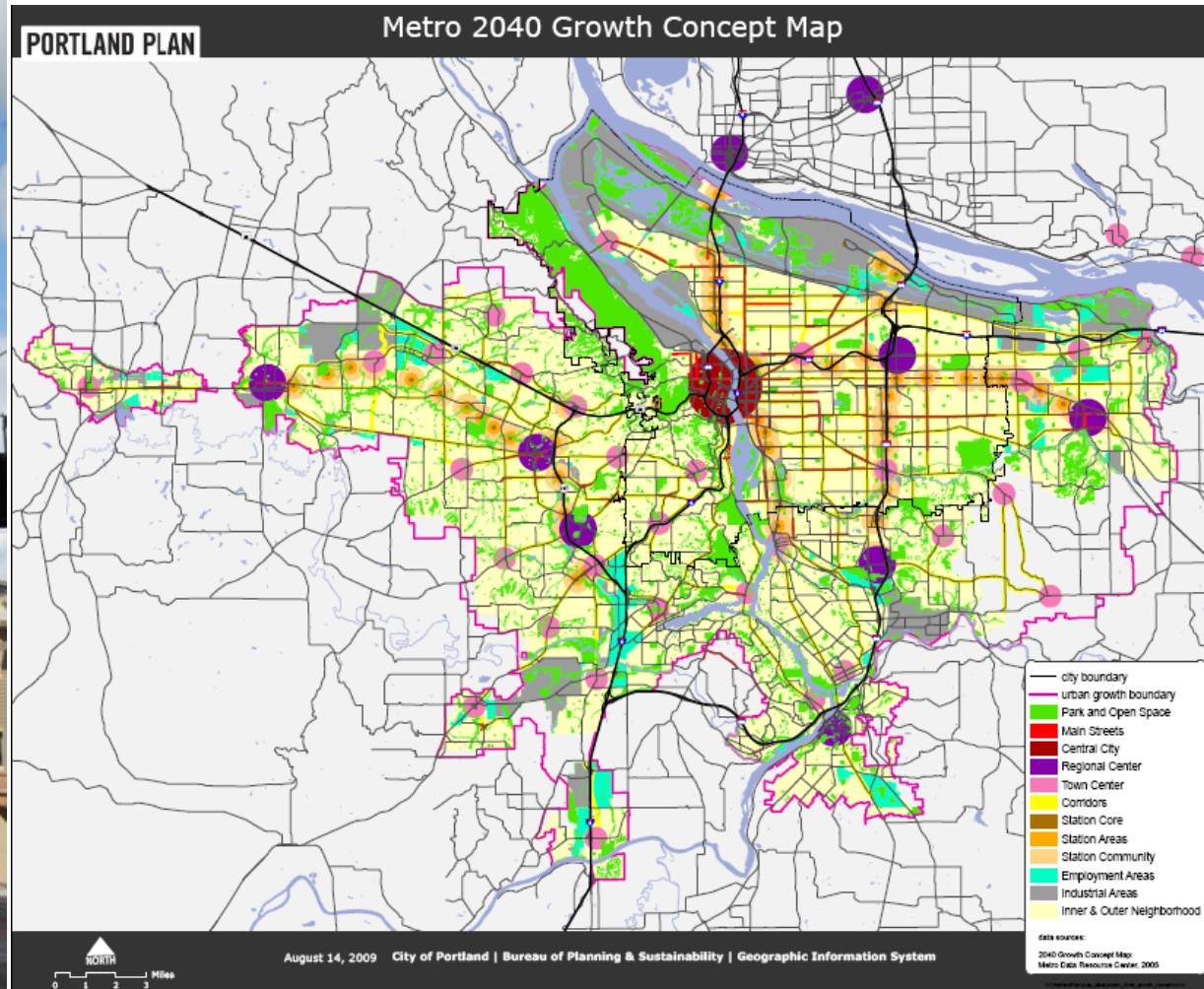
Reconvertir
Portland : Harbor Drive. **Aujourd'hui**



Reconvertir Portland: réorientation stratégique

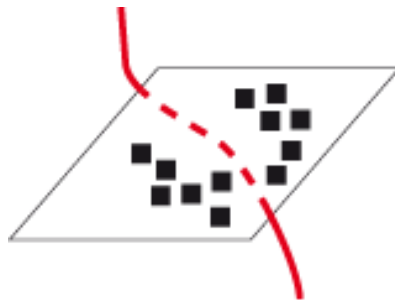


Photo P. Lacroart IAU

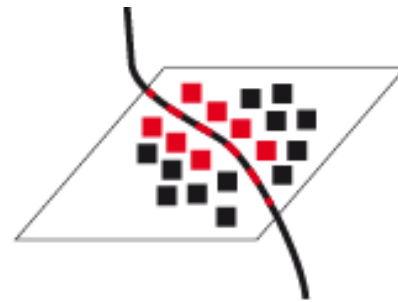


Tâche 1 : Etat de l'art et typologie des opérations de couverture

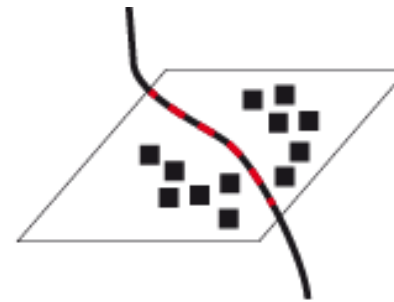
Typologie : dimension opérationnelle



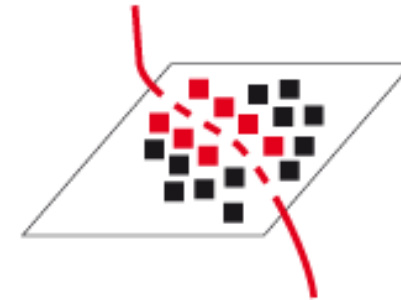
*Développement
d'infrastructure*



*Opération
urbaine*



*Opération de
réparation*

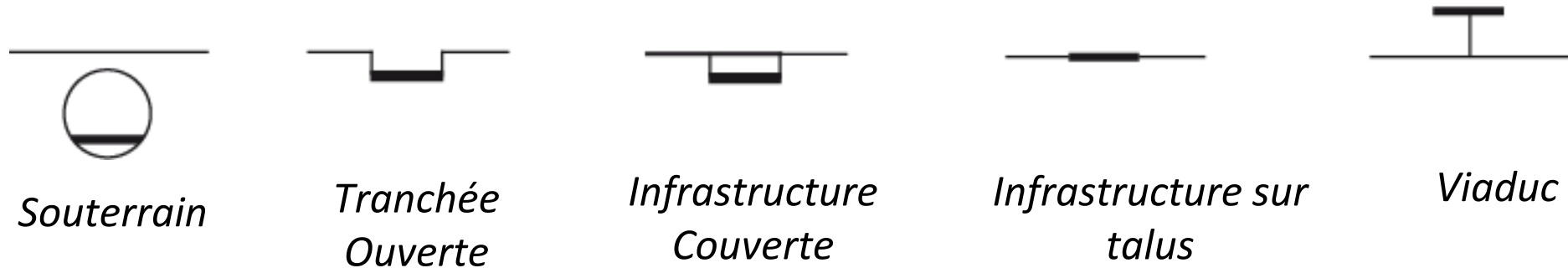


*Opération
« intégrée »*

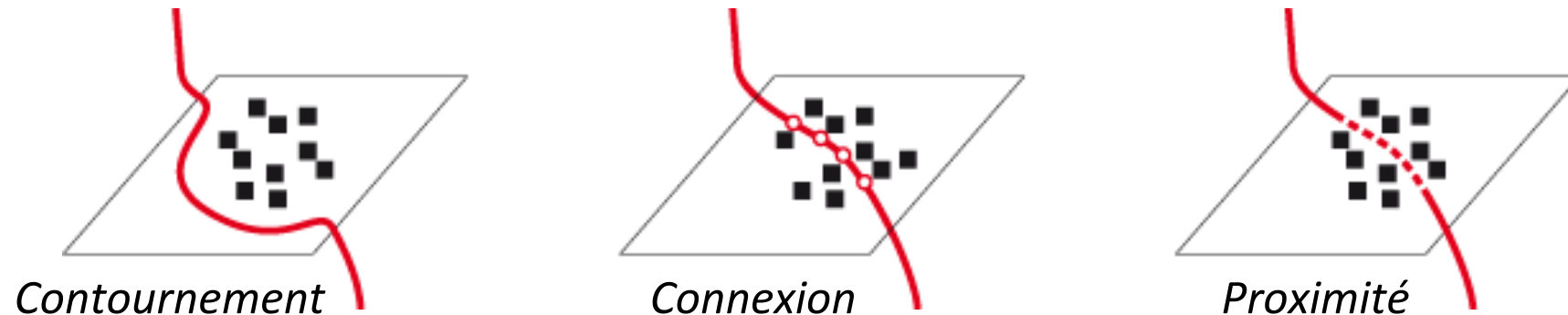
Tâche 1 : Etat de l'art et typologie des opérations de couverture

Typologie : dimension spatiale

Relation de l'infrastructure au sol urbain



Relation de l'infrastructure à l'agglomération



Tâche 2 : Aspects juridiques: la question de la propriété

En droit français, la propriété du sol implique la propriété du dessus et celle du dessous (C. civil, article 552).

La règle vaut pour la propriété des personnes privées comme pour celle des personnes publiques .

En d'autres termes, le fait de construire au-dessus ou en-dessous d'une propriété suppose nécessairement un accord du propriétaire concerné, puisqu'il s'agit d'un démembrement de sa propre propriété.

La création d'une couverture peut nécessiter une division en volumes, dans le cas où les propriétaire du dessus est différent du propriétaire du dessous. Le fait que l'infrastructure appartienne au domaine public ne s'oppose pas à cette division en volumes



Aspects juridiques: les options contractuelles

S'agissant du choix du modèle contractuel, il existe plusieurs possibilités selon l'ampleur de l'opération et le souhait de la collectivité d'être plus ou moins directement associée.

Si l'opération n'implique pas l'aménagement d'un espace, mais seulement la réalisation d'une couverture, la solution du marché public à maîtrise d'ouvrage publique paraît la plus adaptée.

Si l'opération s'inscrit dans un projet plus général et implique la réalisation d'équipements publics, la viabilisation de certains espaces, la réalisation de logements, de bureaux ..., la concession d'aménagement est le modèle contractuel permettant le mieux de répondre aux besoins de la collectivité publique.

Tâche 3 : Gouvernance et jeux d'acteurs

Notre questionnement :

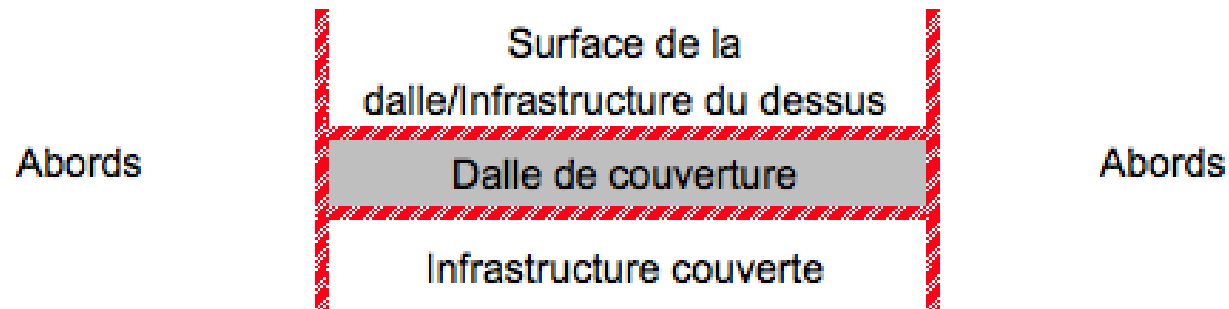
Comment s'organise le pilotage des projets de couverture d'infrastructure?

Hypothèse centrale :

Les enjeux et les problèmes de pilotage de ces projets se situent aux interfaces entre la couverture, l'infrastructure de transport, et l'aménagement urbain.

Deux axes du travail de recherche :

- 1/ Décrire les interdépendances entre l'infrastructure, la couverture et le projet urbain.
- 2/ Comprendre comment les acteurs se coordonnent dans ces situations d'interdépendances très fortes.



Interfaces où se jouent les interdépendances dans le système de couverture

Comparaison de cinq études de cas:

1. Paris Rive Gauche (France) : couverture de voies ferrées et création d'un nouveau quartier à Paris
2. Euromed (France) : enfouissement de l'autoroute et réhabilitation du quartier de l'arrière port à Marseille.
3. RER de Bruxelles (Belgique) : couverture de portions du réseau ferroviaire régional métropolitain.
4. Genevilliers (France) : couverture de l'autoroute pour réduire les nuisances.
5. Kombilösung à Karlsruhe (Allemagne) : couverture d'une voie rapide et amélioration du réseau de tramway

Cas 1 : Paris Rive Gauche, la couverture des voies ferrées au cœur d'un nouvel ensemble urbain.



Couverture due de dessous, quartier Austerlitz- Source : SEMAPA

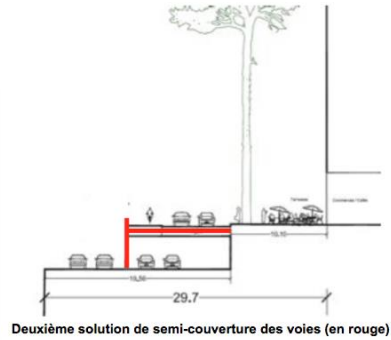
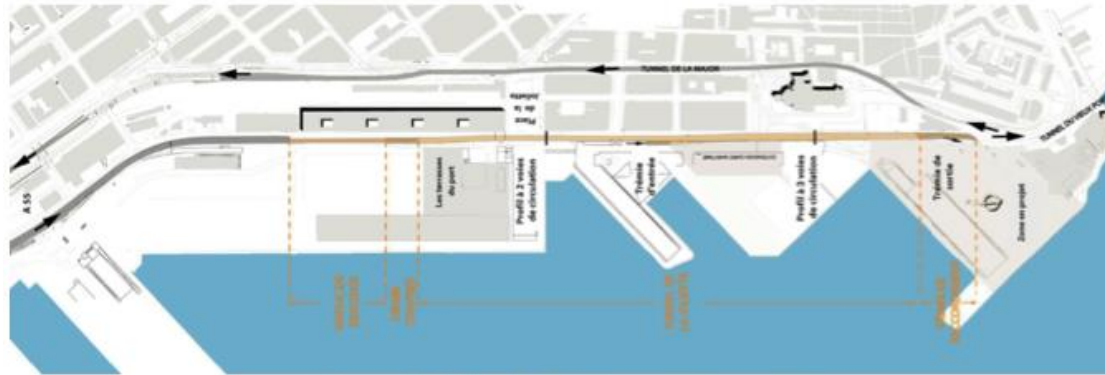


Coupe de l'îlot M7 dans la ZAC Massena - Source : SEMAPA



Nouvelles constructions sur la dalle de couverture - Source : SEMAPA

Cas 2 : Euromed 1 & 2 à Marseille, l'enfouissement de l'autoroute comme élément structurant d'un vaste projet d'aménagement urbain.



Deuxième solution de semi-couverture des voies (en rouge)



Euromed2 : le projet de semi-enfouissement de l'A55 et de future Corniche (Source : [Euromed](#))



Périmètre de la ZAC Littoral – Source [Euromed](#)

Cas 3 : le RER de Bruxelles, des couvertures qui facilitent le projet d'infrastructure.



Plan du RER (Source : Infrabel)



Travaux de couverture de la Gare de Boitsfort encore en fonctionnement – Photo Joel Idt

Cas 4 : le tunnel des Sévines à Gennevilliers, une couverture partielle pour réduire les nuisances générées par l'Autoroute.



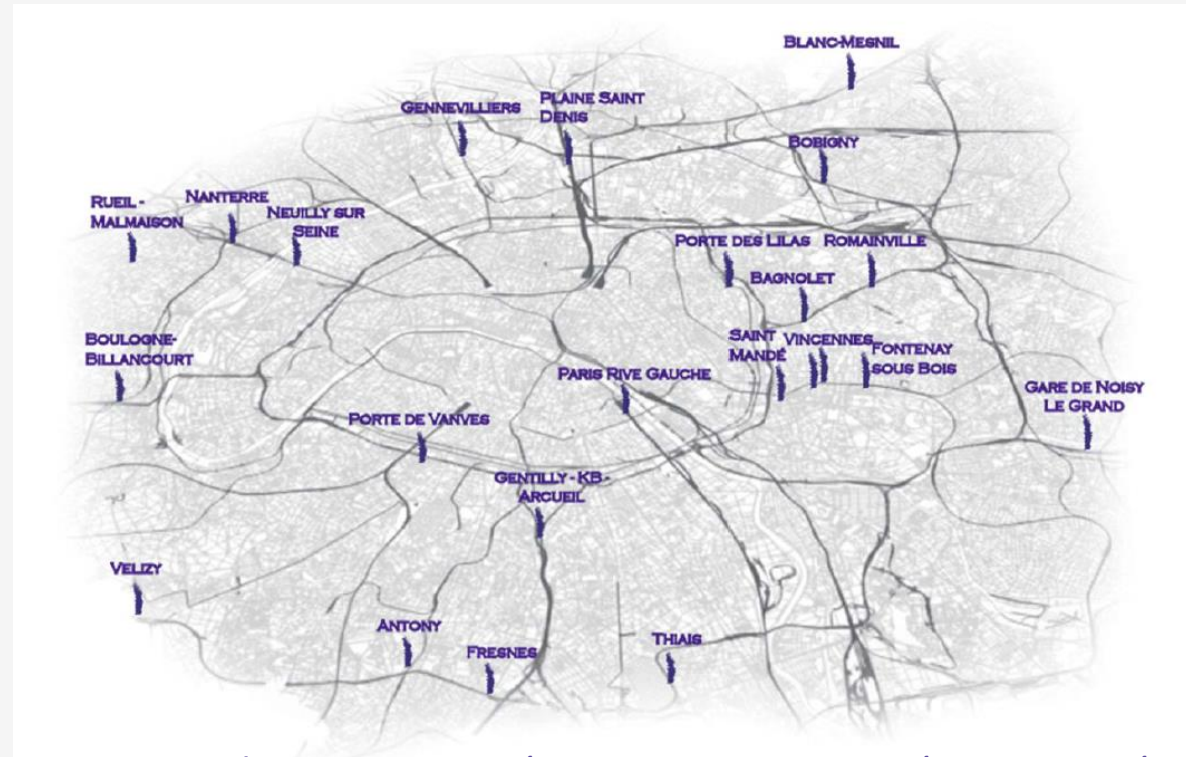
Tunnel des Sévines (en bleu la ligne de tramway) (Source : [GoogleMap](#))

Quelques conclusions pour l'action

- L'identification des interdépendances et des zones d'interfaces tout au long du projet, ou comment anticiper les conflits potentiels et les délaissés.
- Les dispositifs organisationnels (contrats et structures intermédiaires) ne suppriment pas les problèmes de coordination, mais instaurent des cadres de coopération entre des protagonistes aux intérêts divergents.
- Définir des contraintes en amont ou laisser ouvert le champ des possibles ? Des compromis à trouver.
- Le temps d'avance de l'infrastructure, le temps de retard de l'aménagement urbain.

Tâche 4 : Analyse fonctionnelle

1. Observation et analyse des couvertures de la base de données CANOPEE

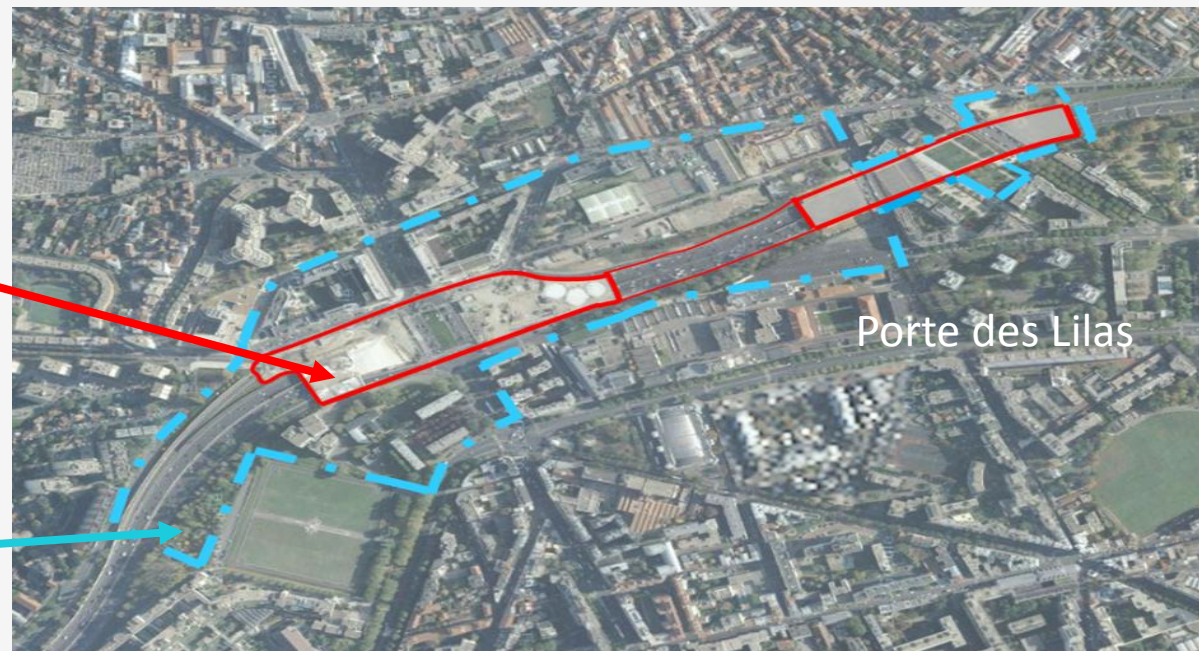


Projets de couverture métro parisienne, recensés BD Canopée
(Marina Fund-Maurin 2015)

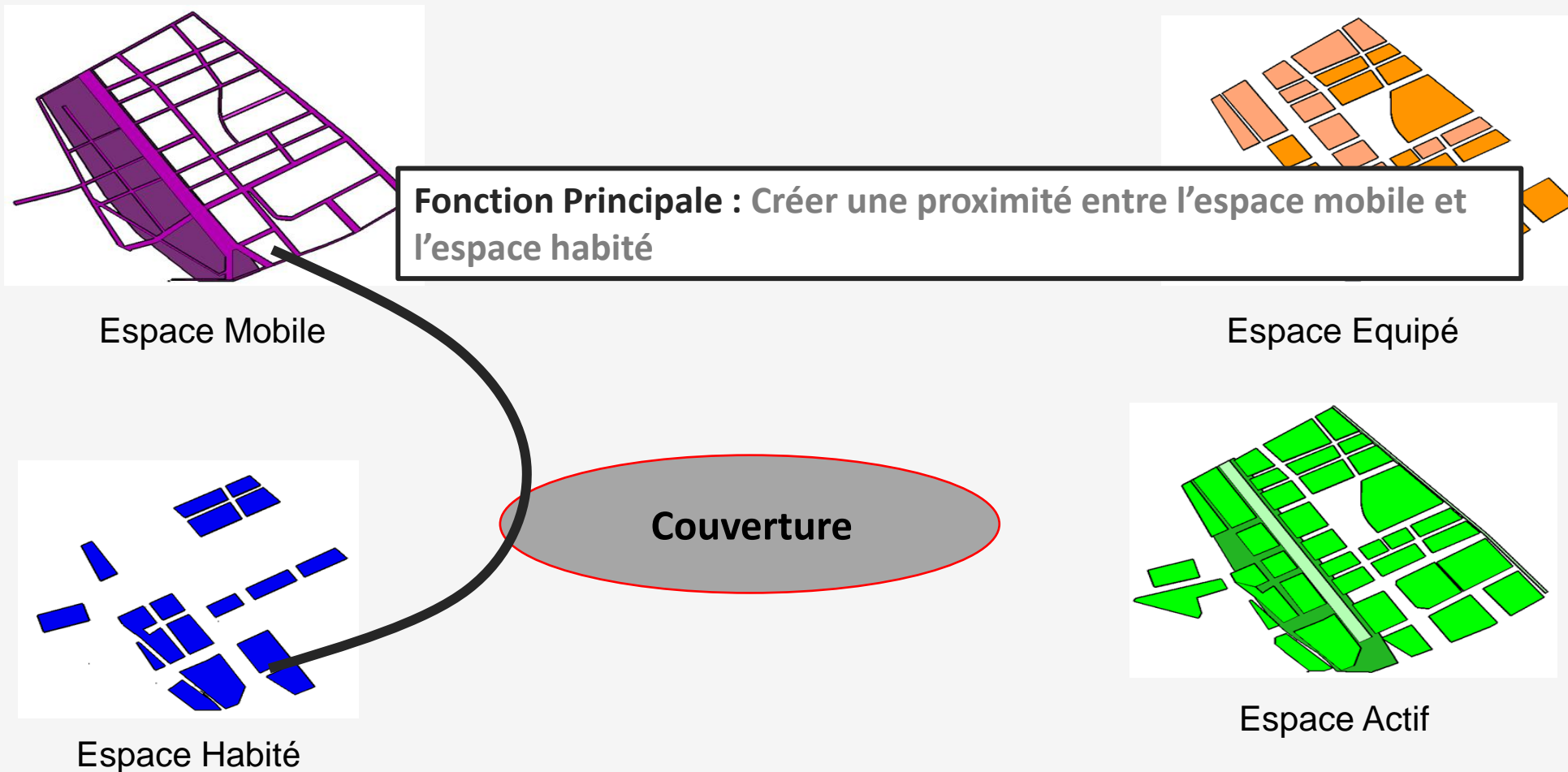
2. Choix d'un périmètre et définition d'un système

Périmètre structurel
Couverture =
Structure Génie Civil

Périmètre de l'opération d'aménagement
Système = **Opération aménagement**



3. Analyse et modélisation fonctionnelle



4. Détermination de critères pour chaque fonction

- Fonctions → Critères → indicateurs

Assurer le confort des populations

Critères de confort

Confort Sonore

Niveau sonore
Source du bruit
Typologie du bruit
Temporalité du bruit

Détermination de critères pour chaque fonction

Créer une proximité entre les différents espaces

Critères de continuité

Franchissement par un flux

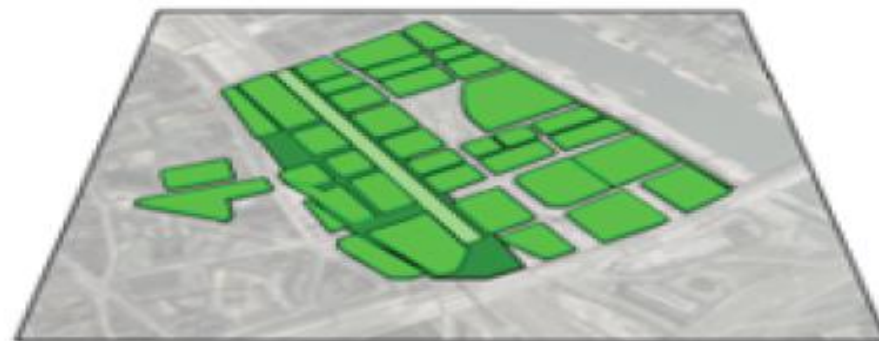
Indicateur d'effet de barrière
(*Vejdirektoratet*) Danemark
Disturbance effect (*Vägverket*) Suède
Pedestrian Environmental Factor (PEF)
Nombre de franchissement

5. Applications ...

secteur Masséna PRG

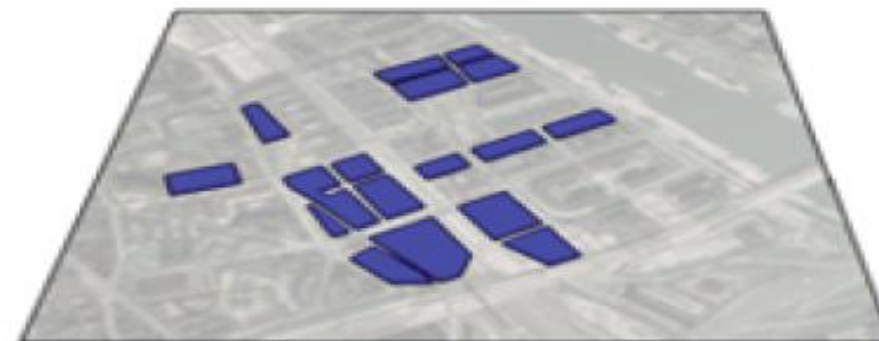
ESPACE ACTIF

Dans une volonté de redynamisation de l'espace, la présence importante d'activités était incontournable du projet de PRG. Sur cette représentation des îlots ont été colorés ainsi que certaines voiries. L'avenue de France, la rue longeant la Seine et le faisceau de rails de la gare d'Austerlitz constituent des axes fortement emprunter dans le cadre d'activités professionnelles. Leur spécification en tant qu'espace actif est donc apparue évidente. Les autres rues du secteurs sont empruntées également, mais dans une moindre mesure. Il a été décidé, par soucis de lisibilité de ne pas les faire apparaître en vert ici.



ESPACE HABITE

Le secteur Masséna n'est pas fortement concerné par le logement. Cet espace habité est plus représenté sur l'ensemble du périmètre projet PRG. Un des objectifs était de privilégier la mixité fonctionnelle du quartier, le but étant de ne pas aboutir à la création d'un simple quartier d'affaires.



LES REPONSES TECHNIQUES ET METHODOLOGIQUES AUX ENJEUX DES COUVERTURES *de la conception à l'exploitation*

Pierre MERAND, EGIS



Analyse fonctionnelle

• Réponses aux fonctions

Fonctions		Sous-fonctions	Références dans les cahiers	
FONCTIONS EXTERNES	Réduire les nuisances	Protéger les riverains des nuisances de l'infrastructure de : • Bruit	Cahier 3 Cahier 5 : § 5 Perception des ouvrages souterrains Cahier 6 : - § 2.2 Réduction des bruits routiers et ferroviaires	
	Organiser les voies de communication (piéton, cycle, routier, ferré, TCSP, accès secours)	Assurer la stabilité de la structure dans son usage normal et lors d'événement exceptionnels	<ul style="list-style-type: none"> Reprendre les charges d'exploitation du dessus Retenir les terres adjacentes Assurer la stabilité au feu en cas d'incendie 	Cahier 3 (et notamment l'annexe 4 et l'annexe 6) Cahier 4 Cahier 7 : - § 3 Préalables à la conception de nappes paysagères - § 4 Des propositions nouvelles appuyées sur l'existant (dont §4.2)
		Assurer le confort des usagers de l'espace souterrain	<ul style="list-style-type: none"> Eclairage Ventilation sanitaire... 	Cahier 5 : - § 1.4 Ventilation de désenfumage des ouvrages - § 2. Maîtrise des polluants - § 5. Perception des ouvrages souterrains Cahier 6 : § 2.9 Production de confort visuel sous la couverture
		Assurer la sécurité des usagers en milieu confiné	<ul style="list-style-type: none"> Prévenir les accidents (assurer un confort de conduite avec une géométrie adaptée et l'éclairage) Mettre en œuvre des mesures de sauvegarde des usagers en cas d'incidents : surveiller, détecter, alerter, agir. Permettre l'auto-évacuation des usagers (issues de secours, gestion des fumées) stabilisé au feu Permettre l'intervention de secours (accès, moyens d'intervention). 	Cahier 5 : - § 3. Optimisation des longueurs de couverture - § 4. Gestion des interfaces réglementaires en termes de sécurité - § 6. Partage de l'espace trafic en phase exploitation
	Créer du foncier	Assurer les approvisionnements / évacuations des fluides	Assurer la distribution / évacuation locales des fluides nécessaires aux équipements de la couverture et de ses aménagements en-dessous et au-dessus : eaux (propres, usées, pluviales), gaz, électricité, télécommunication	Cahier 6 : § 2.5 « Traitement et stockage d'eau de pluie »
		Permettre la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité du système « couverture » (structure (milieu) + infrastructure (dessus) + aménagements (dessus))	<ul style="list-style-type: none"> Fiabilité (aptitude à fonctionner pendant un intervalle de temps) Maintenabilité (aptitude à être maintenu ou remis en état de fonctionnement) Disponibilité (aptitude à être en état de marche à un instant donné) Sécurité (aptitude à ne pas conduire à des accidents inacceptables). 	Cahier 5 : § 4 Gestion des interfaces réglementaires en termes de sécurité
		Anticiper les futures évolutions de l'ensemble des fonctions externes (pérennité liée à la flexibilité d'utilisation)	Evolution des besoins relatifs à l'ensemble des fonctions externes : <ul style="list-style-type: none"> La lutte contre les nuisances pour les riverains de l'infra Aux voies de communication Aux espaces et équipements publics et privés Aux usages, aux exigences/contraintes de sécurité et d'exploitation A la production de ressources Aux piéges à carbone (effet global) et régulation du climat urbain (effet local) Etc... 	Cahier 4 : Synthèse + exemple de la dalle aujourd'hui Cahier 7 : - §2 - § 3 Préalables à la conception de nappes paysagères - § 5 Précautions complémentaires préalables pour les futurs aménagements
		Produire de la ressource	<ul style="list-style-type: none"> Impacts environnementaux : <ul style="list-style-type: none"> Impacts initiaux : destruction de biodiversité, de surfaces végétalisées Impacts exploitation : consommation d'énergie Impacts sociaux : <ul style="list-style-type: none"> Impacts initiaux : expropriation, déplacement de SDF ... Impacts exploitation : risques liés à la sécurité des usagers en milieu confiné, ... Impacts économiques : <ul style="list-style-type: none"> Impacts initiaux : voir § coûts d'investissement Impacts exploitation : coûts d'entretien, ... 	Cahier 3 : - Chapitre 1 : §6 et §7 - Chapitre 2 : §1 Evaluation économique des solutions Cahier 4 Cahier 5 : § 6 Partage de l'espace trafic en phase exploitation Cahier 6 : - § 2.5 Consommations et productions d'énergie - § 2.7 Production éco systémique - § 2.8 Production du confort thermique urbain sur la couverture Cahier 7 : - § 4 Des propositions nouvelles appuyées sur l'existant (et notamment le § 4.5.1 et 4.5.2, 4.6) - § 5 Précautions complémentaires préalables
	FONCTIONS INTERNES			

Ville 10D –

2 février 2016 - Paris

Introduction sur la tâche 5 de Canopée : analyse fonctionnelle

- ***Restitution***

Cahier 1 : Synthèse de la réponses aux fonctions

P. MERAND, EGIS Tunnels

Cahier 2 : REX sur les couvertures réalisées dans le cadre de la ZAC Paris Rive Gauche

P. FOCQUE, EGIS Bâtiment

Cahier 3 : Typologie, analyse et évaluation des structures lourdes

F. APPERE, ARCADIS

Cahier 4 : Typologie, analyse et évaluation de structures légères

B. TOURAINE, EGIS Concept (Elioth)

Cahier 5 : Interface dessus-dessous – aspects règlementaires et contraintes technique

T. ROUX, EGIS Tunnels

Cahier 6 : Modules d'aménagements environnementaux

L. JACQUET, EGIS Concept (Elioth)

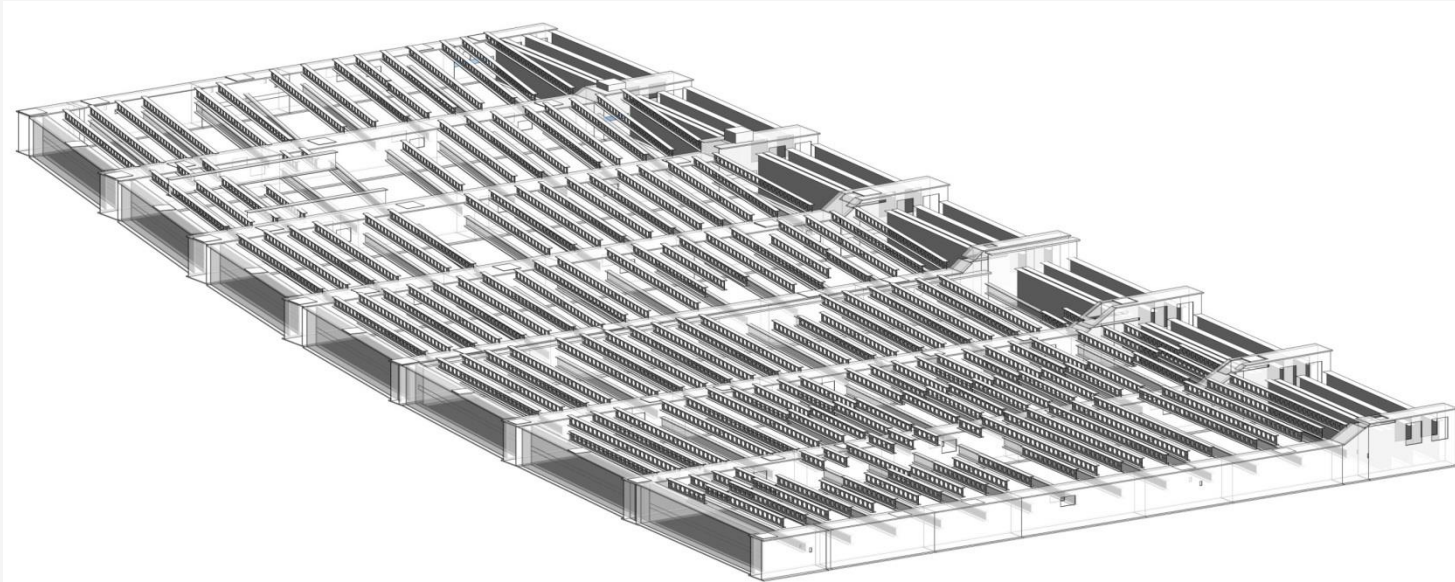
Cahier 7 : « Focus » sur la végétalisation

E. BRETON, TECOMAH



PROBLEMES RENCONTRES A TRAVERS LE PROJET PARIS RIVE GAUCHE

- ✓ Conception de la structure des dalles de couverture
- ✓ Séparation entre volume SNCF et volume bâtiments
- ✓ Stabilité au feu et protection coupe feu des dalles
- ✓ Raccordement aux réseaux
- ✓ Entretien des ouvrages et changement des appareils d'appuis des dalles
- ✓ Contraintes liées aux activités ferroviaires
 - ✓ Ventilation
 - ✓ Electrification des voies
- ✓ Contraintes en phases chantier

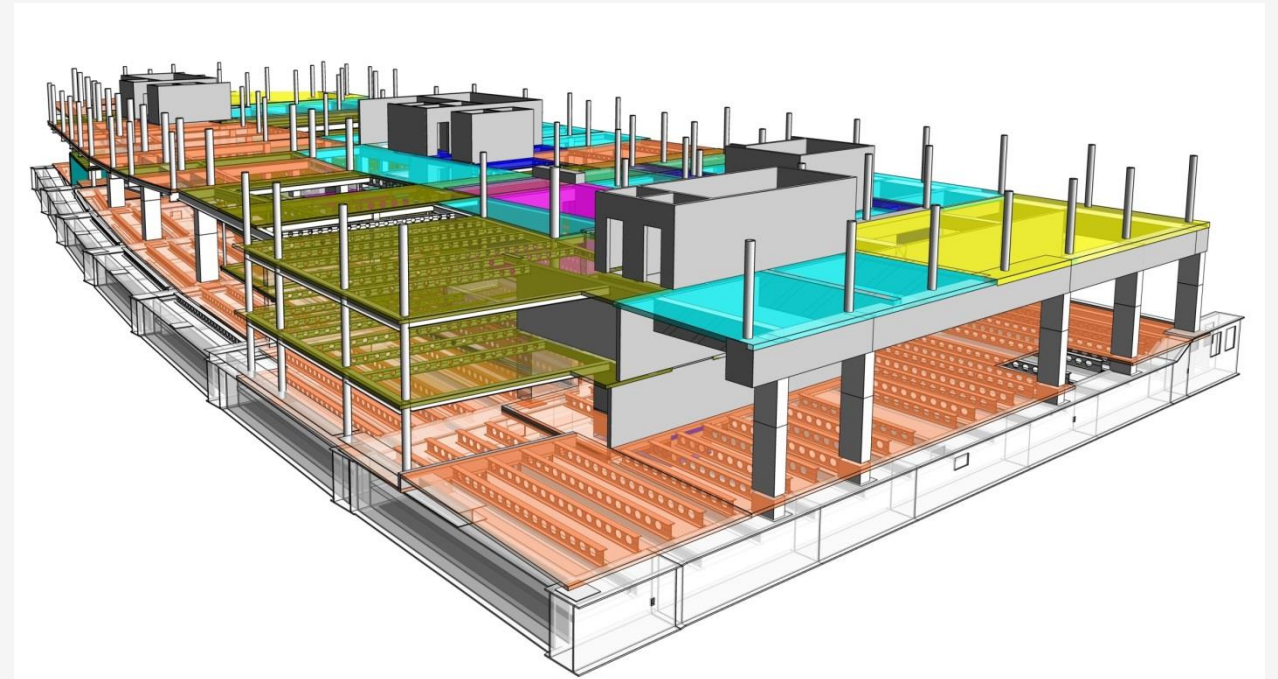


Ilot A9 a1 : Poutres principales et secondaires de la dalle SNCF avec les réservations pour le bâtiment

Ilot A 9 B : Modèle 3D des poutres principales et secondaires de la dalle SNCF (Document EGIS)

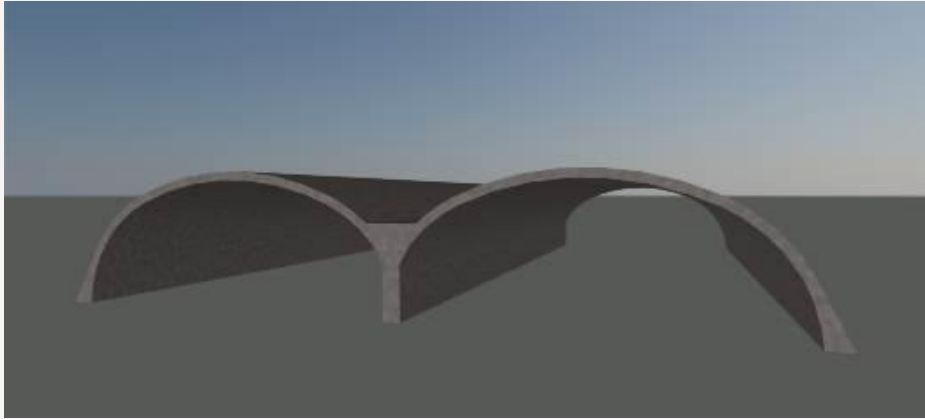
SOLUTIONS RETENUES POUR LA STRUCTURE DES BATIMENTS SUR DALLES

- ✓ Problèmes posés pour la structure des bâtiments
- ✓ Conception retenue pour la structure des bâtiments sur dalles
- ✓ Conception retenue pour la structure des bâtiments sur dalles
- ✓ Descentes de charges imposées pour les bâtiments
- ✓ Vibrations dues aux passages des trains et mesures anti vibratoires
- ✓ Traitement acoustique des bâtiments

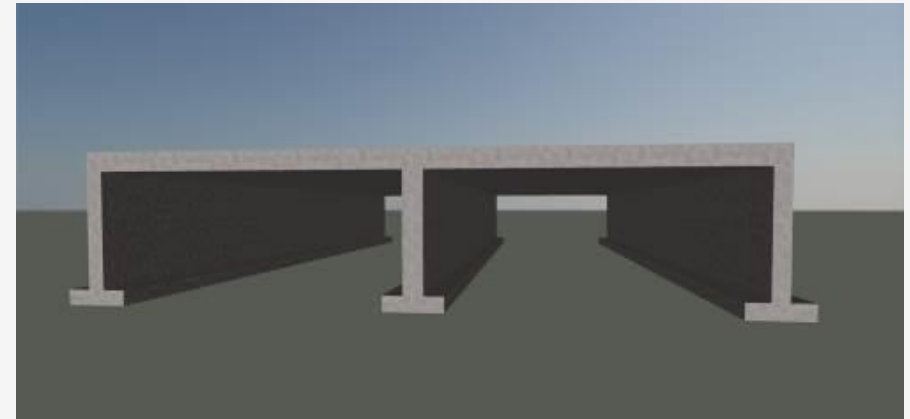


Ilot A 9 B : Modèle 3D de la structure du bâtiment sur les platines « martyres » des poutres principales de la dalle
SNCF (Document EGIS)

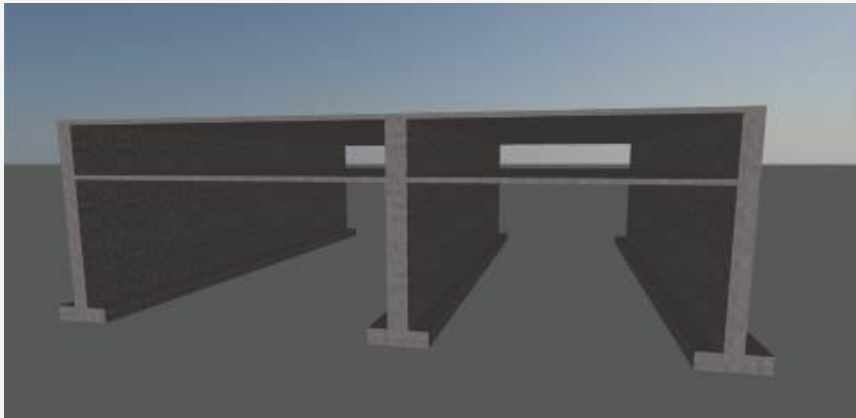
Quatre typologies de structures étudiées



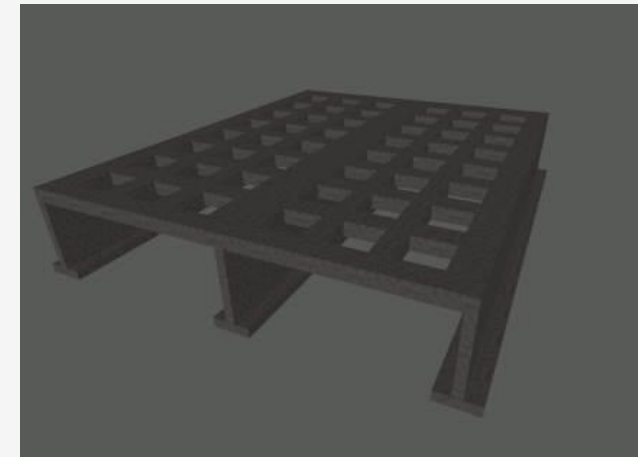
Structure voutée



Dalle simple



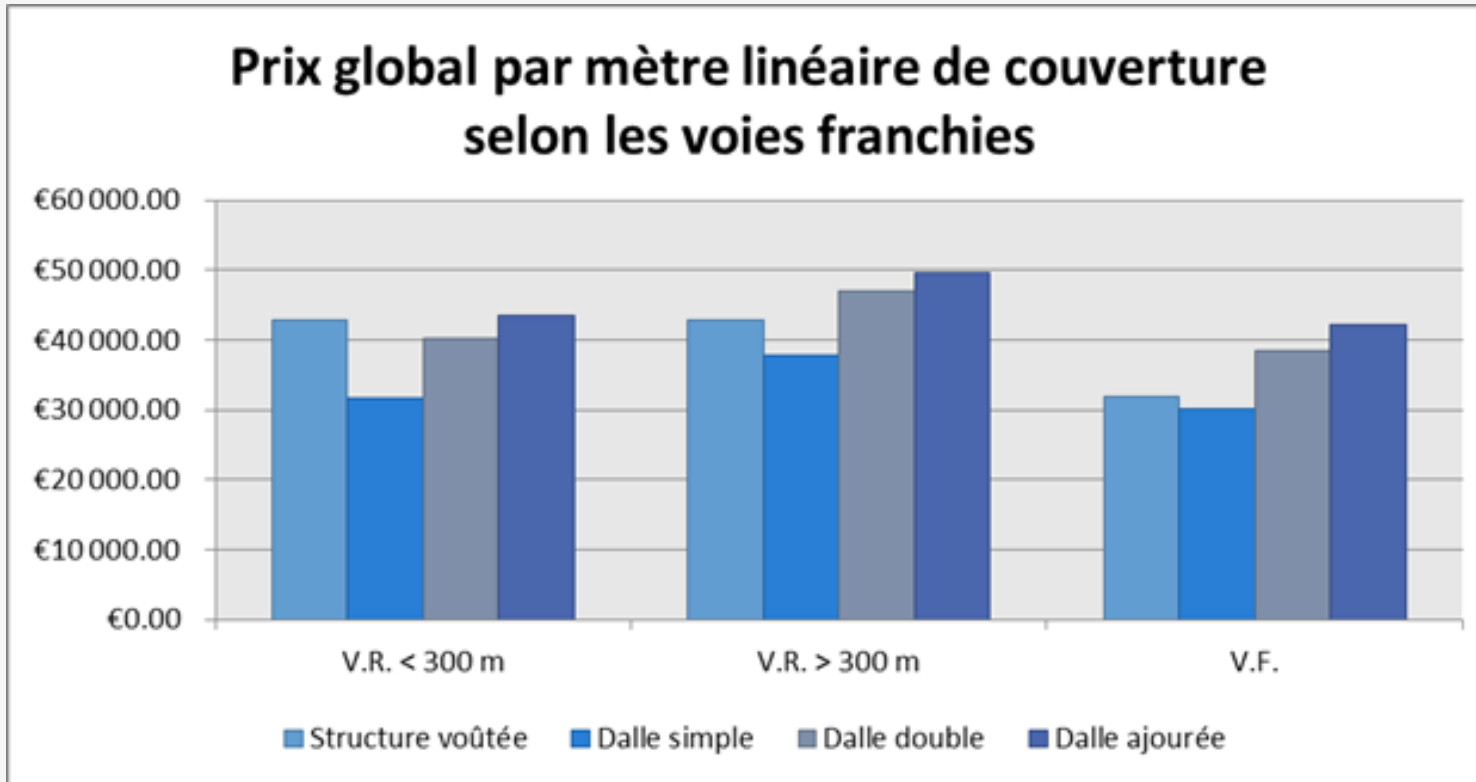
Dalle double



Dalle ajourée

Evaluation des solutions envisagées

- Evaluation économique**



⇒ **Les différences observées sont faibles comparées au coût global d'un projet de couverture**

⇒ **Le choix structurel dépend :**

- **Des fonctionnalités souhaitées de la couverture;**
- **Des contraintes du site (topographie...)**

Evaluation des solutions envisagées

- Evaluation fonctionnelle

ANALYSE DE LA REPONSE DES DIFFERENTES TYPOLOGIES DE STRUCTURE LOURDE AUX SOUS-FONCTIONS										
FONCTIONS		SOUS-FONCTIONS					FACTEUR DE PONDERATION <u>DES</u> <u>SOUS-FONCTIONS</u>		EQUILIBRAGE DES SOUS-FONCTIONS	
EXTERNES	Réduire les nuisances	Protéger les riverains des nuisances de l'infrastructure de:	Odeurs/pollution atmosphérique	3	0,333	5	5	5	1	3
			Vibrations	3	0,000	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
			Points noirs visuels	3	0,333	5	5	5	3	4
	Organiser les voies de communication (piéton, cycle, routier, ferré, TCSP, accès secours)	Permettre la traversée de l'infrastructure, en assurant en surface la continuité de la circulation des:	Véhicules particuliers et professionnels	2	0,500	5	5	5	5	5
			Transports en communs (TSCP ou autres)	2	0,000	RD	RD	RD	RD	RD
			Piétons	2	0,000	RD	RD	RD	RD	RD
			Bicyclette	2	0,000	RD	RD	RD	RD	RD
			Réseaux structurants permettant la continuité des fluides à travers l'infrastructure: eaux (propres, usées, pluviales), gaz, électricité, télécommunication	2	0,500	5	2	4	1	2
			Séparer les flux de circulation	1	0,000	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
	Créer des nœuds multimodaux	1	0,000	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.		

Structure légère : panorama des solutions (1/2)

Voute en arc



Photo – Sound tube Melbourne



Photo – Gare Centrale de Berlin

Voute Surfactive



Photo - Station-service de Deitingen



Photo - Construction en bois temporaire

Structure légère : panorama des solutions (2/2)

Poteau-poutre



Photo – Tunnel antibruit - Munich



Photo – Toiture pour véhicules de transport

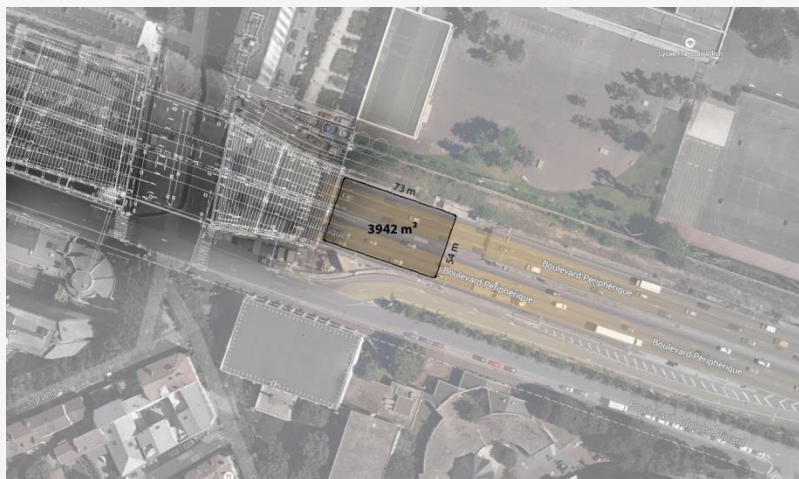
Nappe de câble



Photo – Vélodrome de Londres

Etude de cas : la porte de Vanves

- ⇒ Zone étudiée : émergence du périphérique après la place.
- ⇒ Portée à franchir : 55m.
- ⇒ Axe de l'étude : identifier les contraintes et les caractéristiques spécifiques en fonction des typologies.
- ⇒ Typologies étudiées : Poteau poutre / Voute en arc / Voute surfacique / Gridshell



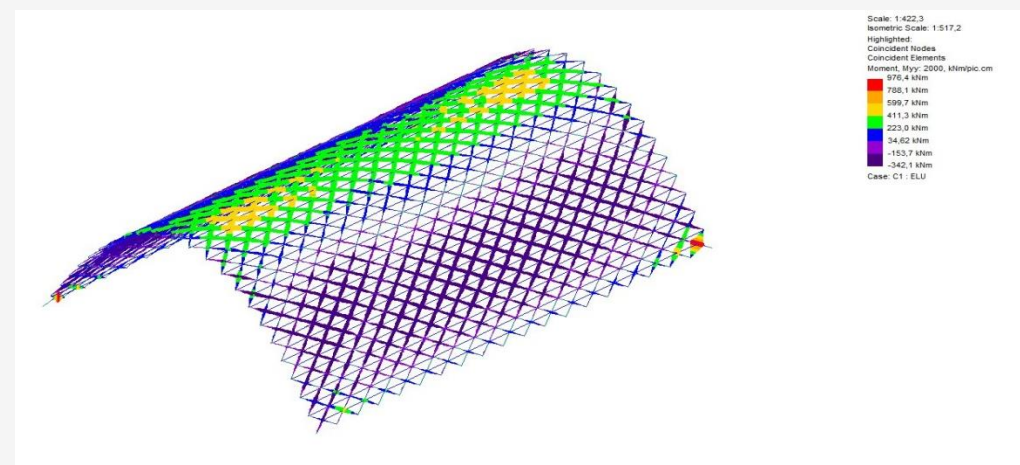
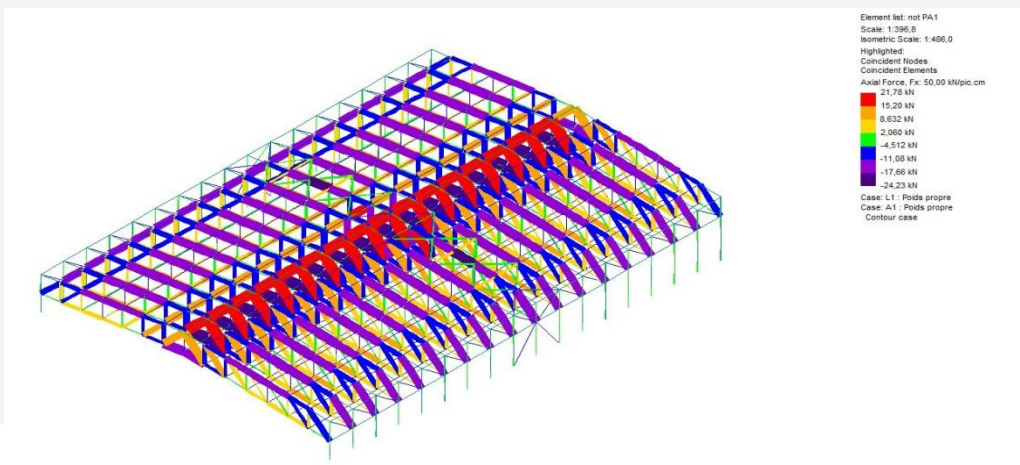
villes 100 - Journée d'échanges : penser la ville avec son sous-sol - 2 février 2010 - Paris

Etude de cas : la porte de Vanves

Poteau poutre



GridShell

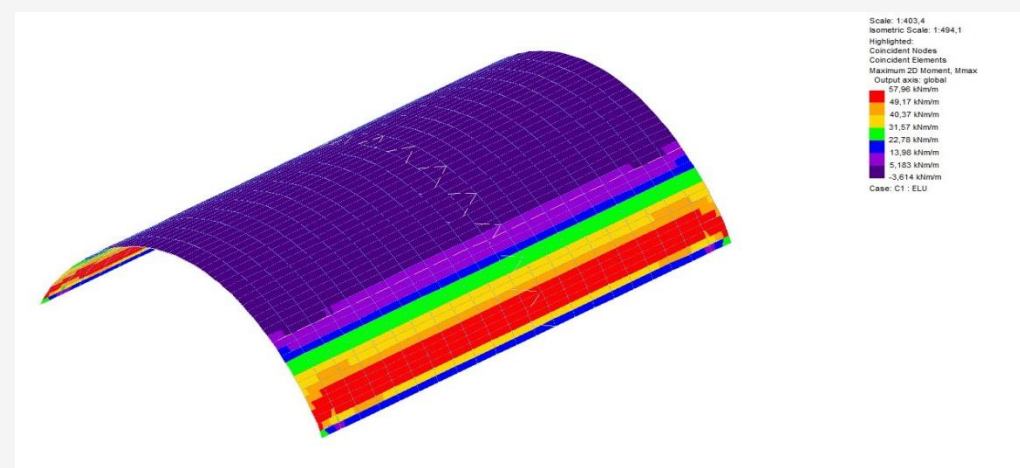
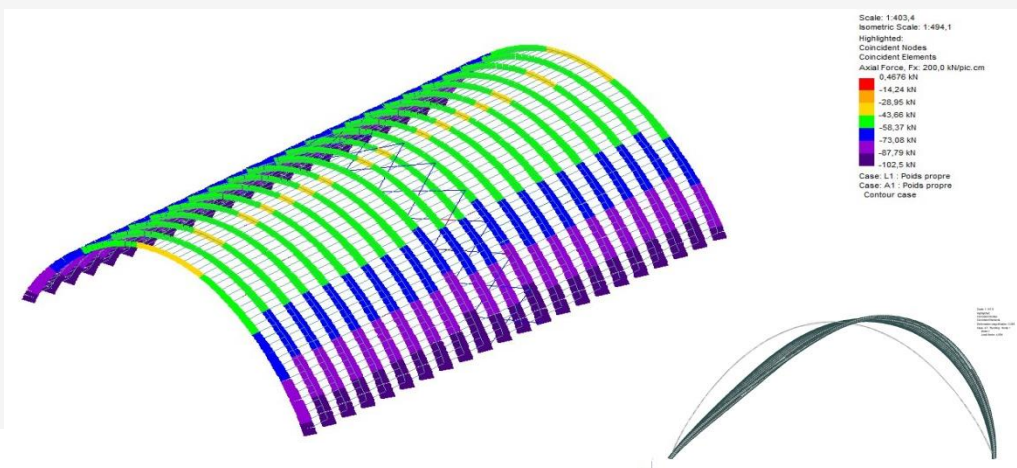


Etude de cas : la porte de Vanves

Voute en arc



Voute surfacique



Etude de cas : la porte de Vanves

	VOUTE EN ARC	VOUTE EN ARC SURFACIQUE	GRIDSHELL	POTEAUX + POUTRES
MATERIAU DE STRUCTURE	Acier, Bois	Béton, Béton armé	Acier, Matériau composite	Acier, Bois
MATERIAU DE COUVERTURE	Verre, Polycarbonate, Acier, ETFE	Béton, Béton armé	Verre, Polycarbonate, Acier, ETFE	Verre, Polycarbonate, Acier, ETFE
POIDS				
POUSSEES HORIZONTALES AUX APPUIS				
PREFABRICATION POSSIBLE				
INTERRUPTION DE LA CIRCULATION DURANT LA PHASE D'ASSEMBLAGE				
INTERRUPTION DE LA CIRCULATION DURANT LA PHASE DE MONTAGE				
CONTINUITE URBAINE				
PROTECTION DES NUISANCES				
SOUPLESSE « ARCHITECTURALE »				
AFFINITE AVEC LES MODULES ENVIRONNEMENTAUX				

Réflexions sur l'interface dessus / dessous

• Optimisation de la longueur de la couverture

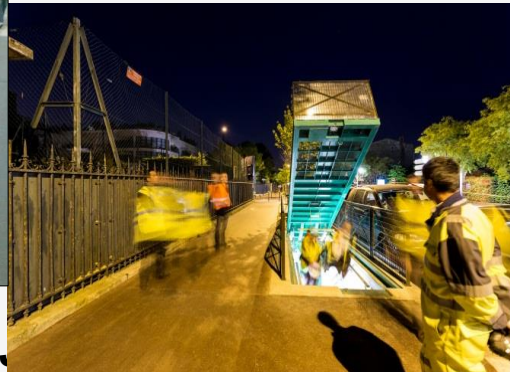
Solution	Schéma vue en plan	Schéma profil en travers
1. Succession de plusieurs TC courtes sans système de ventilation	<p>Tranchée ouverte, Tranchée couverte (L < 300m), Tranchée ouverte (L > 100m), Tranchée couverte (L < 300m), Tranchée ouverte</p>	<p>Issues de secours</p>
2. TC moyenne avec ventilation longitudinale	<p>Tranchée ouverte, Tranchée couverte (L < 500m), Tranchée ouverte</p>	<p>Bossages pour accélérateurs, Issues de secours</p>
3. TC longue avec ventilation transversale	<p>Usine de ventilation, Tranchée ouverte, Tranchée couverte, Tranchée ouverte</p>	<p>Gaine d'extraction de fumées, Bossage pour accélérateurs, Issues de secours</p>

Solutions	Aménagements particuliers	Avantages	Inconvénients
1. Succession de plusieurs tranchées couvertes courtes (<300m) sans système de ventilation	<ul style="list-style-type: none"> 1 Issue de secours vers la surface par tube et ouvrage 1 niche de sécurité et 1 niche d'incendie par tube et par ouvrage 	Coûts de construction et d'exploitation faibles	Tranchée ouverte >100m entre les TC (impact visuel, bruit et pollution)
2. Tranchée couverte moyenne (<500m) avec ventilation longitudinale	<ul style="list-style-type: none"> 2 Issues de secours vers la surface par tube 3 niches de sécurité et 2 à 3 niches d'incendie par tube Bossages supérieurs ou latéraux pour positionnement des accélérateurs Murs d'anti-recyclage de fumés à chaque tête 	Coûts de construction et d'exploitation limités	<ul style="list-style-type: none"> Interdiction de congestion dans le tunnel Interdiction des TMD Sécurité limitée en cas d'incendie dans le tunnel Longueur de la TC limitée à 500m
3. Tranchée couverte longue avec ventilation transversale (>500/800m)	<ul style="list-style-type: none"> Issues de secours tous les 200 m Niches de sécurité et d'incendie tous les 200m Bossages supérieurs ou latéraux pour positionnement des accélérateurs Murs d'anti-recyclage de fumés à chaque tête 	Impact minimal pour les aménagements en surface	<ul style="list-style-type: none"> Coûts de construction et d'exploitation plus élevés Problématique de sécurité si permission des TMD en période de congestion

Réflexions sur l'interface dessus / dessous

- *Intégration des émergences créées par la couverture*

- ✓ Issues de secours
- ✓ Accès des secours



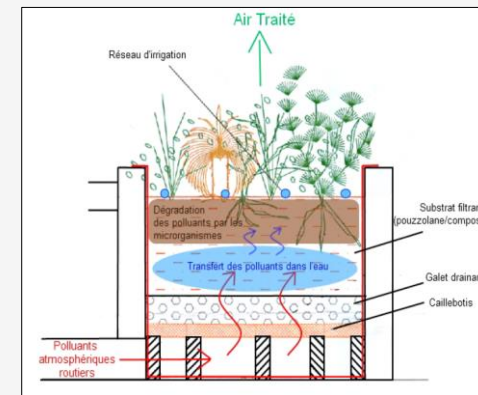
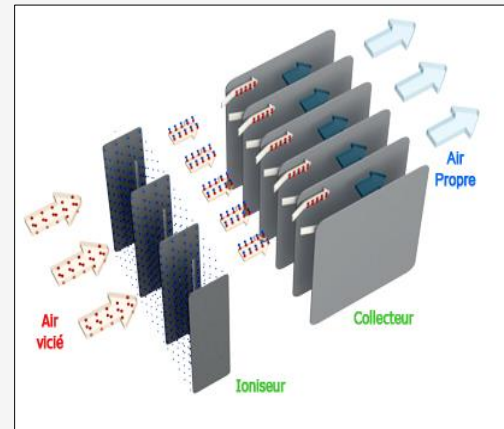
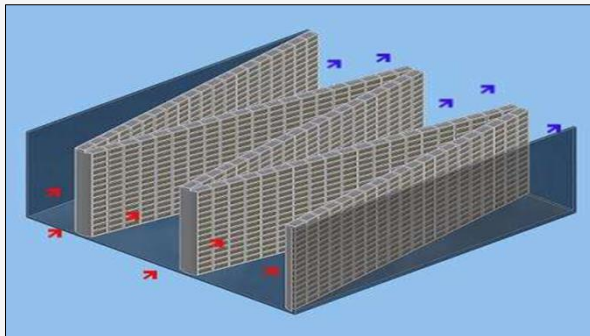
- ✓ Usines de ventilation locaux techniques



Réflexions sur l'interface dessus / dessous

- **Etat de l'art sur la maîtrise des polluants**

- ✓ Pollution au voisinage des tunnels routiers
 - Etudes de dispersion atmosphérique
- ✓ Limiter les concentrations en polluant au niveau des têtes
 - Réduction des émissions
 - Etudes des points de rejet
- ✓ Techniques de traitement de l'air



Réflexions sur l'interface dessus / dessous

- ***Gestion des interfaces réglementaires en termes de sécurité***
 - ✓ Réglementation tunnels routiers (IT 2000-63)
 - ✓ Réglementation tunnels ferroviaires
 - ✓ Réglementation tunnels métro
 - ✓ Réglementation ERP : gares / hôtel / commerces / salles de spectacles / IGH
 - ✓ Entrepôts
 - ✓ Domaine privé



Réflexions sur l'interface dessus / dessous

- *Perceptions des ouvrages souterrains*



Duplex A86 : prévention de la claustrophobie et des accidents

Tube mode doux de la Croix-Rousse : confort et sécurité des piétons et des cyclistes



Ville 10D – Journée d'échanges : penser la ville avec son sous-sol – 2 février 2016 - Paris

Choix de thèmes environnementaux

- **Réduction des nuisances**

Thème 1 : Réduction des bruits routiers/ferroviaires

Thème 2 : Réduction de la pollution routière/ferroviaire

Thème 3 : Amélioration de l'accessibilité et réduction des points noirs visuels

- **Production de ressources**

Thème 4 : Production d'énergie renouvelable



Petuel Tunnel, München



Mur végétal anti-pollution, Buenos Aires



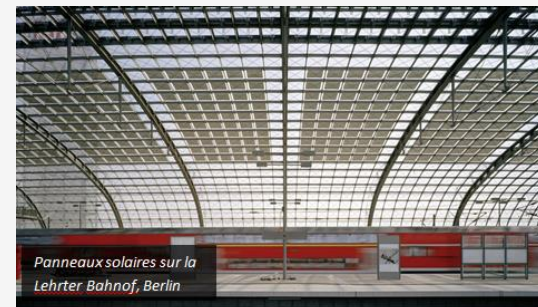
Facade dépolluante, Mexico



Panneaux solaires sur la Lehrter Bahnhof, Berlin



Passeig Garcia Fara Promenade, Barcelone



Panneaux solaires sur la Lehrter Bahnhof, Berlin



Eoliennes sur la Plaza Del Milenio, Valladolid



Ville 10D – Journée d'échanges : penser la ville avec son soleil

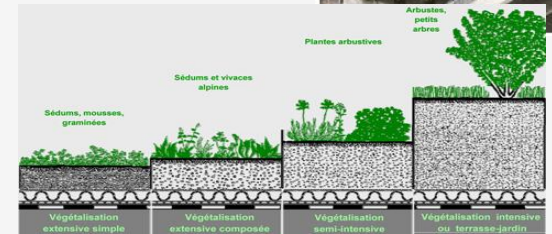
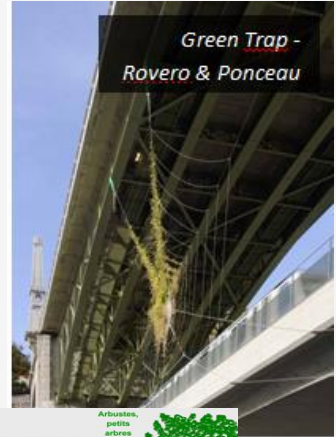
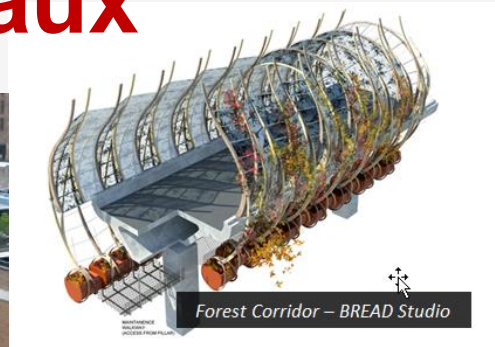
Paris

Choix de thèmes environnementaux

- Production de ressources**

Thème 5 - Stockage d'eau de pluie

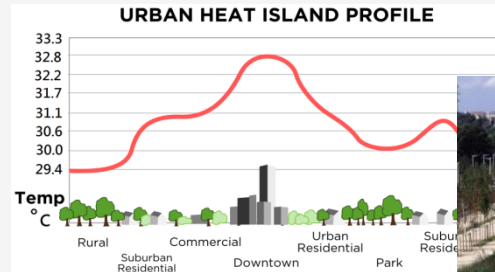
Thème 6 - Production écosystémique



- Production de confort**

Thème 7 - Production de confort thermique sur la couverture

Thème 8 - Production de confort visuel sous la couverture

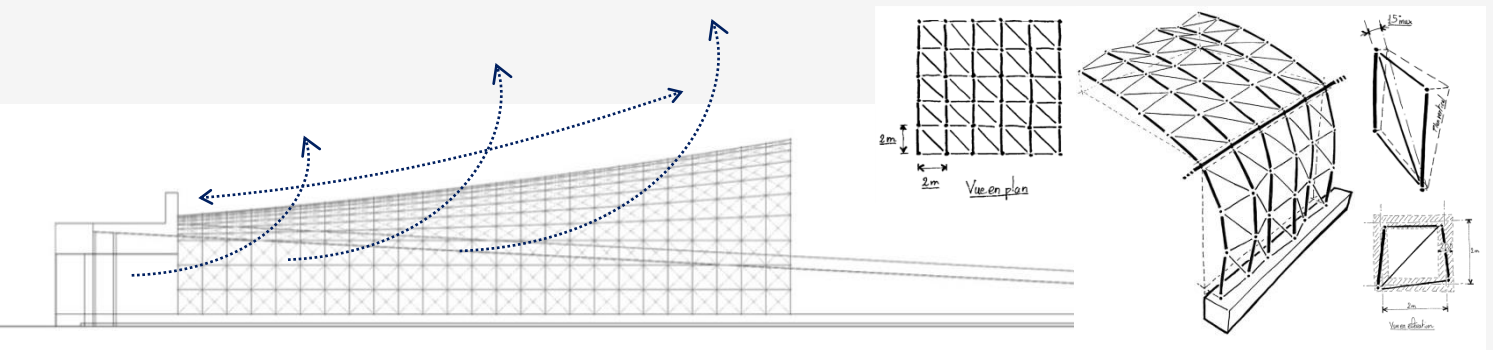
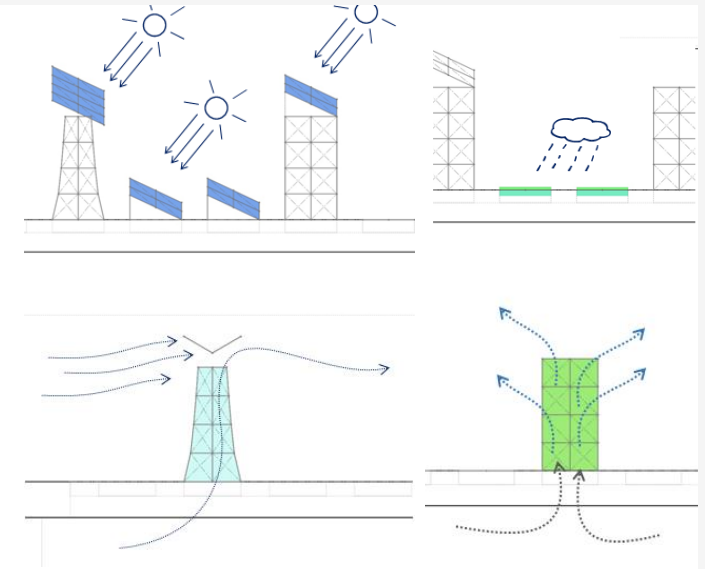
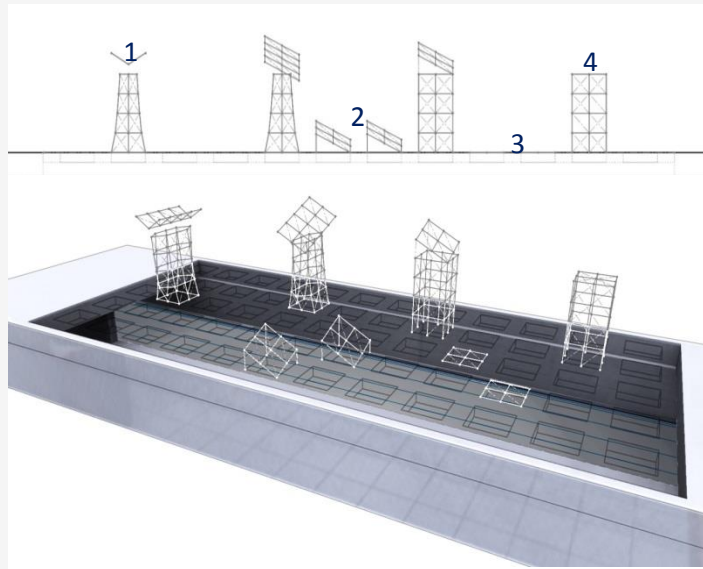
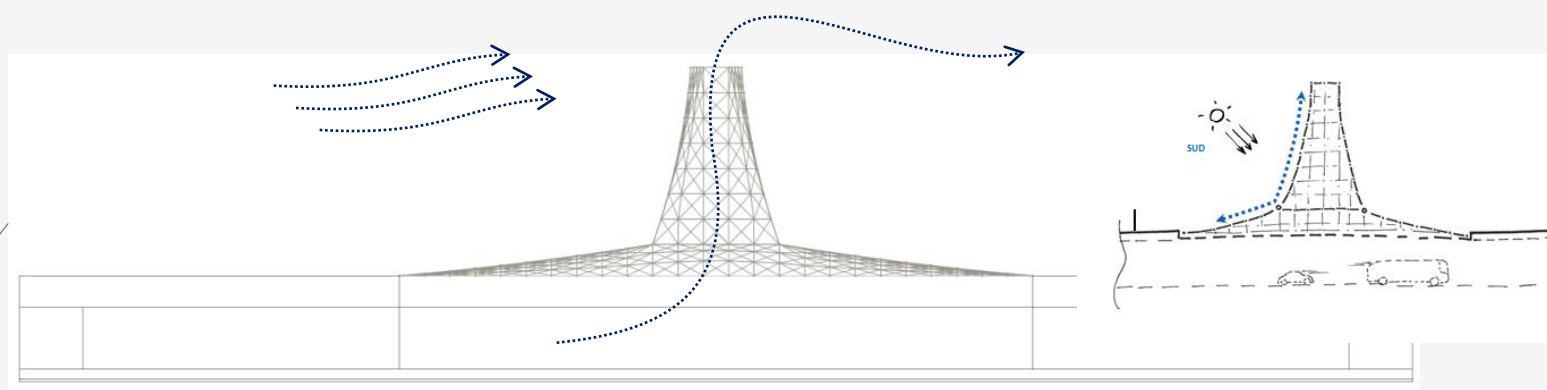
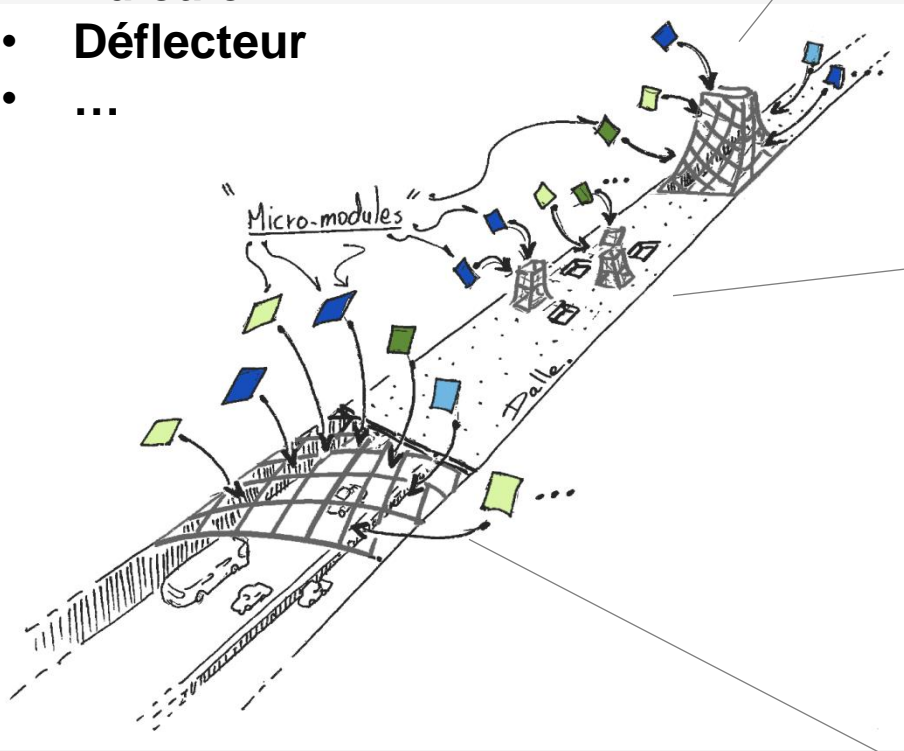


Ville 10D – Journée d'échanges : penser la ville avec son sous-sol

Paris

Les macro-modules

- **Déclinaison de familles**
- Cheminée
- Edicule
- Déflecteur
- ...



Ville 10D – Journée d'éc

Les micro-modules

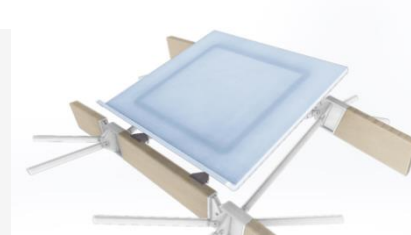
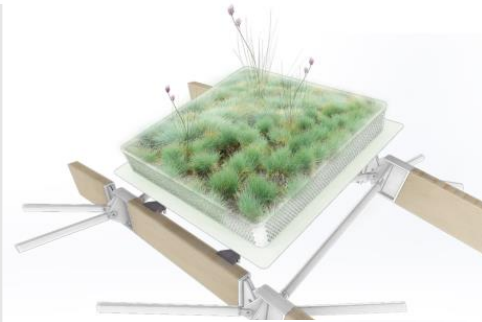
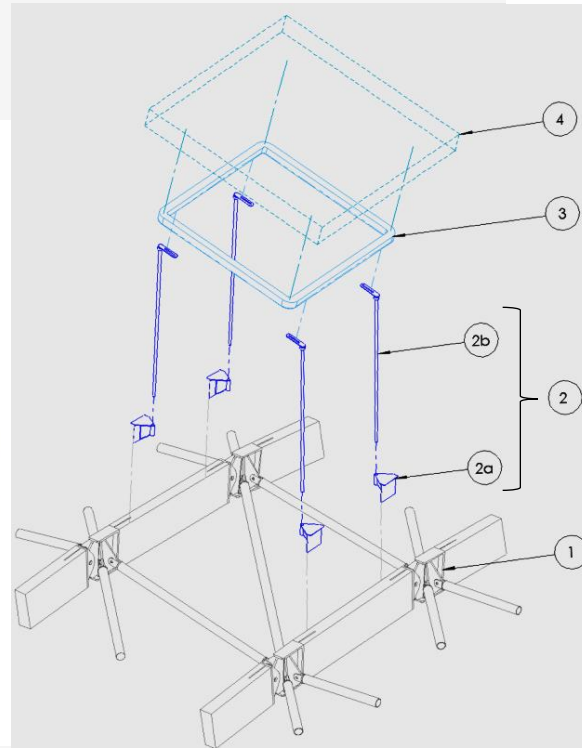
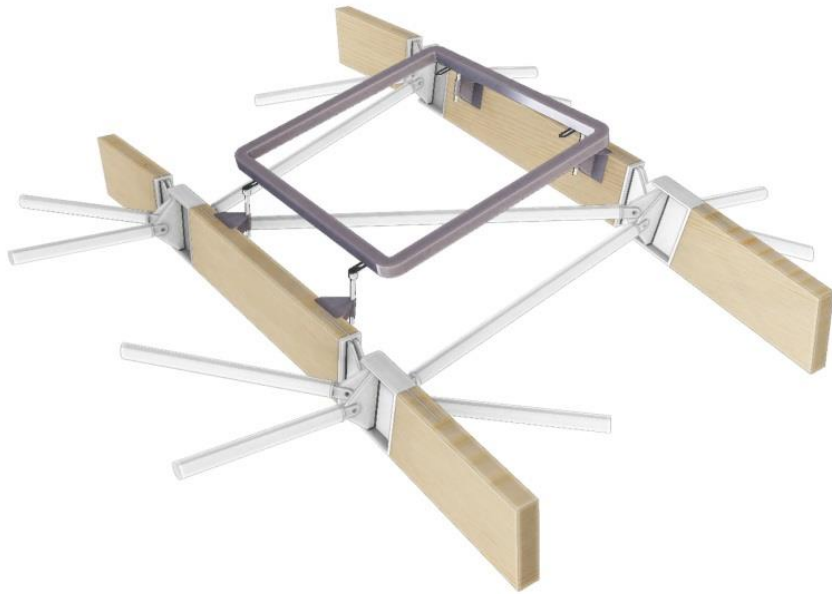
- *Exemple de déclinaisons*

Transportables

Démontables

Orientables

....

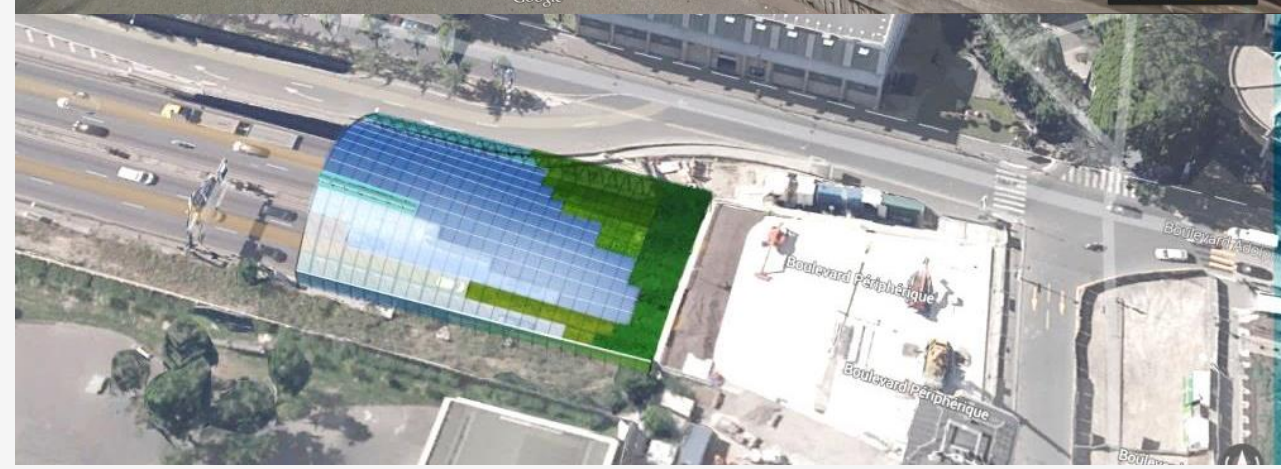
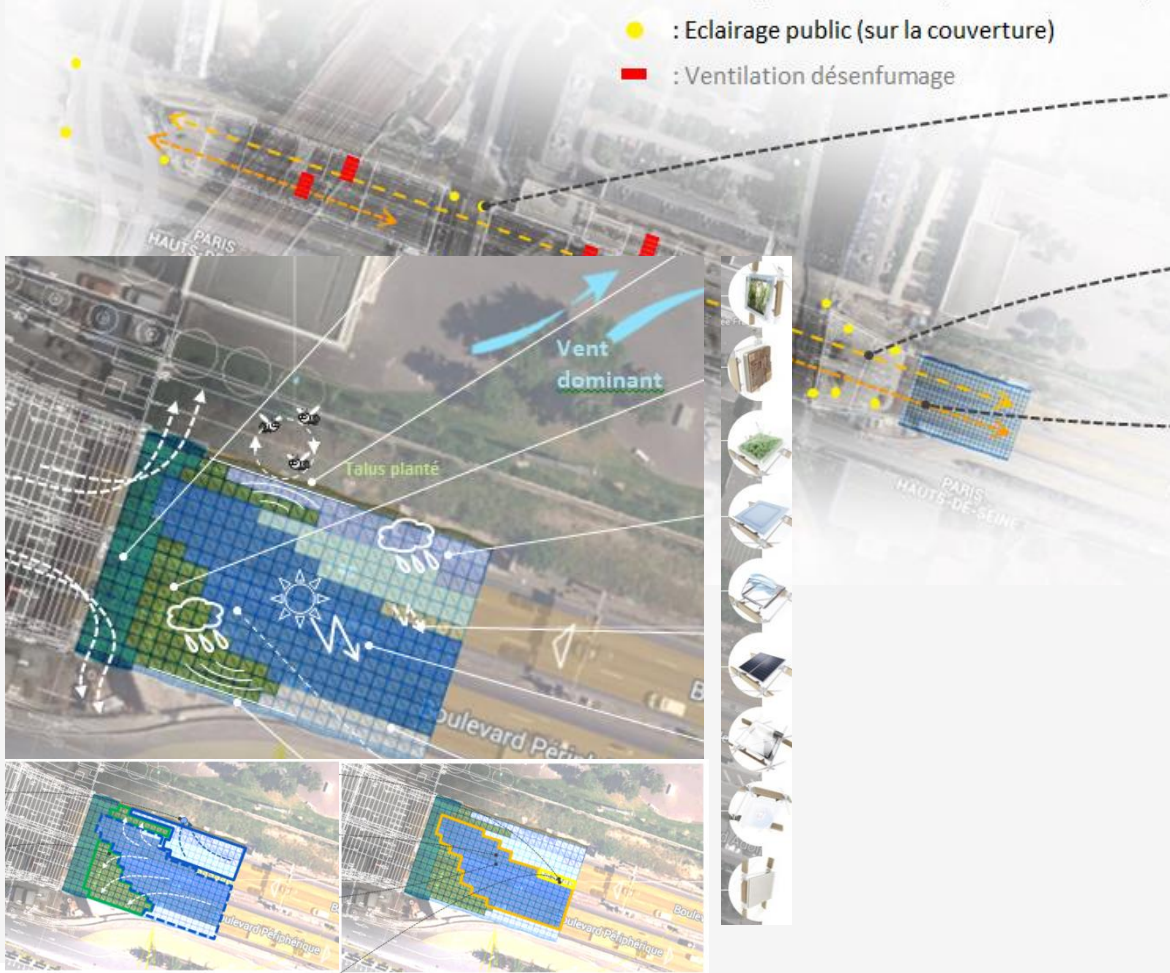


Ville 10D – Journée d'échanges : penser la ville avec son sous

Ex : Porte de Vanves

Approche quantitative

- ↔ : Eclairage de « base » (sous la couverture)
- ↔ : Eclairage de « renfort » (sous la couverture)
- : Eclairage public (sur la couverture)
- : Ventilation désenfumage



LA PRODUCTION DE COMPLEXES PAYSAGERS INNOVANTS

DES CONTRAINTES PHYSIQUES ET DES SOLUTIONS POUR LES PROJETS



TYOLOGIE OPÉRATIONNELLE

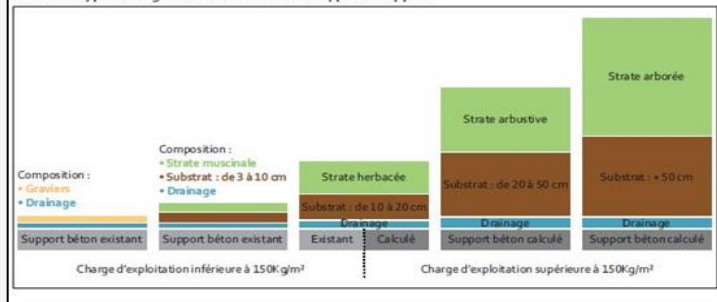
- Les couvertures lourdes (portance importante)
- Les couvertures semi lourdes
- Les couvertures légères
- Les couvertures extra-légères (autoportées)

Surcharge induite par un complexe de végétalisation, par strate de végétation

Plages de charge permanente, comprenant l'isolation, le substrat, la végétation et la saturation en eau (kg/m ²)	25 à 50	50 à 70	70 à 110	120 à 180	180 à 350	350 à 1200	1200 à 2400
Revêtement en graviers							
Strate muscinale, épaisseur de substrat : moins de 3 à 10 cm		30 à 100 kg/m ²					
Strate herbacée, épaisseur de substrat : de 10 à 20 cm				100 à 350 kg/m ²			
Strate arbustive, épaisseur de substrat : de 20 à 50 cm						350 à 1200 kg/m ²	
Strate arborée, épaisseur de substrat : plus de 50 cm							

Tableau récapitulatif élaboré à partir de données provenant de l'ADIVET, de la DEVE, du MNHN et du CSTC

Choix du type de végétation en fonction du type de support



PROPOSITIONS D'INSTALLATION DES NAPPES PAYSAGERES

Le plan horizontal : une organisation classique de l'aménagement paysager

- Trois strates possibles
- Contraintes d'installation (couverture)
- Aménagement paysager classique
- Gestion non spécifique

Le plan horizontal surélevé et/ou suspendu

- Techniques de mise en œuvre spécifiques
- Concept récent
- Gestion adaptée

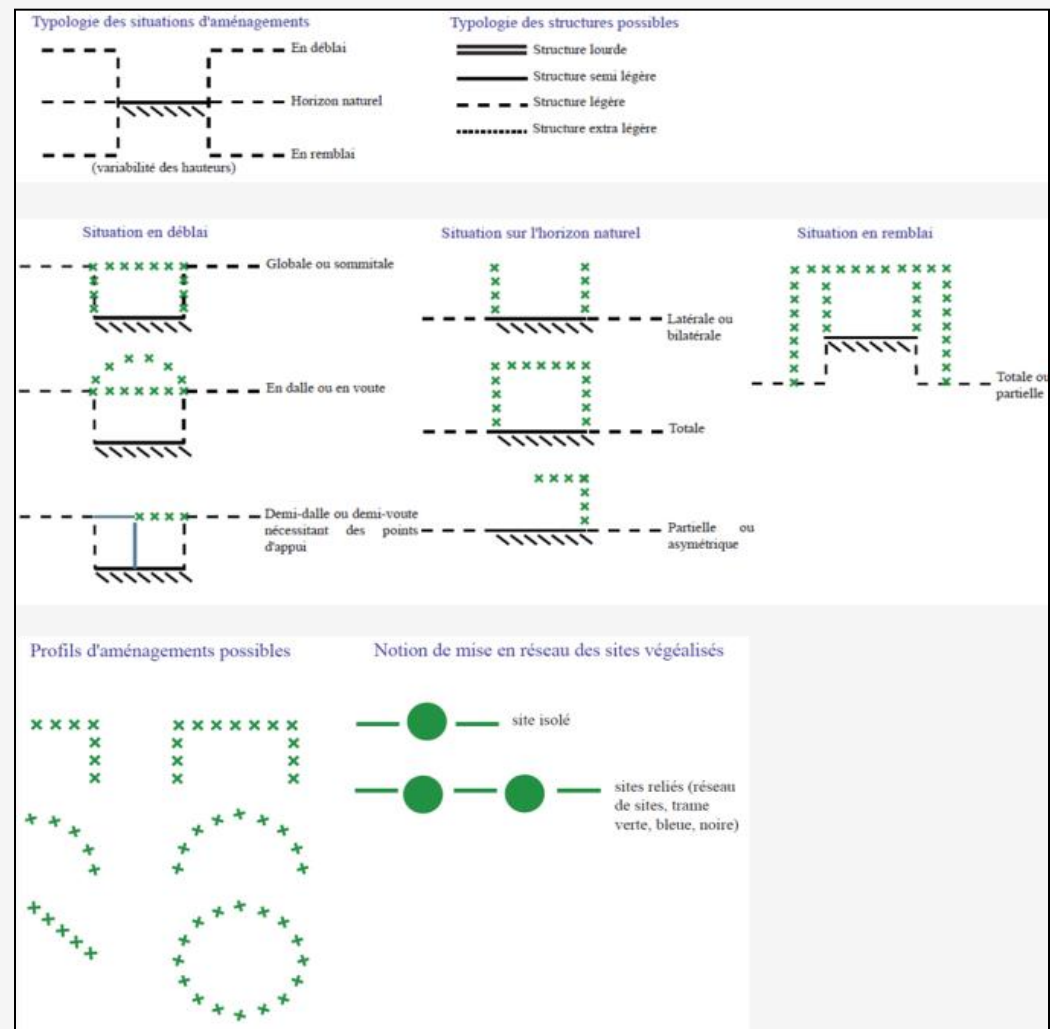
Le plan vertical

- Concept récent
- Contraintes de mises en œuvre
- Gestion spécifiques

- Le plan oblique

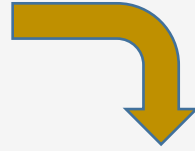


LES PROFILS : LE CHAMP DES POSSIBLES



LES PROPOSITIONS DE SOLUTIONS VÉGÉTALES POUR DES NAPPES PAYSAGÈRES ADAPTEES

LES OPTIONS VÉGÉTALES POSSIBLES UNE DOUZAINÉ DE PRINCIPES FONDATEURS POUR L'INNOVATION



UNE VINGTAINÉ DE PALETTES PROPOSÉES

Palette végétale aménagée en strate unique ou en multi-strates

en rapport avec les fonctions à installer : strate herbacée (Poacées, vivaces, etc.), strate arbustive (arbustes), strate arborée (arbres)

Installation monolithique/mosaïque

en lien avec le projet urbain et les caractéristiques physique du site d'installation

Végétation allochtone/autochtone

choix conditionné par les conditions bioclimatiques du site d'installation (notion de classe de rusticité)

Végétation mono-spécifique/diversifiée

en lien avec la fonction allouée et la notion de risque phytosanitaire

Végétation avec/sans entretien (auto-régénération)

en rapport des contraintes techniques et économiques de maintenance

Végétation spontanée ou plantée

déterminé par les contraintes économiques de gestion

Végétation et risque sur la structure portante

en lien avec l'évaluation de l'impact de la végétation sur l'installation (parties aériennes et impacts racinaires)

Végétation et précautions : risques anthropiques (allergie, blessure, etc.)

Végétation et bénéfices éco-systémiques (pollution aérienne, sonore, visuelle, etc.)

LES ESPÈCES VÉGÉTALES PROPOSÉES : CRITÈRES DE SÉLECTION

- La(es) fonction(s) souhaitée sur la nappe paysagère
- Les contraintes de portance de l'ouvrage
- L'adaptation au milieu urbain (sécheresse, pollution, etc.)
- Les contraintes de développement des solutions végétales avec :
 - les conditions climatiques locales
 - Les types de sols
- La limitation des opérations de gestion

LES PROPOSITIONS DE PALETTES VÉGÉTALES DANS CANOPEE

Jardin de rocaille (vivaces et broméliacées)

Jardin extensif (vivaces et graminées)

Jardin japonisant (arbres, arbustes, vivaces et couvre sol)

Jardin ouvert (gazon, arbres et arbustes)

Jardin paysager (vivaces, graminées, arbres et arbustes)

Jardins partagés et familiaux (espèces aromatiques, potagères et fruitières)

Parcours de santé (arbres, arbustes et gazons)

Place publique (arbres, arbustes graminées et vivaces)

Prairie fleurie (annuelles, vivaces)

Promenade plantée (arbres, arbustes, vivaces et graminées)

Jardin de pluie (vivaces, fougères, graminées et arbustes)



SELECTION DE NAPPES ADAPTES AUX FONCTIONS OBJECTIVES SOUHAITEES

Usages/fonctions	Type de jardin	Objectifs principaux	Composantes de la nappes / Palettes
Activités ludique, sportive, etc.	Jardin ouvert	Résistance au piétinement Aménagement de zones ombragées Permettre le repos Permettre bonne cohabitation des activités sportives /récréative Installation d'aires de jeux sécurisées	Mélange de Poacées pour gazon résistant au piétinement Strates arbustive et arborée Prairie fleurie Cloisonnement des différentes aires Densité faible de mobilier Enrobés adaptés Evolution sous surveillance (maintenance régulière)
Promenade, passage	Promenade plantée	Souligner les itinéraire de promenade Ménager des ombrages Limiter l'entretien Permettre le repos Favoriser la biodiversité végétale	Strates arborée Installation en linéaire Strates herbacées et vivaces Palette végétale à faire varier selon les conditions bioclimatiques Réseau de mobilier Entretien limité
Espaces d'interaction sociale	Jardin partagé	Permettre des fonctions nourricières Créer du lien social Proposer des activités ludiques et pédagogiques	Espace fractionné (création de haies arbustives) Maillage du parcellaire important Installation de fruitiers, de légumineuses, plantes aromatiques Présence de locaux Entretien important
Espace de détente, de repos	Jardin paysager Jardin japonisant	Créer des tableaux paysagers diversifiés Ménager des perspectives Favoriser la biodiversité végétale et animale Créer des ambiances sonores/réduire les nuisances sonores extérieures	Espace cloisonné (présence de haies arbustives) Itinéraires curvilignes Utilisation de matériaux végétaux et minéraux (jardins secs) Présence d'éléments aquatiques Variété végétale importante Présence de plusieurs strates végétales Variété des installations végétales Entretien important

INTEGRATION DE FONCTIONS NOUVELLES ASSOCIEES AUX NAPPES PAYSAGERES

Quatre gammes de bénéfices par des fonctions actives ou passives

Gamme n° 1 – Fonctions de production économiques

- Production de ressources nourricières (jardins familiaux / partagés, etc.)
- Production de ressources économiques (production micro-locale)
- Valorisation du foncier à l'échelle des rives / îlot urbain / quartier



Big dig (Boston)

Gamme n° 3 – Fonction valorisation

Valorisation paysagère et esthétique de l'espace urbain

- Augmentation de la densité du végétal (rééquilibrage entre quantités minérales et végétales)
- Occultation des axes de transports
- Réduction des distance entre espaces de vie et les espaces verts

Amélioration de l'ambiance/ contribution d'animation passive

- Assurer une continuité de fleurissement
- Ménager des espaces pour des œuvres de LAND'Art / Urban'Art



Sceneway garden (Hong Kong)



Jardin de l'Atlantique (Paris)

Gamme n° 2 – Fonction de régulation

Régulation bioclimatique (température, taux hygrométrie)

Régulation des eaux (infiltration tamponnement/stockage, dépollution)

Régulation de la qualité des sols urbains (limitation de l'imperméabilisation, de l'érosion et développement de la pédo-faune, améliorations des qualités des sols)



Pour une valorisation paysagère et une réduction des nuisances (Hambourg)

Gamme n° 4 – Fonction « services éco-systémiques global »

Dépollution locale des espaces urbains

- Limitation des effets de la pollution aérienne physique et chimique (fixation, filtration par les végétaux)
- Dépollution des sols (pouvoir dépolluant de certaines espèces)
- Contribution à la dépollution des eaux par des techniques paysagères de phyto-remédiation, etc.)
- Limitation de la pollution sonore
- Limitation la pollution visuelle

Fonction de bio-protection et de refuge pour la biodiversité

- Accueil de la faune (insectes pollinisateurs, oiseaux)
- Contribution à la protection biologique intégrée (auxiliaires de culture, etc.)

Fonction de stockage

- Fixation du carbone



Merci pour votre attention



Pierre.merand@egis.fr

