



**HAL**  
open science

## ”Rendu non-photoréaliste multi-échelles de la Cité Industrielle de Tony Garnier”

Xavier Marsault, Christophe Bertrand

► **To cite this version:**

Xavier Marsault, Christophe Bertrand. ”Rendu non-photoréaliste multi-échelles de la Cité Industrielle de Tony Garnier”. 2002. halshs-00265234

**HAL Id: halshs-00265234**

**<https://shs.hal.science/halshs-00265234>**

Preprint submitted on 1 Apr 2008

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Rendu non-photoréaliste multi-échelles de la « Cité Industrielle » de Tony Garnier

---

Xavier Marsault  
Ingénieur TPE, chercheur  
[xavier.marsault@lyon.archi.fr](mailto:xavier.marsault@lyon.archi.fr)

Christophe bertrand  
Architecte, chercheur  
[christophe.bertrand@lyon.archi.fr](mailto:christophe.bertrand@lyon.archi.fr)

MAP – ARIA, Unité Mixte de Recherche 694 du CNRS  
Ecole d'Architecture de Lyon - 3 rue Maurice Audin - BP 170 - 69512 VAULX EN VELIN CEDEX

**Mots clés :** ville virtuelle, modèle 3d, niveaux de détail, gestion de scène, temps réel, texturage multi-échelles, rendu non photoréaliste

## 1. Préambule : des villes réelles ou imaginaires en réalité virtuelle

Les reconstitutions virtuelles, les images de synthèse et la réalité virtuelle offrent aussi bien aux spécialistes qu'au grand public un accès privilégié à la connaissance du patrimoine architectural et urbain existant, disparu ou imaginé. Ultime développement des technologies du multimédia, la réalité virtuelle, considérée comme immersion du sujet percevant et acteur dans des espaces sensoriels, possède un pouvoir de communication et d'explicitation incommensurable avec une série d'images de synthèse ou une animation précalculée.

Depuis sa fondation, MAP-ARIA s'est orienté vers la mise à disposition des technologies du numérique pour les acteurs du bâtiment, sous la forme de didacticiels, de supports et produits pédagogiques, et de logiciels d'assistance pour la modélisation, la simulation, la restitution et la communication en architecture, de l'échelle du matériau à celle du paysage. Un axe privilégié d'ARIA concerne la modélisation de bases de données urbaines de grande taille.

La visualisation de sites urbains complexes en temps réel - 15 images/secondes minimum - et en contexte immersif - dans lequel l'utilisateur se déplace librement et interagit avec son environnement - demande des outils et des méthodes spécifiques de modélisation, de description et de structuration des scènes. Objet de recherche, la réalité virtuelle repose sur des approches originales : hiérarchisation des objets composant la scène, gestion des niveaux de détails (du lointain à la vue rapprochée), gestion dynamique des représentations, rendu photo-réaliste ou non photoréaliste, simulation d'occupation des espaces, dispositifs de visualisation immersifs.

Un projet phare de MAP-Aria a été la reconstitution de la « Cité industrielle », utopie de l'architecte Tony Garnier et parfait exemple de site urbain complexe, abordant toutes les échelles d'intervention humaine. Elle a constitué pour Aria une expérimentation idéale du fait de l'intérêt patrimonial de sa reconstitution, l'ampleur et la complexité de sa géométrie, et par ses aspects artistique, historique et pédagogique.

## 2. Visite d'un patrimoine doublement virtuel

Tony Garnier, architecte et urbaniste lyonnais (1869-1948) a laissé dans la région Rhône-Alpes quelques bâtiments remarquables dont les hôpitaux de Grange-Blanche et la halle de Gerland. Son projet le plus grandiose - dont ces bâtiments ne sont que des fragments - est celui qu'il imagina pour le Grand Prix de Rome en 1899. Il dessina ex-nihilo une immense « Cité industrielle », de plus de 30 000 habitants, organisée suivant des principes hygiénistes, dotée de toutes les structures et bâtiments administratifs, industriels, commerciaux, agricoles, éducatifs, hospitaliers nécessaires à son autonomie, et reliée par routes, fleuve et voie ferrée à son environnement. Cette cité imaginaire, étendue sur plus de 7 kilomètres, située quelque part entre Lyon et St Etienne, aborde toutes les échelles de l'intervention humaine sur son cadre de vie : le

territoire, la ville, le quartier, le bâtiment, le mobilier urbain. Il était de fait loisible de modéliser à toutes les échelles une ville qui n'avait jamais existé que sur le papier et de donner la possibilité d'y déambuler en temps réel.

La richesse architecturale de cette cité provient à la fois de la diversité des modèles d'habitations et des bâtiments publics, mais aussi de leur implantation au sein d'une approche urbaine caractéristique de la pensée de Tony Garnier. Au départ de notre travail de reconstitution, nous n'avons donc pas souhaité opérer de simplifications abusives sur la géométrie du bâti, propres aux objets modélisés fréquemment pour le VRML (Virtual Reality Modeling Language), et rendues nécessaires par le besoin de visualisation sur des ordinateurs disposant de ressources graphiques limitées.

La modélisation géométrique et les simulations ont été réalisées sur Silicon Graphics (High Impact au départ, puis 330), avec comme outils logiciels Creator et Vega de la société américaine MultiGen-Paradigm. Le produit est à présent disponible en CDROM, pour PC uniquement (carte graphique Geforce 2 et 512 Mo de RAM sont au minimum requis).

### 3. Genèse d'une approche texturale globale

Le rendu photoréaliste consiste à simuler, de la manière la plus précise possible et, en général en utilisant des modèles issus de la physique, le comportement de la lumière dans une scène. Depuis quelques années, un nouveau thème a émergé au sein de la communauté des chercheurs en informatique graphique, que nous appellerons rendu non photoréaliste, et qui met l'accent sur l'expression artistique plutôt que sur le réalisme physique. Ce mode de rendu nous a semblé opportun pour exploiter la richesse d'un dessin (à main levée par exemple, ou composé par des processus graphiques élémentaires) ou d'un tableau (pour le style d'un peintre donné par exemple) pour restituer des ambiances de couleurs, de lumières et d'ombrages.

La partie la plus intéressante de notre travail de recherche a donc consisté en l'élaboration d'une méthodologie propre à ce projet de taille inhabituelle pour générer un texturage non photoréaliste pour le temps réel, multi-échelles, et créer des décors virtuels. La partie purement « productive » du projet a consisté à modéliser l'ensemble des éléments géométriques, à créer ou calculer des textures adaptées, des ombres portées, à définir un prototype minimal de navigation, puis à spécifier le type de stations graphiques supportant une telle base en temps réel. Nous nous sommes appuyés sur les documents et éléments suivants :

- le plan masse du site, au trait, avec lignes topographiques du terrain, très complet (cf. Illustration II) ;
- des perspectives à l'aquarelle et des dessins au fusain représentant diverses vues du territoire, des quartiers d'habitation et des détails de façades (cf. Illustration I) ;
- des modèles 3d de bâtiments et d'habitations (cf. Illustration III), déclinés en plusieurs niveaux de détails géométriques, réalisés en grande partie par des étudiants de l'Ecole d'Architecture de Lyon, à partir des plans et dessins originaux de Tony Garnier.

Notre idée première était de restituer la Cité Industrielle telle que Tony Garnier l'avait « peinte » au travers des « matériaux graphiques » laissés (aquarelles et fusains), et échapper par là au traditionnel rendu photoréaliste. Ce choix a permis de diminuer le temps consacré à la mise en place de l'habillage textural, en choisissant des palettes restreintes de motifs bien calibrés.

L'observation des planches de Tony Garnier nous montre que les vues générales, quelle que soit l'échelle des éléments, bénéficient d'une grande diversité et ceci par le biais d'une palette chromatique très réduite. L'aspect non répétitif est essentiel dans cette représentation et apporte toute sa richesse. La réponse graphique aux éléments lointains passe par un rythme dans le dessin qui reproduit en quelques traits les grandes composantes de la ville ainsi que leurs détails (trame d'îlot, rythme du bâti, axes principaux bordés de végétation, tracé de la voirie, plein et vide mis en valeur par un jeu d'ombrage).

La grande souplesse d'une perspective à main levée réside dans le fort potentiel d'adaptation du trait aux échelles distinctes contenues dans le projet. Le dessin est également d'une extrême efficacité pour déplacer à volonté le regard sur une partie précise du projet. La composition des perspectives s'organise autour d'une savante alchimie entre zones de flou et zones détaillées. Le relief est traité quant à lui sous la forme de plans successifs sombres et clairs dans une totale absence de répétition.

La figure II illustre la technique élaborée de composition non-photoréaliste des textures du terrain à l'échelle du territoire, déclinée en versions successives lorsqu'on se rapproche des quartiers et du bâti. Il s'agit d'un fondu du plan masse dessiné par Tony Garnier et des chromies des aquarelles, dans une approche totalement non-répétitive, comme nous l'avons vu. L'objectif principal a demeuré la recherche d'ambiances spatiales et de leur cohérence à différentes échelles géométriques, indépendamment (dans un premier temps) des performances graphiques liées à une puissance matérielle en constante évolution, et a débouché sur la création d'une bibliothèque de textures de terrain et de sol multi-résolutions pesant 153 méga-octets (cf. Illustration II) .

## **4. Les niveaux de représentation**

### **4.1. Une scène complexe**

En architecture, on manipule souvent de très grandes bases de données (plusieurs millions de triangles). Ainsi, la Cité Industrielle est une ville comportant plus de 3500 habitations individuelles ou collectives, une centaine de bâtiments publics ou industriels. Elle est édifiée sur un terrain de 20 kilomètres d'étendue, et possède une végétation omniprésente (quelques milliers d'arbres, de buissons, de parterres, des massifs et des forêts). La structure de la ville et des quartiers comprend 29 îlots-types d'habitations, combinables par trois pour former 41 blocs typiques. L'ensemble des modèles et de leurs instances (y compris leurs niveaux de détails) totalise près de 5 millions de triangles.

Quel que soit le mode de rendu retenu, la gestion optimale de la complexité géométrique ou graphique d'une grande base de données en vue d'une navigation en temps réel ne se conçoit pas sans une réduction géométrique des modèles, l'introduction de techniques de substitution, et une approche par niveaux de représentation. L'optimisation de la phase de « culling » (extraction dans la base totale des éléments à afficher à l'écran), mais aussi les interrogations avec la scène lors des calculs de collision, nécessitent une structuration des données. Notre choix s'est porté vers une arborescence de scène de type « performer », où les polygones sont groupés dans des nœuds selon un critère de proximité spatiale (et non logique), et par familles de textures. Le terrain est subdivisé en blocs carrés de 800 mètres de côté, facilitant le texturage par des motifs de taille acceptable en OpenGL.

### **4.2. Trois échelles de représentation architecturale**

Nous avons considéré trois niveaux de lisibilité en architecture : le territoire (échelle : quelques kilomètres), le quartier (échelle : quelques centaines de mètres) et l'habitation (échelle : du mètre à quelques dizaines de mètres), et travaillé dans un espace à multiples niveaux de détails pour des géométries représentant un même objet à différentes distances.

Nous avons introduit des géométries texturées de remplacement propres à simuler les quartiers vus de loin (boîtes englobantes) et les masses végétales (chapiteaux pour les forêts, boîtes englobantes pour les massifs d'arbres). Pour ce qui est de la végétation verticale en vision proche, nous avons utilisé localement la technique des « billboards ».

De manière générale, chaque objet de la scène possède de 1 à 4 niveaux de détail. Certains objets sont groupés, chaque groupe pouvant à son tour posséder plusieurs niveaux de détail, à diverses échelles (pas nécessairement toutes). Cette gestion multiple des échelles et des niveaux de géométrie et de texture, certes assez complexe à déployer, permet non seulement de conserver une certaine fluidité, mais surtout diminue considérablement l'impact visuel des

transitions opérées entre les niveaux. Les distances de transitions ont été ajustées manuellement, dans ce souci de cohérence.

#### *A l'échelle du territoire :*

- niveau de détail des textures de terrain : motifs de 128 x 128 pixels,
- usage de zones colorées, avec mixité des palettes chromatiques simples par zone et par nature d'éléments (arbres groupés, fondu adéquat au niveau des transitions entre zones colorées) (cf. Illustrations V et VI),
- bâti simplifié au maximum, géométriquement proche du parallélépipède englobant,
- textures motifs pour les habitations (vues de loin, elles sont habillées avec des motifs sous-échantillonnés) donnant une appréciation visuelle proche de celle des aquarelles,
- utilisation de boîtes de végétation, conformément à la représentation de Tony Garnier,
- pré calcul des ombres du bâti sur le terrain à toutes les échelles, avec intégration dans la texture de l'image orthographique du quartier ombré vu de loin.

#### *A l'échelle du quartier :*

- niveau de détail des textures de terrain : motifs de 256 x 256 pixels,
- utilisation du niveau de détail intermédiaire pour chaque bâtiment ou habitation,
- apparition d'éléments géométriques caractéristiques des quartiers : trottoirs, mobilier urbain, détails en façades,
- ombres portées sur le sol, avec une seule passe en texture (l'ombre étant intégrée au motif de sol),
- réalisation d'un « fading » progressif des ombres portées assurant la transition entre l'échelle du quartier et celle de l'habitation, au niveau du sol. Cet effet de transition subtil n'a pu être mis en place que localement à un endroit de la base qui fait figure de « vitrine », car il est très coûteux en temps d'implémentation et en temps de rendu, n'étant pas câblé sur les cartes graphiques actuelles.

#### *A l'échelle de l'habitation :*

- niveau de détail des textures de terrain : motifs de 512 x 512 pixels.
- les motifs de textures utilisés sont directement issus des dessins au fusain, et tendent à synthétiser des approches graphiques élémentaires de l'auteur (ex : coups de crayons verticaux caractéristiques pour symboliser un béton de façade) (cf. Illustration III). Une des difficultés rencontrées concerne le calage du facteur de contraste des textures génériques en fonction de la taille relative des façades. Il a été réalisé manuellement.
- ombres portées en façades, pré calculées sous 3dstudio-viz et Lightscape, et incorporées dans les textures (tout comme l'éclaircissement), avec silhouette renforcée des contours ;
- ombres portées sur le sol, avec 2 passes en texture (layering) : le grain du sol (texture générique tuilée) et la texture alpha (transparence) des ombres des objets se projetant sur le sol. Cette solution pourrait être avantageusement automatisée, en considérant un découpage géométrique autour des zones d'ombres permettant à la fois de diminuer le poids de texture et le coût en remplissage du layering (qui devient local, et non plus global).

#### *Exemple détaillé des quartiers :*

Les quartiers d'habitation sont composés d'îlots de 30m de large et de 150m de long, possèdent un trottoir, et sont bordés de chaque côté par une rangée de 5 arbres. Chaque rangée possède deux niveaux de détails : 5 billboards représentent les arbres jusqu'à 700 mètres de distance, et au-delà, c'est une boîte englobante texturée sur 5 faces qui simule ce massif. Le trottoir disparaît au-delà de 800m, et le quartier repose alors sur un simple quadrilatère texturé. Au-delà d'une certaine distance (environ 2000m), certains quartiers sont groupés en une géométrie encore plus simplifiée (un polygone à quelques côtés), les habitations sont alors représentées par des

volumes extrêmement simples, proches du cube, texturés par des motifs de très petite taille, prétraités par un filtre passe-bas, et la texture de sol est de résolution moindre. Au passage à l'échelle du territoire (entre 4000 et 4500m selon la zone), les habitations ne sont plus représentées, les ombres portées disparaissent de la texture du sol, et l'on affiche l'image orthographique sous-échantillonnée du niveau de détail précédent.

## 5. Conclusion : apports liés au rendu non-photoréaliste

Les expérimentations réalisées par ARIA pour restituer les ambiances graphiques originales de Tony Garnier lorsqu'il a conçu son projet nous ont conduits à utiliser, comme nous l'avons expliqué, le mode de rendu non photoréaliste. Nous souhaitons terminer cet exposé en listant quelques points forts mis en lumière dans ce travail de création artistique et technique.

Le détail de la géométrie et la résolution des textures pour les moyenne et grande distances est moindre que dans le cas d'un rendu photoréaliste, parce que la précision requise au niveau de l'appréciation visuelle de la scène est moins importante. Les distances séparant les niveaux de détail successifs peuvent être allongées, ce qui diminue le poids géométrique traité à chaque frame.

La conception des textures d'habillage vertical se fait à partir d'une petite bibliothèque de motifs de base reprenant les caractéristiques du dessin de l'auteur (textures à la lumière, textures à l'ombre, coup de crayon, orientation), élaborée grâce aux dessins et aquarelles, et comprenant les crépis, les bétons, les toits et la végétation. Elle est déclinée en chromies zonales, selon les différentes aquarelles de Tony Garnier. Souvent, ces motifs sont répétitifs. Pour casser cette répétition, on sous-échantillonne (en mode point) les images calculées, d'une taille non multiple de celle de l'image d'origine, ce qui crée un aspect non régulier bien adapté à ce type de rendu.

Pour les sols et le terrain, l'utilisation de filtres bilinéaires évite le flou du rendu visuel, et permet de créer des éléments fluctuants pouvant être interprétés comme des traces de vie, de chaleur urbaine (papillonnements du filtrage, difficilement tolérables en rendu photoréaliste). L'utilisation d'un filtrage de type mipmap est à proscrire pour le sol, dans ce type de rendu, car on perd le bénéfice de la lisibilité du dessin au trait.

Enfin, l'utilisation du brouillard permet de simplifier la géométrie du lointain ainsi que la résolution des textures qui l'habillent, en plus d'un effet visuel agréable.

## 6. Illustrations

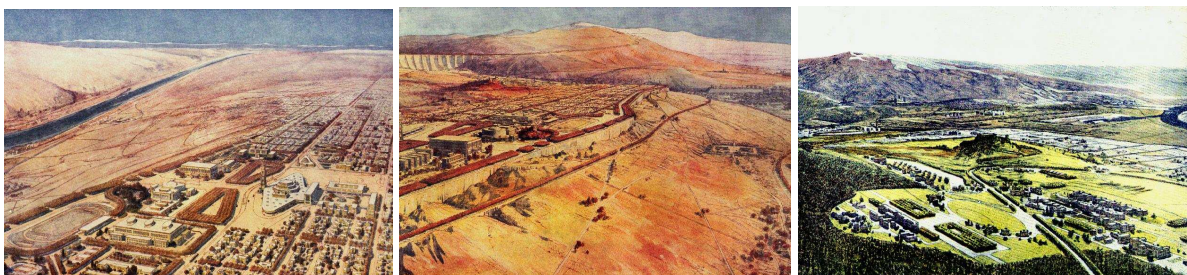


Illustration I - Trois aquarelles originales de Tony Garnier représentant son projet de Cité Industrielle



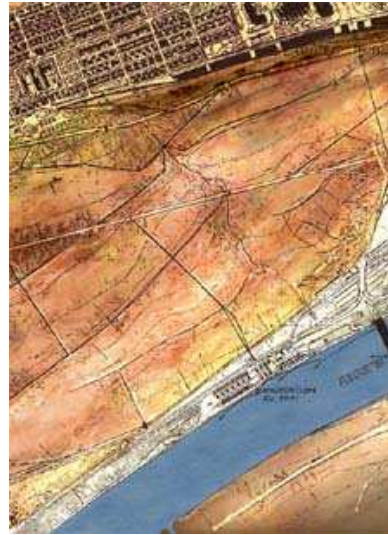


Illustration II - Une parcelle du plan général du site dessiné au trait par Tony Garnier, et la même parcelle après texturage non photo-réaliste



Illustration III – Vue d'une maison totalement texturée et ombrée, avec renforcement des contours



Illustration IV – Vue d'un quartier d'habitation totalement ombré



Illustration V – Quartier des HBM avec vue sur le barrage et les monts



Illustration VI – Vue des quartiers sanitaires, avec la ville en contrebas