

INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Grégoire BIGNIER
B+M ARCHITECTURE

1. PRÉAMBULE

À priori, quoi de plus simple que la fonction d'un pont, si ce n'est de permettre d'aller d'un point A à un point B au-dessus d'un point C, en général en ligne droite ? Ne dit-on pas « couloir » de bus ou de tramway pour bien en souligner l'évidence programmatique ? En quoi une route peut-elle être autre chose qu'un simple lacet serpentant dans un paysage ?

En définitive, pourquoi les infrastructures de transports ¹ devraient-elles participer à la complexité croissante des programmes architecturaux d'aujourd'hui ? Et notamment celle qui proviendrait de la prise en compte des impératifs du développement durable ².

2. INTRODUCTION

En premier lieu, il apparaît évident de dire qu'au regard des investissements consentis par la collectivité pour se doter d'infrastructures modernes de transports, leur développement est généralement axé sur leurs coûts de réalisation comme d'exploitation.

En second lieu, malgré les évolutions techniques des systèmes de transports, les réseaux liés aux transports des populations ont un caractère structurant et permanent si on les compare aux autres biens immobiliers constituant le territoire (bâtiments, par exemple). Ce sont donc leurs qualités de durabilité qui seront recherchées lors de leur conception.

Enfin, étant donné que celles-ci doivent assurer un service permanent, c'est leur facilité de maintenance et d'exploitation qui guide les choix de telles ou telles solutions de conception.

Ces traits propres aux infrastructures de transports font que les approcher en terme de développement durable conduit à une démarche spécifique ³, toujours si on la compare à celle appliquée au bâtiment.

Dans la méthodologie classique liée au développement durable, il est d'usage de le décomposer en trois volets : *environnemental, économique et social*. Même en présupposant une spécificité des infrastructures de transports par rapport à la question du développement durable, cette décomposition en trois volets semble la manière la plus simple de l'aborder.

Ainsi, au travers d'exemples tirés de projets ou réalisations de B+M *Architecture*, nous souhaitons montrer en quoi les études appliquées aux infrastructures de transports balayent, d'une manière qui leur est propre, ces trois grands volets du développement durable.

3. VOLET ENVIRONNEMENTAL

On peut décomposer ce volet en trois champs d'application : le paysage, l'écologie et le territoire. Le paysage concerne les considérations liées à la *plastique* d'un panorama, d'un lieu ou d'une situation rencontrée par le projet, l'écologie concerne son équilibre vivant (hydrologie, géologie, faune, flore, etc), la notion de territoire renvoie au fonctionnement et au développement d'une aire géographique.

Examinons successivement ces trois champs.

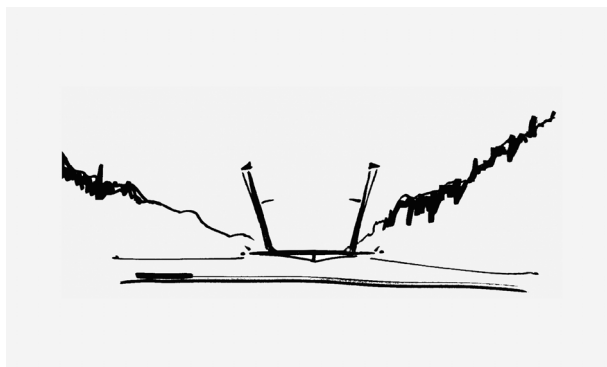
3.1. Paysage

Un des premiers objectifs à atteindre lors de la conception d'un ouvrage d'art, élément constitutif des réseaux de transport, est son inscription harmonieuse dans un paysage, surtout si la profondeur de champ des lieux en permet la perception à grande distance. Pour subjectif que cela soit, cette inscription peut néanmoins revêtir des qualités bien réelles : mimétisme de l'ouvrage avec les lignes de force paysagères, aide à la lecture d'une topographie, révélation de la présence d'un élément fort du paysage ou référence symbolique aux éléments naturels qui l'entourent (ciel, terre, eau, etc....).

Dans le temps des études d'avant-projet, il importe d'analyser soigneusement ces grandes lignes de force du territoire d'accueil de l'ouvrage, y compris dans un rapport sensible au paysage. De ces lignes, il peut être choisi dès lors d'en révéler la présence, de les atténuer ou de les souligner d'autant plus facilement qu'un ouvrage d'art est souvent dans le même rapport d'échelle qu'un paysage.

Dans le projet du pont passant au-dessus de la Meuse à Revin dans les Ardennes, la lecture du paysage peut être double : d'une part, un cours d'eau stabilisé offrant un plan parfaitement lisse et réfléchissant, d'autre part, des collines avoisinantes dont la géométrie se décompose en deux lignes de crêtes (ligne droite de pente des coteaux, courbe douce des sommets). L'ouvrage, dont l'analyse préalable des enjeux qui lui sont liés a montré qu'aucun symbolisme particulier n'était nécessaire, joue dès lors le pur mimétisme avec le paysage.

La structure du pont est ainsi constituée de deux éléments principaux : un tablier droit dessiné comme une ligne tendue au-dessus du plan d'eau et deux arcs dont la géométrie suit celle des collines (arc de cercle en tête, droites en pied, tangentes à cet arc). Cette conception mimétique est renforcée par le reflet de l'ouvrage dans les eaux domestiquées de la Meuse. On peut retenir également de cette géométrie qu'elle se rapproche au plus près de la courbe dite *Elastica* d'Euler, optimisant ainsi l'emploi de matière (*ill. 1*).



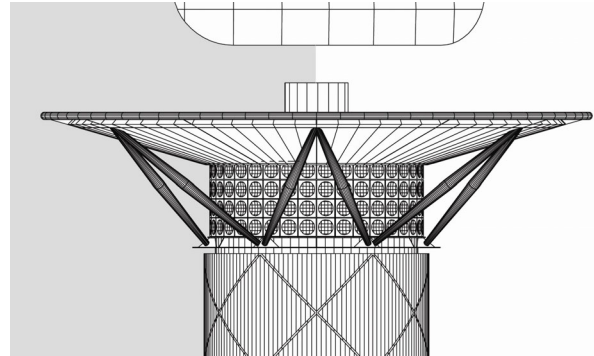
ill.1 – Projet de pont à Revin sur la Meuse / Perspective ill.2 – Projet de pont à Revin sur la Meuse / Croquis

Par ailleurs, dans cet exemple, la route passant sur le pont s'engouffre dans une vallée creusée dans la roche par un petit affluent de la Meuse. Ainsi, les deux arcs s'ouvrent vers le ciel, comme les pentes du talweg, mettant en scène cette configuration topographique (*ill. 2*). De tous les points où l'on se situe, l'ouvrage aide à lire un paysage, son fonctionnement ainsi que les grands éléments qui le constituent.

Le mimétisme peut être aussi poussé jusqu'à la symbiose. Le projet de tour radar primaire de l'aéroport de Bâle-Mulhouse est situé en bordure de lisière boisée et nécessite de se fondre dans ce contexte forestier car placé en ligne de crête de collines et donc visible depuis la vallée. Aussi, l'ouvrage utilise le langage végétal des arbres de haute tige : racines, tronc, branchage, feuillage, canopée, etc.... (*ill. 3*).



Chaque fonction de l'ouvrage (locaux techniques en pied, fût, chambre technique sous radar, plate-forme supérieure) prend place au sein d'une construction organique (ill. 4).



▲ ill.4 – Projet de tour radar pour l'aéroport de Bâle Mulhouse / Détail de la plate-forme

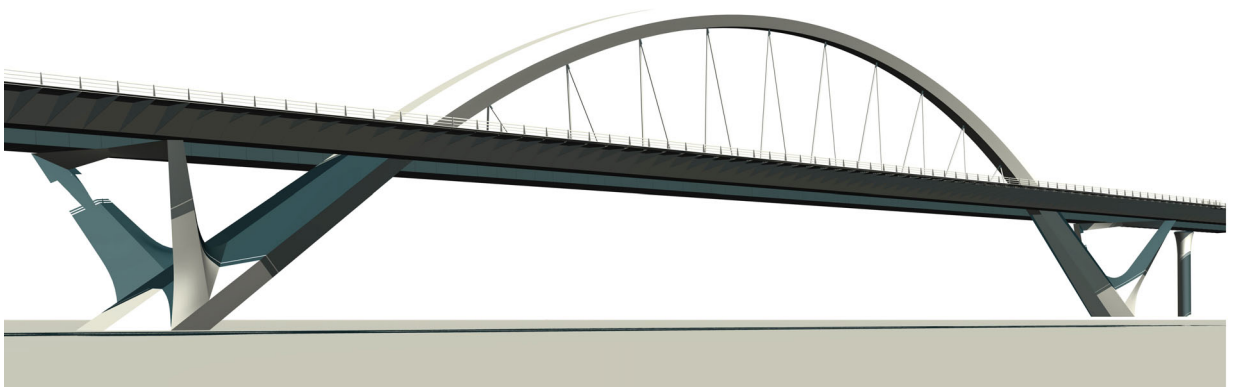
◀ ill.3 – Projet de tour radar pour l'aéroport de Bâle Mulhouse / Perspective

Dans le même esprit, on peut envisager de dessiner un ouvrage avec le langage graphique d'un des éléments constituant le paysage. Au cours de la conception du pont de Kyong-An en Corée, il a été choisi de faire référence à la fluidité du cours d'eau à enjamber, afin d'en révéler l'existence, existence que le développement du territoire avait progressivement occultée (ill. 5).



ill.5 – Projet de pont à Kyong-An en Corée / Perspective

C'est donc sur la base de courbes douces, de liaisons fluides entre les éléments du pont et de la symbolique de l'arc que l'ouvrage s'est dessiné peu à peu. L'arc unique est là pour signaler la présence du cours d'eau, créant une portée plus longue que nécessaire. Cet arc est stabilisé dans le plan transversal à l'aide « d'épines » en pied d'arc, faisant référence à un langage végétal, donc fluide (ill. 6).



ill.6 – Projet de pont à Kyong-An en Corée / Vue 3D

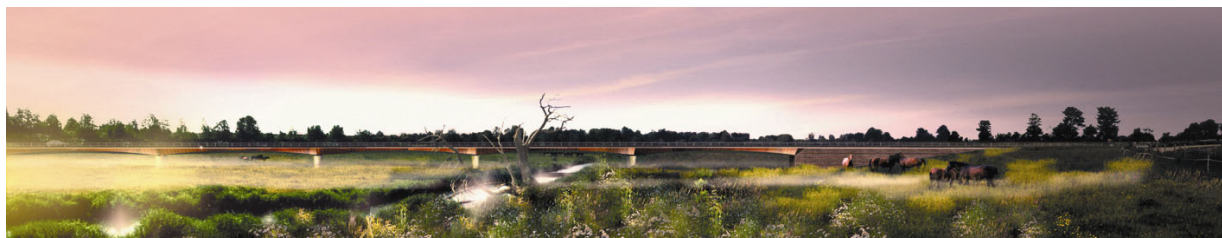
Ces exemples montrent que le langage utilisé par les architectes aide à construire un paysage, en en révélant ses caractéristiques naturelles ou son fonctionnement, par exemple par la configuration géométrique de son schéma structurel ou par le langage formel utilisé dans son dessin.

3.2. Écologie

Si ce souci d'inscription harmonieuse d'un ouvrage d'art dans un paysage est logiquement un impératif environnemental, il ne saurait être suffisant d'un point de vue écologique. Il n'est pas rare en effet, qu'avant de prendre place dans un paysage, un ouvrage nécessite lors de sa construction de bouleverser temporairement un écosystème naturel. Aussi, dans l'analyse des enjeux écologiques liés à la construction d'un pont, l'importance de la préservation *permanente* d'un équilibre écologique peut être mise en évidence, y compris en phase de travaux.

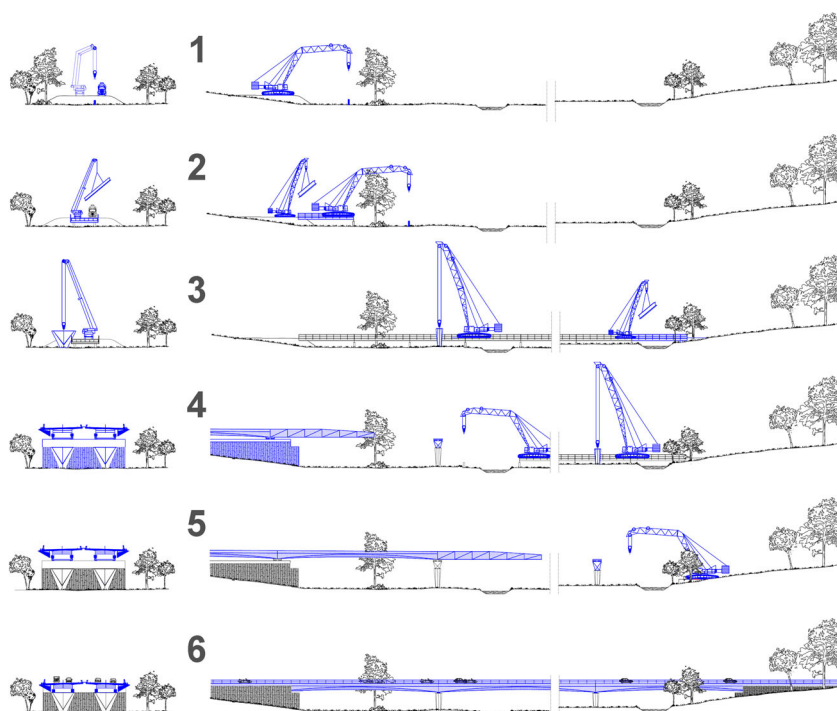
Dans un site de très haute valeur écologique, le projet d'un pont près d'Argentan en Normandie a été conçu au moins autant avec le souci d'une intégration juste au paysage que fondé sur le caractère écologique de ses méthodes de construction.

Le site d'accueil du pont est une zone constituée d'entrelacs de l'Orne sur une vaste étendue de plusieurs hectares (*ill. 7*). Cet endroit est de surcroît une halte de migration et une zone de nidification pour de nombreuses espèces d'oiseaux. Or, en général, la construction d'un ouvrage de grande longueur (ici environ 450 m) s'accompagne de l'édification de pistes provisoires pour les engins de chantier (grues, camions, ...etc.), qui, dans ce terrain marécageux, pose un problème écologique autant que technique.



ill.7 – Projet de pont autoroutier à Argentan / Perspective

Aussi, dès le concours, une méthode de construction qui n'endommage pas le site a été proposée. La solution réside dans l'édification préalable d'une « estacade », sorte de pont provisoire étanche et poussé depuis les berges solides qui permet le roulement d'engins de chantier au-dessus du site naturel. Ce dispositif provisoire est retiré à l'avancement de la construction du pont définitif (*ill. 8*). Ainsi, non seulement, les pistes de chantier habituelles ne sont pas nécessaires, mais le franchissement des multiples cours d'eaux par les engins est assuré sans toucher au fragile équilibre écologique du site.



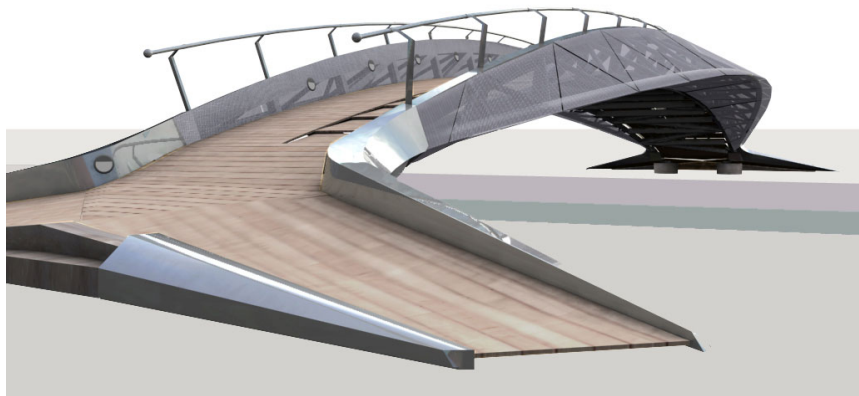
ill.8 – Projet de pont autoroutier à Argentan / Méthodes de construction

Il a été également proposé de limiter les nuisances de chantier lors des périodes de migration et de nidification des oiseaux, imposant un planning de construction plus long qu'à l'habitude, mais garant à tout moment de la vie naturelle du site.

Cet exemple montre que les impératifs écologiques sont pris en compte non seulement en concevant un objet final intégré dans son paysage, mais également en l'accompagnant de méthodes de construction écologiques.

Un autre exemple peut démontrer que mêmes les petits ouvrages peuvent être conçus en tenant compte des conditions environnementales spécifiques du lieu.

Remplaçant une petite passerelle ruinée par les attaques répétitives de la tramontane dans le port de Gruissan dans l'Aude, le projet de la nouvelle passerelle a été dessiné intégralement sur des considérations aérodynamiques. Le profil de coupe de ce projet ne présente pas de réelle prise au vent, se profilant dans l'air comme une raie dans l'eau (ill. 9). Cette forme en caisson triangulaire laisse espérer une résistance extrême à la fatigue face aux efforts du vent, offrant une durée de vie bien supérieure à celle de l'ancienne passerelle.



ill.9 – Projet de passerelle à Gruissan / vue 3D

Ainsi, c'est bien en se situant dans le contexte du volet écologique du développement durable que les ouvrages d'art s'inscrivent de fait dans une approche vertueuse en terme d'investissement public.

3.3. Territoire

À plus grande échelle de déploiement, les ouvrages d'art, éléments constitutifs d'itinéraires routiers ou ferroviaires, obéissent à d'autres règles de développement. Si l'on excepte les ouvrages exceptionnels, les petits ouvrages courants, par leur multiplicité, forment un chapelet d'objets paysagers qui jalonnent un parcours. Il peut être intéressant dès lors de rendre compte, tout au long de l'itinéraire, de la transformation progressive des paysages afin d'en faciliter la lecture.

Ainsi, dans le projet des ouvrages de la Route Centre Europe Atlantique quand celle-ci traverse les départements de la Charente et de la Charente-Maritime, l'itinéraire est suffisamment étiré pour faire face à des situations bien différentes : contreforts sidérolithiques du Massif Central dans la vallée de la Vienne, forêt de la Braconnie à La Rochefoucauld, coteaux viticoles de Cognac, roche calcaire de Saintes, plaine atlantique à Saujon sont autant de paysages successifs.

Offrant un visage commun comme un catalogue d'objets standardisés (pour des raisons économiques), ces ouvrages ordinaires peuvent rendre compte de cette variété de situations à l'aide de fines variations : parement minéral à teinte ferreuse à Etagnac, parement boisé à La Rochefoucauld (ill. 10), parement calcaire et ouvragé à Sainte faisant référence à la tradition stéréotomique de cette ville (ill. 11), ligne tendue et surfaces enrochées à l'approche de l'océan. Tous éléments de nature à bâtir un véritable itinéraire aux dimensions géographiques.



ill.10 – Projet d'ouvrage pour la RCEA à La Rochefoucaud / Vue 3D



ill.11 – Projet d'ouvrage pour la RCEA à Saintes / Photo de chantier

Ainsi, il est montré que la standardisation des ouvrages courants ne s'oppose pas à leur inscription dans un territoire, mais peuvent au contraire en révéler le changement progressif. Point n'est besoin dès lors d'ouvrages qui se singularisent à outrance pour enrichir un parcours.

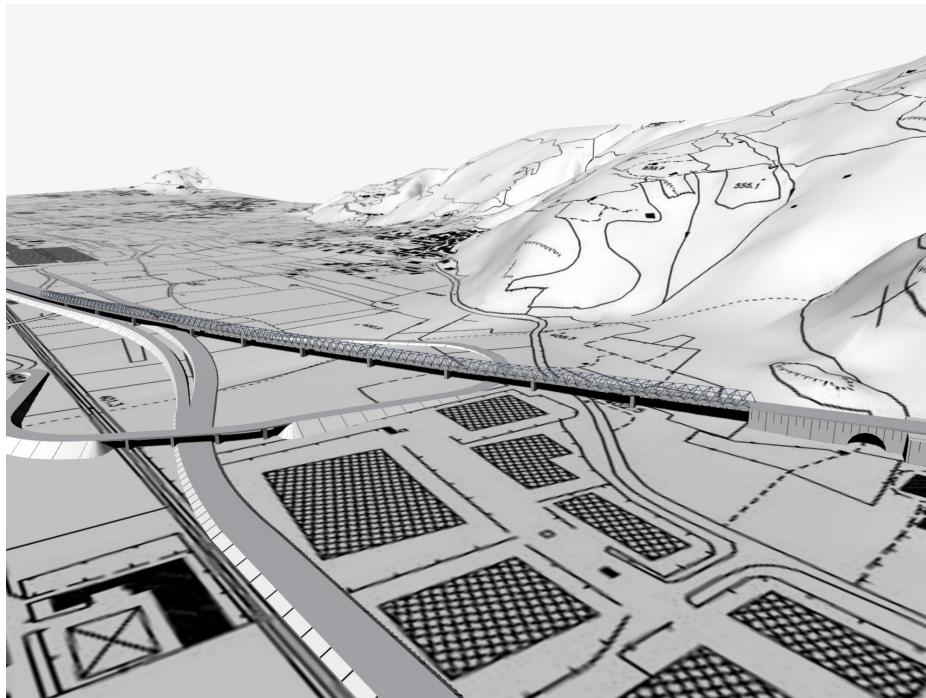
Mais, dans certaines situations, face à l'échelle de certains itinéraires, de certains paysages et à la nécessité d'ouvrages exceptionnels, l'approche conceptuelle est guidée par le constat suivant : les ouvrages ont une telle envergure qu'ils construisent véritablement le paysage.

Ici, ce n'est pas la logique d'itinéraire qui préside, mais bien le fait que l'ouvrage soit un *artefact paysager*. Les ouvrages ne se situent pas dans un paysage, ils sont le paysage, englobant le contexte naturel comme un des éléments de composition au même titre qu'eux. Il en résulte une dialectique dans laquelle la confrontation est inéluctable. Comme pour le projet de pont ferroviaire à Sam Ryang Jin en Corée, d'autres outils conceptuels sont alors requis comme la superposition, la transparence ou l'opposition géométrique comme élément de tension assumée (*ill. 12*).



ill.12 – Projet de pont ferroviaire à Sam Ryang Jin en Corée / Perspective

Lorsqu'au paysage montagneux se superposent plusieurs réseaux d'infrastructures de transports comme le chemin de fer, le réseau routier rapide et la desserte routière locale, les outils de simulation qui semblent les mieux adaptés sont la maquette à grande échelle qui synthétise toutes les options possibles. Dans le projet d'études de la ligne ferroviaire entre Lyon et Turin, la maquette met en évidence les lignes de transport en tant que délimitations de zones qui doivent être alors les plus perméables possibles. Elles sont pensées en tant que digues poreuses et non comme des limites hermétiques. Si d'un point de vue écologique, la respiration du territoire est une nécessité, d'un point de vue territorial, la limitation de parcelles résiduelles en est une autre (*ill. 13*).



ill.13 – Projet pour les ouvrages de la liaison ferroviaire Lyon-Turin / Maquette

Ainsi, on montre que l'étude des cas des grandes infrastructures avec leur environnement nécessite des outils spécifiques et leur développement une approche conceptuelle les assumant en tant qu'éléments structurants du paysage.

4. VOLET ÉCONOMIQUE

La réponse apportée par les concepteurs d'infrastructures aux questions économiques peut être double : celle d'une part, qui consiste à les concevoir avec les techniques les plus simples, le minimum de matière, si possible de provenance locale et/ou le minimum d'énergie (incluant les énergies grises), celle d'autre part, pensant en terme de coût global, avec les techniques les plus durables, les deux approches n'étant pas forcément incompatibles, mais fonction de chaque cas ⁴.

La première approche relève d'une logique de coût d'investissement, la seconde d'une démarche de recherche.

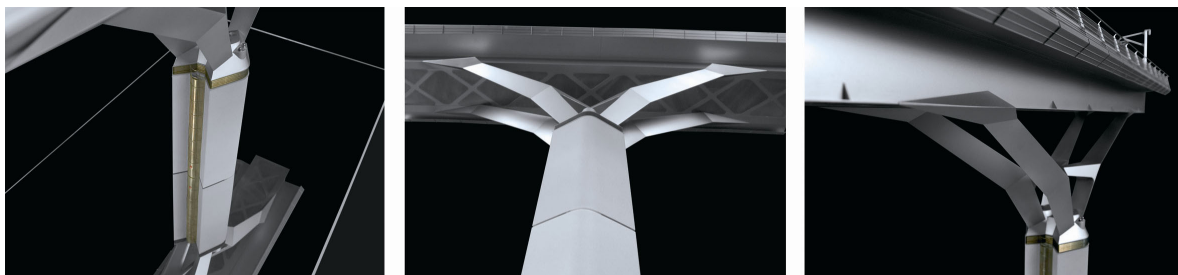
4.1. Coûts d'investissement

S'agissant d'équipements lourds, c'est donc avec cette préoccupation qu'a été abordée la conception du projet du viaduc ferroviaire de la vallée de la Savoureuse au sein de la ligne du TGV-Est (*ill. 14*). En effet, étant donné l'ampleur des investissements à consentir pour le franchissement de cette vallée (850 m d'ouvrage), le viaduc est conçu sur la base des considérations suivantes : recherche d'une économie en coût global (investissement et maintenance), préservation de la vie et de l'écologie de la vallée, réponse technique face à un contexte sismique.



ill.14 – Projet de viaduc TGV dans la vallée de la Savoureuse / Elévation générale

Dès lors, le projet est une réponse à l'équilibre de ces trois impératifs et son image n'en est que la résultante. Le choix de la structure est pris sur la base d'une technologie éprouvée (bi-poutre lancé) plutôt que d'une structure complexe. Ce choix fait, le reste du travail s'apparente au travail du sculpteur travaillant au couteau (*ill. 15*).

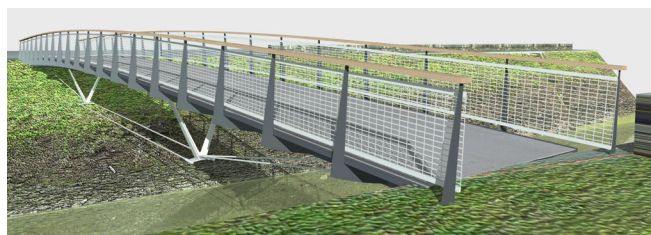


ill. 15 – Projet de viaduc dans la vallée de la Savoureuse / Maquette

Il n'est pas de projets d'ouvrages d'art dont la taille ne justifierait pas de ce souci. A ce titre, la procédure d'appel d'offre dite « conception-construction » montre son avantage dans certains cas, notamment les cas qui nécessitent une conception particulièrement économique. Dans le projet pour une passerelle de courte portée à Saint-Gemmes (Maine-et-Loire), une solution a été proposée dont la principale caractéristique est d'être peu coûteuse. Cette solution est fondée sur une recherche systématique visant à chasser le poids, poussée même jusqu'à une réflexion sur la peinture. Le schéma statique de cette passerelle a permis de limiter l'emploi de matière (*ill. 16 et 17*). Structure, équipement et revêtement sont confondus dans les mêmes dispositifs. Les besoins les plus essentiels (franchissement, sécurité, confort) sont identifiés et trouvent des réponses par des dispositifs communs (les montants des garde-corps sont confondus avec la structure, le revêtement roulant participe au contreventement, etc....). La maintenance est réduite à la vérification de la tenue dans le temps de l'ouvrage. Notons enfin la facilité de démontage du système.



ill. 16 – Projet de passerelle à Saint-Gemmes / Perspective



ill. 17 – Projet de passerelle à Saint-Gemmes / Vue 3D

S'inscrivant dans une démarche de développement durable et devant l'ampleur de certains investissements, il a été recherché préférentiellement les solutions les moins coûteuses, travaillées pour les contraindre à satisfaire communément de multiples enjeux préalablement identifiés.

4.2. Coûts de recherche

Il peut néanmoins exister des cas où l'analyse des enjeux conduit à des choix de performances qui s'atteignent par des moyens de construction non courants. En effet, la logique de développement durable ne conduit pas à des réponses stéréotypées, mais qui découlent d'une réflexion préalable et qui peuvent sembler parfois paradoxales.

Pour le projet du viaduc de desserte du nouvel aéroport de Toulouse-Blagnac, l'analyse des besoins du maître d'ouvrage implique qu'ils nécessitent d'être satisfaits préférentiellement en terme d'image, de confort et de maintenance (*ill. 18*).



ill. 18 – Projet de viaduc de desserte pour le nouvel aéroport de Blagnac / Perspective

Dès lors, il a été proposé là encore des solutions qui répondent à ces enjeux de manière simultanée. Le viaduc est conçu à partir d'un module unique de voussoir précontraint en béton blanc à haute résistance (80 MPa). Ces voussoirs reçoivent des dispositifs permettant de diffuser une lumière indirecte rendue possible par la couleur claire du béton (*ill. 19*). Du fait de la haute densité d'occupation des lieux, la maintenance de l'ouvrage est prise en compte dès le début de la conception pour la limiter au maximum.



ill. 19 – Projet de viaduc de desserte pour le nouvel aéroport de Blagnac / Détails

Ces options ont nécessité des études poussées afin de réduire le poids et les dimensions de l'ouvrage, de créer des formes répétitives aisément décoffrables ainsi que d'y intégrer l'équipement de manière à en faciliter l'entretien. Il en ressort un ouvrage qui, en coût d'investissement, peut trouver concurrent plus économique, mais présente des performances élevées en terme de coût global, d'image, de durabilité et de confort.

Ainsi, la démarche de développement durable amène à des conceptions adaptées à chaque situation, issues de recherches avancées. Du fait de l'ordre de grandeur du coût des infrastructures, les études supplémentaires nécessaires à l'obtention de solutions optimales ont un coût sans commune mesure avec les économies espérées d'une conception adaptée. Ainsi, l'investissement que consent le maître d'ouvrage en dépenses d'études est amplement compensé par les performances attendues de son ouvrage et les économies réalisées en coût de construction.

5. VOLET SOCIAL

L'approche sociale dans la conception des infrastructures de transports consiste préalablement à identifier les populations auxquelles elles sont destinées, en analyser les comportements auxquels doivent répondre des qualités d'usage, combiner ces dernières avec le préalable urbain dans lequel s'inscrivent ces infrastructures, enfin leur donner une dimension d'appropriation suivant une logique qui leur est propre.

5.1. Usages et comportements

À l'évidence, la première préoccupation d'ordre social est la sécurité apportée par l'ouvrage. Résidant souvent dans des lieux à risques, puisque liés aux transports, les ouvrages ont pour mission d'assurer le déplacement des personnes dans les conditions les plus sûres.

Pour le concours d'une passerelle piétonne franchissant un faisceau autoroutier à Villepinte et principalement empruntée par des enfants, il a été proposé, hors programme, une ré-hausse du garde-corps afin de garantir une sécurité maximale. Habituelle pour des ouvrages au-dessus de voies ferroviaires (protège-caténaires), ce type de dispositif est souvent rapporté sur ouvrage, contrariant son architecture. Dans ce projet, ces dispositifs de protection ont été intégrés dès les premières esquisses (*ill. 20*). Il rentre ainsi dans la mission du concepteur d'anticiper les comportements en y apportant des solutions satisfaisant de multiples enjeux, dans ce cas précis, sécurité et intégration harmonieuse au paysage (*ill. 21*).



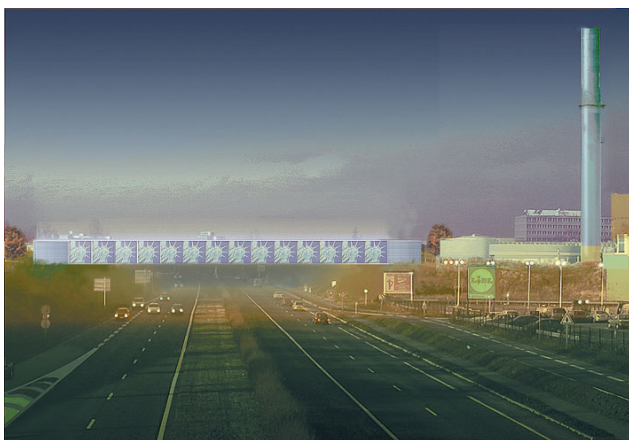
ill. 20 – Projet de passerelle à Villepinbte / Perspective



ill. 21 – Projet de passerelle à Villepinbte / Photo de chantier

Dans certains cas, il ne peut s'agir de simples dispositifs pour améliorer les conditions de déplacement, mais d'une véritable architecture qui recrée un paysage. En effet, il arrive que l'ouvrage s'inscrive dans un environnement si dégradé par son développement antérieur que de simples mesures de correction ne peuvent suffire. L'ouvrage est alors, au-delà de sa simple fonction, une pièce d'architecture recomposant un morceau de territoire.

À titre d'exemple, le projet d'un pont routier et piéton au-dessus d'une voie rapide et reliant deux centres scolaires à Evry a pour objectif de donner un autre sens à un paysage très délité (*ill. 22*). L'analyse préalable a montré que ce furent des enjeux sociaux, d'image, d'usage et de vie, perçus comme prioritaires, amenant à rechercher des performances accrues en termes paysager et humain.



ill. 22 – Projet de pont routier à Evry / Perspective



ill. 23 – Projet de pont routier à Evry / Photo de chantier

Aussi, ont été simultanément agencés des dispositifs de co-habitation entre différents modes de déplacement sur ouvrage (piétons, cycles, personnes à mobilité réduite, véhicules motorisés) avec une image qui transcende la vision que l'on peut avoir d'un paysage (*ill. 23*). Une analyse comportementale des usagers a été menée parallèlement au travail plastique de l'architecte. La synthèse de ces deux travaux créent une réponse surprenante, bien qu'élaborée, pour des raisons économiques, sur la base d'une structure technique classique (poutres Warren).

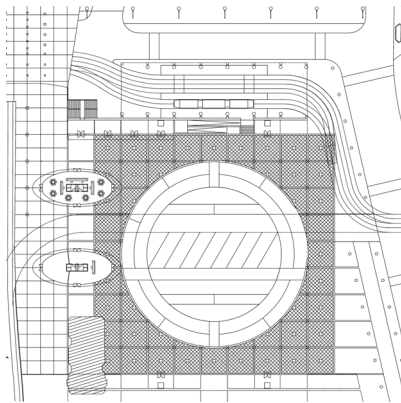
Face à des besoins sociaux plus exigeants et à l'augmentation de la densité démographique de nouveaux territoires en développement, ces enjeux nouveaux ont été analysés lucidement et satisfaits avec des dispositifs combinés et appropriés.

5.2. La Ville pour tous

Dans le cas des infrastructures urbaines, celles-ci se trouvent confrontées à la question de leur co-habitation avec le tissu urbain existant. Elles doivent donc, non seulement assurer leur propre fonctionnement, mais aussi s'intégrer dans celui de la Ville. Cette superposition de fonctions rend donc plus complexe leur conception.

La variété et la complexité croissante des infrastructures de transports et leur juxtaposition (intermodalité) entre elles créent également des situations dont la lisibilité pour les usagers n'est pas évidente. Un des enjeux sociaux d'un projet d'intermodalité est de rendre clair un fonctionnement d'échanges. Historiquement, il existe peu de modèle urbain auquel le concepteur puisse implicitement se référer. En cette absence, il importe que les concepteurs fondent leurs projets sur au moins deux qualités essentielles : lisibilité et sécurité.

Ce sont ces deux enjeux, lisibilité et sécurité, qui ont guidé la conception du pôle intermodal de Nancy (ill. 24). Connectant tout à la fois le train, le tramway et une gare de bus urbains, suburbains et interurbains dans un secteur déjà dense du centre-ville, le pôle doit également être économe en espace. La desserte des passagers des bus s'effectue par le côté extérieur d'un anneau de chaussée, tandis que le stationnement temporaire des bus prend place au centre de cet anneau. Ce schéma a été rendu possible par la gestion dynamique des affectations de lignes aux différents abribus. Cet anneau s'inscrit dans un parvis carré planté et éclairé, conduisant à la gare ferroviaire et aux quais du tramway, sans traversée supplémentaire de chaussée (ill. 25)⁵.



ill.24 – Projet de pôle intermodal à Nancy / Plan
ill.25 – Projet de pôle intermodal à Nancy / Photo

Concevoir la ville pour tous, c'est lui donner un visage simple, dont le fonctionnement est immédiatement perceptible par les usagers de tout profil. Cet exemple montre que dans le cas des infrastructures de transports, la prise en compte des conditions de fonctionnement est un enjeu qui découle directement de l'analyse du service rendu aux usagers.

Ainsi, pour le concours « concession-conception-construction » du tramway de Reims, l'efficacité du système de transport a été mise en relation directe avec les conditions de travail des personnes en charge de son fonctionnement. Par exemple, le centre de maintenance des rames en fin de ligne, a fait l'objet d'études préalables visant à apporter au bâtiment une architecture propre à favoriser ces conditions de travail : inscription du bâtiment dans un environnement végétal préservé et faisant l'objet de mesures d'accompagnement écologiques, conditions de confort visuel et thermique, image valorisante de son architecture, etc.... (ill. 26).



ill.26 – Projet de tramway à Reims / Perspective du centre de maintenance



ill.27 – Projet de tramway à Reims / Perspective de la place de la gare – phase 1

Ce cas montre que les grandes infrastructures de transports sont particulièrement concernées par une approche globale de développement durable, autant en tant qu'exemple d'espace public (dont on peut espérer qu'il favorise l'appropriation des infrastructures par les citoyens) qu'au titre de leur efficacité permanente. Les conditions de travail des personnes en charge du fonctionnement des grands systèmes de transports (réseau de bus, tramway, métro) font donc partie intégrante d'une réflexion en terme de développement durable.

Concernant la question de l'appropriation des infrastructures de transport par les citoyens (habitants, usagers, visiteurs), là encore, le projet du tramway de Reims a fait à ce titre l'objet d'une attention particulière.

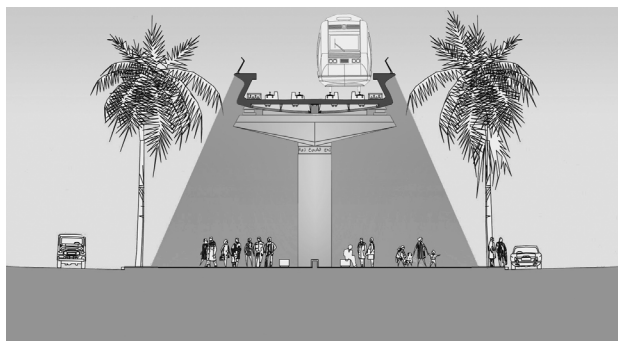
En effet, l'intermodalité du système avec le réseau ferroviaire nécessite la ré-organisation d'un morceau de ville à l'hyper-centre de Reims. Précisément à l'emplacement d'un square très apprécié des Rémois, cet équipement intermodal nécessaire au fonctionnement des systèmes de déplacements urbains, s'est vu proposé un développement en deux phases : la première fondée sur la préservation du square (ill. 27) pendant le laps de temps nécessaire à l'appropriation du tramway et à l'oubli des nuisances de chantier par les Rémois, la deuxième avec l'idée d'une consultation concertée sur son avenir. Ce phasage a le mérite d'adapter le temps de l'édification du tramway avec le temps de la ville, c'est-à-dire superposer planning politique et planning des travaux.

Ainsi, on montre que le développement durable incite à non seulement concevoir un système de transport sur des considérations environnementales et économiques, mais aussi avec le souci de son appropriation progressive par les citoyens. Cette appropriation peut être également favorisée par une information continue de l'action du maître d'ouvrage.

Ainsi, chaque ville nécessitant l'évolution de ses systèmes de transports publics présente une situation spécifique, en fonction de l'état de développement de ses systèmes mis à la disposition des habitants, mais aussi en fonction du contexte géographique et sociologique de la ville.

Dans le cas du métro neuf de Dubaï, une première analyse a conduit à un double constat préalable : des conditions climatiques extrêmes (55° en août) et une population peu familiarisée avec l'usage de moyens de transports métropolitains.

Aussi de ces contraintes, il est question d'en tirer parti. Tant pour des raisons économiques que géologiques (sous-sol défavorable à des fouilles profondes), la municipalité a opté pour un métro aérien sur la plus grande partie de la ligne. En règle générale, cette solution présente plus d'inconvénients que d'avantages pour la ville (implantation, esthétique, nuisances sonores, etc...). Dans le cas de Dubaï, cette configuration offre une double possibilité : d'une part, celle de créer une zone ombragée le jour, favorisant les conditions de confort de déplacement du piéton au sein de la ville (ill. 28) et, d'autre part une zone d'éclairage artificiel la nuit, participant ainsi aux efforts d'éclairage public de la municipalité (ill. 29). C'est également l'occasion de créer un réseau de signalétique, autant pour l'usage du métro (affichage de la couleur de chaque ligne en tête de chevêtres) que pour l'orientation au sein du réseau viaire de la ville (indication des rues traversées en tête de piles).



ill.28 – Projet du métro de Dubaï / Coupe de principe



ill.29 – Projet du métro de Dubaï / Perspective

Ainsi, le viaduc crée véritablement un espace à caractère urbain (ombrage, promenade, éclairage public, signalétique), permettant de l'inscrire dans une culture urbaine arabe fondée sur la convivialité des rapports humains en espace public (exemples des allées ombragées par des orangers, souks abrités de toiles, mosquées, etc....) et d'aider à structurer un réseau viaire en pleine croissance.

Ces dispositions, rendues possibles à l'origine par l'espace public disponible (sur-largeur des voies), ont le mérite de générer des qualités de confort, d'orientation et de pédagogie d'utilisation du système de transport, initialement identifiées comme des contraintes humaines inhérentes au système et au lieu.

Ainsi, chaque système de transport ne peut se concevoir que dans des situations urbaines bien identifiées, et notamment propre à l'expérience et à la culture de chaque population.

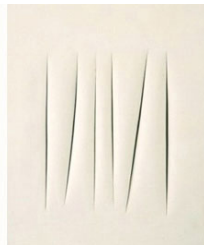
5.3. Cultures

Si l'application d'une démarche de développement durable nécessite de privilégier l'emploi des ressources locales, elle doit également adapter la conception des ouvrages en fonction de la culture des populations locales.

Situé à l'embouchure d'une artère fluviale desservant un des plus grands ports de Corée, le pont d'Ulsan revêt de ce fait un caractère symbolique. Accueillant le trafic maritime venant du monde entier, il apparaît comme un des premiers signes architecturés du pays, pour ceux qui viennent depuis la mer (ill. 30).



ill.30 – Projet de pont autoroutier à Ulsan en Corée / Perspective



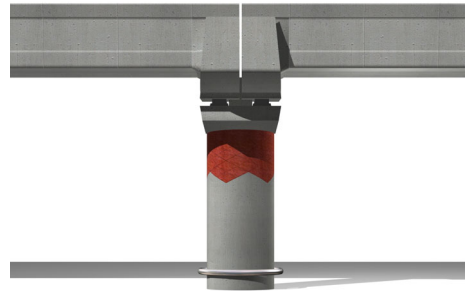
ill.31 – Projet de pont autoroutier à Ulsan en Corée / Images de références

Dès lors, le besoin de monumentalité est identifié comme un des enjeux du projet. Confié à des concepteurs occidentaux, ces derniers ont pour tâche de trouver un langage architectural accessible à d'autres cultures que la leur. Il leur est possible, de ce fait, de se référer à des symboles ou des signes qui, soit sont tirés de la culture locale, soit ont un caractère suffisamment universel pour parler à tous. Symbolisant le salut asiatique, l'image de mains jointes leur est apparu comme suffisamment explicite pour servir de signe d'accueil (ill. 31).

De même, la référence au diapason qui donne le la musical cherche à signifier la justesse d'échelle de l'ouvrage dans un paysage grandiose. Enfin, la finesse de l'ouvrage se veut exprimée par l'analogie avec le travail de Lucio Fontana, incisant ses toiles « Concetto spaziale ».

Il n'est pas nécessaire que ces signes ou symboles soient consciemment perceptibles, mais leur utilisation permet aux concepteurs, projetés hors de leur culture, de traiter les enjeux architecturaux liés, dans le cas présent, à la position dans un territoire, l'échelle et la permanence de ce type d'équipement lourd.

De la même manière, les qualités d'analyse des concepteurs peuvent être mises à contribution dans des projets situés dans une culture qui n'est pas la leur. Pour le projet de viaduc de la ligne 3 du métro aérien de Delhi, c'est la fluidité des foules indiennes qui sert de référent au projet. L'utilisation d'un vocabulaire de formes fluides permet de s'affranchir d'une approche sémiologique, toujours délicate dans des cultures-palimpestes et complexes comme celle de l'Inde (ill. 32 et 33). Malgré des contraintes techniques extrêmes fortes du fait des charges d'un métro lourd et du contexte technico-économique indien, l'enjeu est de créer un langage architectural adapté et immédiatement opérationnel pour s'insérer dans le rythme du développement de ce type d'infrastructures urbaines.



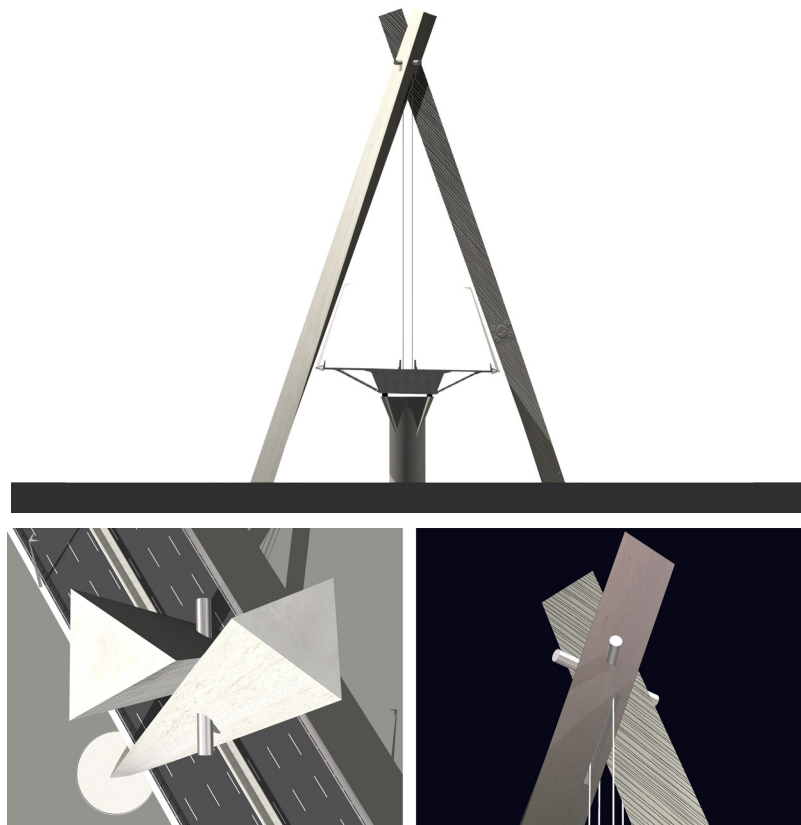
ill.32 – Projet du métro de Delhi / Vue 3D

ill.33 – Projet du métro de Delhi / Elévation de la pile

Une autre manière pour les concepteurs de fondre leur projet dans une culture différente est de percevoir ce qui en fait la spécificité profonde.

Par exemple, pour un observateur occidental, la culture du geste est con-substantielle de la culture coréenne. De manière générale, peintres, sculpteurs ou cuisiniers asiatiques accordent autant au moins d'importance au résultat de leur œuvre qu'à la manière de la produire, l'élégance de l'outil en action ainsi que la précision du geste.

Ainsi, pour le projet du pont à Incheon en Corée entre aéroport et ville, mettant de côté toute approche conceptuelle occidentale, le projet se fonde sur une analogie entre le dessin d'un ouvrage et les gestes simples de sa réalisation, comme celle d'un objet du quotidien : « Rompez et humidifiez un jeu de baguettes de cuisine en bois. Laissez sécher au soleil et en attendez la vrille d'un quart de tour. Striez les faces internes pour en faire apparaître la structure interne. Fondez le dispositif sur un parterre de gravier ratissé et assemblez en tête par deux courtes épingles tirées de la coiffure d'un lutteur. Suspendez délicatement le tablier comme des marionnettes accrochées à leurs fils » (ill. 34) ⁶.



ill.34 – Projet autoroutier à Incheon en Corée / Vue 3D et détails

En ce sens, et si c'était seulement celui-là, les infrastructures de transport n'échappent pas au questionnement culturel du développement durable, au sens où ce dernier les localise dans un contexte humain déterminé.

6. CONCLUSION

Ce que voyant, il nous faut retenir des exemples cités qu'ils recoupent la nomenclature du développement durable dans la variété d'approches qui le constitue, et notamment que :

- *d'un point de vue environnemental*, les ouvrages d'art caractérisent un paysage d'une manière qui tient à leur confrontation et que leur performance écologique découle autant de leur méthodes de construction que de leurs qualités en phase de fonctionnement ;
- *d'un point de vue économique*, leur coût global gagne à être le plus réduit possible, sauf à relever d'enjeux liés à leur durabilité, nécessitant des études préalables approfondies ;
- *d'un point de vue social*, leur appropriation par tous est liée à la compréhension et la satisfaction des besoins humains spécifiques de populations en mutation.

À ces conditions, satisfaisant simultanément les enjeux liés aux trois volets du développement durable, les infrastructures de transports, élément d'urbanisme et de paysage à part entière, s'inscrivent bien dans sa logique, témoignant par-là compte de la richesse et de la variété du monde.

NOTES

1 – Les infrastructures de transports comprennent, d'une part les grands réseaux rendant possibles le déplacement comme les voies ferrées et navigables, les réseaux autoroutiers et routiers ainsi que les équipements qui leur sont liés (aéroports, gares, ports, ouvrages d'art), les systèmes urbains de transports comme le métro, le tramway, les réseaux de bus et leurs équipements (stations, centre de maintenance) et d'autre part, les équipements qui connectent entre eux ces systèmes (gare routières, pôle intermodaux, échangeurs).

2 - Rappelons que le développement durable est une approche qui consiste à envisager le développement d'une collectivité de manière à assurer aux générations futures les mêmes conditions pour leur propre développement que celles dont dispose la nôtre.

3 - Plus particulièrement appliquée au domaine des infrastructures de transports et des ouvrages d'art, la méthode de conception utilisée pour satisfaire les impératifs du développement durable passe par quelques grandes étapes.

Première étape, l'**identification des enjeux** liés au projet et au site. On peut lister ces enjeux de la manière suivante :

- les *enjeux économiques et sociaux*, soit le rapport entre investissement consenti par la communauté et les attendus en terme d'organisation sociale et de développement économique;
- les *enjeux de patrimoine*, au sens d'un parc d'équipements à gérer par l'organisme public ou le concessionnaire ;
- les *enjeux de qualité d'usage et de vie*, liés aux modes de locomotion, à l'analyse des comportements des usagers et de leur co-habitation sur ouvrage ;
- les *enjeux d'image*, nécessaire à l'appropriation des infrastructures d'équipement par les usagers, les riverains ou plus généralement les citoyens, mais aussi à l'image de l'action du maître d'ouvrage ;
- les *enjeux écologiques et de territoire*, liés à la relation entre développement d'un territoire et préservation de son équilibre écologique ;
- les *enjeux de proximité*, liés à la co-existence entre infrastructures de transports et territoires habités.

Deuxième étape, le choix des **performances à atteindre** pour satisfaire ces enjeux. Ce choix s'effectue par le maître d'ouvrage en concertation avec les opérateurs de conception, les partenaires du développement du territoire, les représentants du pouvoir public ainsi que les organisations non-

gouvernementales. Les grandes orientations du projet sont affichées et donnent lieu à une communication accessible, compréhensible par tous et permanente.

S'agissant des ouvrages d'art, on peut en citer sept, soient :

- la *relation harmonieuse de l'ouvrage avec son environnement immédiat*, en tant qu'objet dans un paysage et au regard de son impact écologique ;
- le choix des *procédés et produits de construction*, inscrit dans un processus industriel considéré de manière holistique ;
- un *chantier à faibles nuisances* vis-à-vis de son environnement immédiat ;
- la *gestion de l'énergie* nécessaire à la fabrication, la construction et le fonctionnement de l'ouvrage ;
- la *gestion des ressources et des déchets de chantier* (eau, terrassements, déchets, etc....) ;
- l'*entretien et la maintenance*, notions qui rentrent dans le calcul du coût global d'investissement ;
- leurs *performances écologiques et humaines* (absence de pollution, confort acoustique et visuel, praticabilité, etc....).

Troisième étape, les **choix conceptuels** utilisés pour atteindre ces objectifs. La simulation des hypothèses conceptuelles doivent suivre un processus de récurrence de manière à être certain de satisfaire simultanément l'ensemble des objectifs assignés préalablement.

Enfin, quatrième et dernière étape, l'**évaluation des performances** du produit fini, servant au développement ultérieur d'équipements similaires et donnant lieu à la production d'un cahier de recommandations concernant sa maintenance.

4 - Pour illustrer les ordres de grandeur de budgets alloués aux infrastructures de transports, on peut les comparer en terme d'investissement aux efforts consentis en matière d'équipements liés à la *santé* par une unité de référence, le coût global d'investissement d'un *lit d'hôpital*.

Celui-ci est estimé à 150 K€ en coût d'investissement auquel s'ajoute 25 K€ de coût annuel d'entretien et de maintenance. Notre unité sera donc de 175 K€ par an en coût global.

Ainsi, le coût global par an d'une passerelle piétonne de taille moyenne (passerelle de Villepinte, 60 m) représente 5 lits, un viaduc de desserte d'aéroport (viaduc du nouveau hall de l'aéroport de Toulouse-Blagnac) 50 lits, un viaduc ferroviaire TGV (viaduc de la vallée de la Savoureuse, 800 m) 200 lits, un réseau de tramway d'une ville moyenne (tramway de Reims) 1 500 lits, un métro de deux lignes dans une métropole en développement (métro de Dubaï) 15 000 lits.

Cette unité de mesure a pour intérêt de montrer que les efforts consentis en termes d'infrastructures de transports varient considérablement d'un système à l'autre. C'est pourquoi les économies réalisées au cours du choix de programmation et des études menées par la suite sont essentielles. En phase de définition du programme, d'études préliminaires ou de conception, toute décision prise par les concepteurs doit être fondée sur la question « combien de lits d'hôpitaux ce choix fait-il économiser à la collectivité ? »

5 - En définitive, le maître d'ouvrage, sur la base des mêmes principes, a choisi une forme de peigne, n'offrant pas les mêmes conditions de sécurité (au moins une traversée de chaussée à la descente de bus), mais dont le fonctionnement est plus courant, même si ce sont bien ces motivations, lisibilité, simplicité et sécurité, qui ont présidé à la conception du projet final (*ill.* 25).

6 - Au delà de l'aspect anecdotique de cette manière d'aborder la question de la conception des ouvrages sur le sol d'une autre culture, on est en droit de s'interroger sur la pertinence d'une approche strictement rationnelle dans le domaine des grands ouvrages d'art publics. Technicisme (un ouvrage est un élément purement technique), fonctionnalisme (il remplit un rôle unique, aller d'un point A vers un point B) et conceptualisme (il découle d'un schéma préalablement pensé) sont-ils les meilleurs moyens d'inscrire ces ouvrages dans un contexte humain, donc culturel ? La théorie du développement durable, par la prise en compte des possibilités des ressources locales comme des cultures dans lesquelles il s'inscrit, incite à accorder une importance accrue aux méthodes conceptuelles les plus variées.

LEXIQUE DES PROJETS

- Projet de pont routier à Revin (Ardennes) pour le département de la Ardennes avec Coredia, bureau d'ingénierie et Bruno Kubler, paysagistes / concours / 2004
- Projet de tour radar primaire pour l'aéroport de Bâle-Mulhouse pour le Direction Départementale de l'Equipeement du Haut-Rhin avec Ingéral, bureau d'ingénierie et Bruno Kubler, paysagiste / concours / 1996
- Projet de pont autoroutier à Kyong-An (Corée du sud) pour Hyundai avec Systra, bureau d'ingénierie / avant-projet / 2001
- Projet de pont autoroutier à Argentan (Orne) pour le Direction Départementale de l'Equipeement de l'Orne avec Setec TPI, bureau d'ingénierie/ concours / 2001
- Projet de passerelle piétonne à Gruissan (Aude) pour la commune de Gruissan avec Saunier et associés, bureau d'ingénierie / concours / 2006
- Projet d'ouvrages courants pour la Route Centre Europe Atlantique pour les Directions Départementales de l'Equipeement de la Charente et Charente-Maritime avec Bertrand Follea et Claire Gautier, paysagistes/ assistance à la maîtrise d'œuvre / 2000-2008
- Projet de pont ferroviaire à Sam Ryang Jin (Corée du sud) pour HDEC et Yooshin avec Systra, bureau d'ingénierie / avant-projet / 2001
- Projet d'ouvrages non courants pour la ligne ferroviaire TGV entre Lyon et Turin (France-Italie) pour Lyon Turin Ferroviaire avec Arthème, urbanistes/ avant-projet / 2004-2005
- Projet de viaduc ferroviaire pour le ligne TGV-Est pour Réseau Ferré de France avec Coredia, bureau d'ingénierie et Bertrand Follea et Claire Gautier, paysagistes / concours / 2004
- Projet de passerelle piétonne et cycliste à Saint-Gemmes (Maine-et-Loire) pour le département du Maine-et-Loire avec Baudin-Châteauneuf, entreprise de construction métallique / concours conception-construction / 2004
- Projet de viaduc de desserte du hall 3 de l'aéroport de Toulouse-Blagnac (Haute-Garonne) pour la Chambre de Commerce et d'Industrie de Toulouse avec Thierry Laverne, paysagiste / maîtrise d'œuvre sur concours / 2000-2008
- Projet de passerelle piétonne et cycliste à Villepinte (Seine-Saint-Denis) pour le Syndicat d'Equipeement de d'Aménagement des Pays de France et de l'Aulnoye avec Coyne et Bellier, bureau d'ingénierie / maîtrise d'œuvre sur concours / 2003-2006
- Projet de pont routier et piéton à Evry (Essonne) pour la Communauté d'Agglomération Bondoufle, Courcouronnes, Evry, Lisses avec Coredia, bureau d'ingénierie / concours / 2001
- Projet de pôle intermodal et surélévation du pont Saint-Jean à Nancy (Meurthe-et-Moselle) pour la Communauté Urbaine du Grand Nancy avec GTM, entreprise de construction et Ingérop, bureau d'ingénierie / maîtrise d'œuvre sur concours de conception-construction / 1998-2000
- Projet du tramway de Reims pour Reims Métropole avec Eiffage, entreprise de construction, Veolia, entreprise concessionnaire de transports et Setec Tpi, bureau d'ingénierie / concours conception-construction-concession / 2005-2006
- Projet des lignes 1 et 2 du métro de Dubai (Emirats Arabes Unis) pour Dubaï Municipality avec Systra, bureau d'ingénierie / études préliminaires / 2004
- Projet de pont autoroutier à Ulsan (Corée du Sud) pour Samsung avec Systra, bureau d'ingénierie / avant-projet / 2004
- Projet de la ligne 3 du métro de New Delhi (Inde) pour DMC avec Systra, bureau d'ingénierie / avant-projet / 2001-2003
- Projet de pont autoroutier à Incheon (Corée du sud) pour Hyundai et Yooshin avec Systra, bureau d'ingénierie / avant-projet / 2005