

Montpellier en perspectives

■ Franck PERDRIZET



Certains passages de cet article sont écrits en bleu afin de renvoyer à l'application DELTA (acronyme pour Découvrir, Explorer, Localiser le Territoire et ses Aménagements, abrégé en Δ) qui sert de vecteur de diffusion à l'imagerie territoriale de Montpellier et de ses environs. DELTA est accessible depuis la page d'accueil du site municipal www.montpellier.fr. Les numéros des vues indiqués dans le texte sont à saisir à l'aide de la fonction "Localiser" par "numéro de vue".

■ MOTS-CLÉS

3D, aérostation, imagerie urbaine, innovation, Montpellier, perspective, photogrammétrie

Une ville est en général trop étendue, et le relief alentour trop peu élevé, pour pouvoir être observée du sol dans son ensemble. C'est un système complexe qui s'explore habituellement de façon linéaire et lacunaire en parcourant le réseau de ses voies. La mémorisation individuelle, ainsi canalisée, en est d'autant plus réductrice. A la Renaissance, la perception visuelle a été considérée comme le plus important des sens, et dès lors, on ne s'est plus contenté d'un récit faisant appel à l'imagination pour décrire l'espace urbain. Au fil des siècles, la figuration de celui-ci a évolué à la recherche du meilleur compromis entre information synoptique, modélisation géométrique, et aspect naturel, afin que décideurs, chercheurs, techniciens,

et simples visiteurs s'y retrouvent. Une vision synthétique ne s'obtenant qu'en prenant de la hauteur, c'est un survol spatio-temporel de Montpellier qui est proposé ici, pour suivre l'évolution des techniques de représentation urbaine, depuis l'invention de l'imprimerie jusqu'aux innovations actuelles en imagerie numérique conçues par l'auteur, et mises en application par le service d'informations géographiques qu'il dirige (auquel se rapporte l'abréviation SIG dans tout l'article).



Figure 1. Portrait de Montpellier publié dans la Cosmographie universelle par F. de Belleforest en 1575 (réduit ici de 1/2).

Portraits de l'Ancien Régime

Si l'on excepte les représentations symboliques figurant aux revers des sceaux médiévaux des consuls de Montpellier, ville fondée vers l'an Mil, la plus ancienne représentation de celle-ci est une vue gravée sur bois vers 1552 et publiée en 1564 dans l'atlas d'Antoine du Pinet. Distinction due à la renommée de sa faculté de médecine. Cette estampe sera copiée à plusieurs reprises, notamment par François de Belleforest en 1575 (Figure 1), avant d'être rééditée à partir du bois original dans la Cosmographie Universelle de Sébastien Münster en 1598 (version allemande conservée aujourd'hui aux archives municipales de Montpellier). Les atlas d'Europe et descriptions du monde d'alors sont illustrés de tels plans de villes réalisés en tant que "portraits" urbains qui combinent dessin des monuments en élévation, et vision étalée des lieux. Technique évidemment influencée par les méthodes de construction de perspective centrale établies par les peintres italiens de la Renaissance, au siècle précédent ; celles-ci sont développées et largement diffusées à partir du XVI^e siècle (en 1505, premier traité imprimé de perspective, par Jean Pèlerin, dit "le Viator"). Sur la figure 1, on constate que cette image initiale offre un panorama de la ville, et de ses abords depuis l'ouest, qui est suffisamment riche pour pouvoir être légendé. Le regard est plongeant, alors que le relief alentour est peu marqué, contrairement à ce que pourrait laisser croire le décor fantaisiste en arrière-plan, d'où, en visée réciproque, la ville du siècle suivant ne fait que se profiler derrière la citadelle édifée sous Louis XIII (Figure 2). Les vues à vol d'oiseau se répandront en Europe pour des représentations de cités de plus en plus réalistes et détaillées.



Figure 2. Vue gravée et éditée par Mathieu Merian et fils dans *Topographiae Galliae* de M. Zeiler, 1660 (réd. 1/2).

La mise à plat classique

Parallèlement à ces "portraits" de villes, se perfectionnent les instruments et les méthodes de levé géométrique qui vont rendre prépondérante, à partir du XVIII^e siècle, une cartographie en projection orthogonale sur plan horizontal. Celle-ci montre une ville de façon non naturelle, à la verticale de tout point à la fois ; l'ensemble des constructions, et terrains à ciel ouvert, y apparaît avec des contours mesurables à une même échelle. Toutes les voies sont visibles, et la toponymie peut s'insérer efficacement. Désormais, les plans de villes vont se présenter essentiellement sous forme géométrale. Ainsi, en 1774 est gravé, à une échelle proche du 1/9300, un plan de Montpellier



Figure 3 : Extrait du plan géométral de Montpellier et de sa citadelle, gravé par N. Chalmandrier en 1774 (réd. 2/3).

par Nicolas Chalmandrier (Figure 3), où seuls les arbres sont encore représentés en perspective, avec leurs ombres ; la vue d'aplomb du centre fortifié justifie son surnom d'Ecusson. Deux années plus tard, est achevé le levé pour la feuille de Montpellier de la carte de Cassini, qui couvre la France au 1/86400 (une ligne pour 100 toises ; par hasard, inverse du nombre de secondes que contient un jour). Le plan de 1774 agrandit donc environ neuf fois une zone de la carte contemporaine, ce dont tire parti la cartographie Δ fin XVIII^e.

La troisième dimension en option

Cependant, cette vision abstraite des lieux décrits en deux dimensions a dû souvent être complétée par diverses représentations en perspectives, d'autant mieux maîtrisées qu'elles reposent sur des mesures précises. C'est notamment le cas pour la place royale du Peyrou (Figure 4). Au-dessus de l'échelle graphique de 40 toises (1 toise \approx 1,95 m), il est écrit : "Echelle de la base dans le point de vue a été prise à 150 toises en hauteur" ; au-dessus des Arceaux sont indiquées leur longueur (360 toises) et celle de l'aqueduc jusqu'à la source de Saint-Clément (6544 toises). Sur la gauche de cette figure, le rempart fait la séparation entre rigueur graphique du projet récent, et dessin au jugé du tissu urbain.

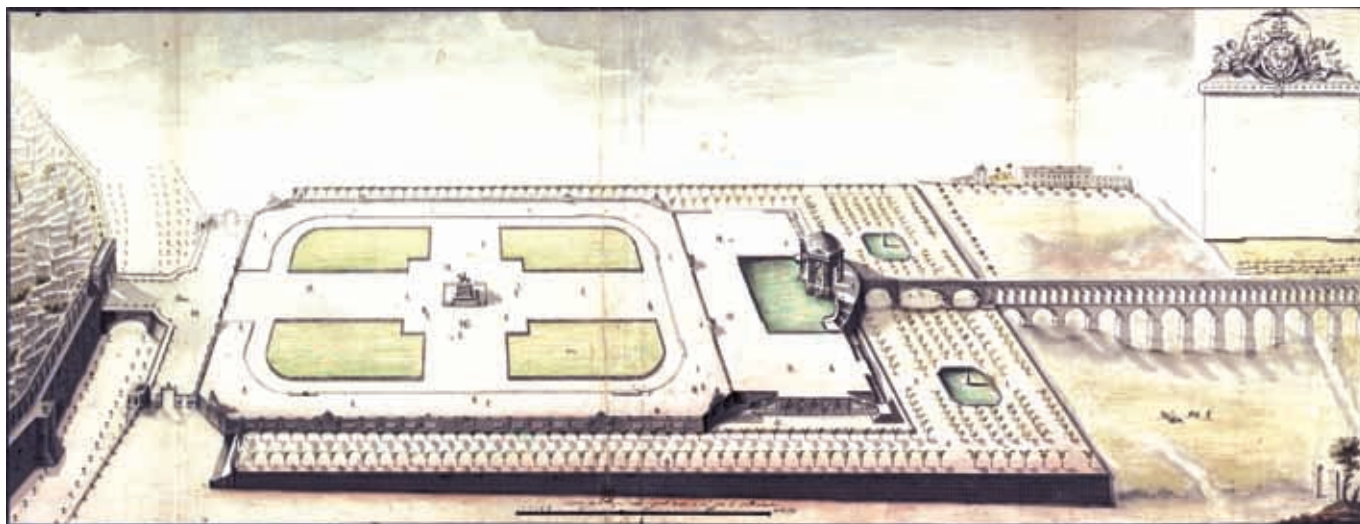


Photo : M. Decossy - © Région Langue-d'Oc-Roussillon - Inventaire général, 1983

Figure 4. Plan perspectif de la place royale du Peyrou par J-P Nougaret, d'après les dessins de J-A Giral, fin XVIII^e siècle (réd. 1/5).

De l'abstraction à l'observation directe

Au XIX^e siècle, l'essor de l'aérostation a offert aux dessinateurs des observatoires élevés à plusieurs centaines de mètres au-dessus du sol, pour mettre un terme au travail d'imagination depuis un point de vue fictif. Ainsi, en comparant ses croquis, saisis *de visu* depuis un ballon captif, aux cartes et plans existants, l'architecte Alfred Guesdon a pu restituer de nombreux paysages urbains, en France et à l'étranger. Pour partie, ceux-ci sont compilés sous forme de lithographies dans "Le voyage aérien en France" publié en 1848. Il s'y trouve une vue de Montpellier prise au-dessus de la gare, en direction du nord-ouest (Figure 5). L'aérostation connaît alors un succès durable : les spectacles et les envolés depuis la Promenade du Peyrou sont fréquents, et une prise de gaz sera installée à demeure en 1894 pour le gonflage des ballons (Figure 8).

L'enregistrement automatique de la perspective

Un regain d'intérêt pour les vues panoramiques est apparu à la fin du XVIII^e siècle avec l'aménagement de vastes salles en rotondes, au centre desquelles les spectateurs ont une vision circulaire sur des paysages peints en continu. En 1829, Louis J. Daguerre, directeur du Diorama, théâtre parisien à effets spéciaux sur décors translucides, s'associe à Nicéphore Niepce qui a fixé la première image photographique connue. A la mort de ce dernier, il développe l'invention sous forme de daguerréotypes, directement inscrits sur supports métalliques, qui sont commercialisés de 1839 à 1857. D'autres procédés, basés sur le principe négatif-positif, s'imposeront avec leurs clichés reproductibles. Gaspard F. Tournachon, alias Nadar, réussit les premières photos aériennes en ballon, à Clamart en 1858, puis à Paris en 1868. Il fera des émules (Figure 6).



© Médiathèque centrale d'Agglomération Emile Zola, Montpellier.

Figure 5. Vue aérienne de Montpellier dessinée d'après nature par A. Guesdon. Lithographie d'A. Springer, 1848 (réd. 1/3).



Figure 6. Photographie antérieure à 1908 (en bord d'Esplanade, le cinématographe Pathé n'est pas encore construit).

► A l'origine de la photogrammétrie et de l'armée de l'air

Vers 1850, après avoir contribué à des travaux de terrain relatifs à la carte d'Etat-major dans les Pyrénées, Aimé Laussedat, capitaine du Génie, intègre la photographie à ses méthodes de relevé topographique par intersection de faisceaux perspectifs. La photogrammétrie est née avec son procédé qu'il appellera "métrophotographie". En 1861, Laussedat exécute ainsi le plan au 1/2000 du village de Buc, près de Versailles, à partir de huit clichés. Après la guerre de 1870-1871, celui-ci, devenu colonel, réorganise l'école aérostatique de Meudon qui va coordonner huit établissements militaires, dont celui de Montpellier (cf. [vue Δ fin XIX° n° M47B5.u](#)). Ils sont équipés de petits ballons sphériques captifs, gonflés au gaz, que l'on transporte sur place pour la reconnaissance aérienne ; avec leurs 750 m³, ceux de type E (Figure 7), mis en service en 1884, peuvent emporter deux personnes à 800 m au-dessus du sol. En 1910, l'aéronautique militaire regroupera les aérostats et les aéroplanes.



Figure 7. Manœuvres au parc à ballons de Montpellier vers 1900.



Figure 8. Gonflage d'un ballon sur la Promenade du Peyrou.

Entre photo et plan, le progrès s'affiche

Lorsque Friedrich Hugo d'Alesi vient à Montpellier pour en dresser un plan en perspective, le contexte est très favorable à son projet : présence de l'aérostation, configuration des lieux, perfectionnement de la photographie argentique sur plaques sèches (déjà utilisées par Gaston Tissandier et Jacques Ducom pour leurs clichés aériens de Paris en 1885). On ne trouve guère d'information sur la méthode employée par d'Alesi, si ce n'est qu'il dit s'être servi d'un ballon captif pour sa vue de Marseille dessinée en 1886. A Montpellier (Figure 9), son plan dans l'axe de la rue Nationale (aujourd'hui rue Foch) a l'allure d'une perspective centrale, telle qu'en forme un objectif. Précision et agencement des détails semblent aussi indiquer le recours à la photographie. Dans ce cas, avec un appareil photo d'alors (déjà doté de mouvements, comme

une chambre professionnelle du XX^e siècle), le point de fuite principal au milieu du bord supérieur de l'image serait obtenu par décentrement de l'objectif ; et le parallélisme des lignes verticales, par maintien du fond de chambre dans un plan vertical. Le positionnement précis de la nacelle, élevée à proximité du château d'eau du Peyrou, s'opère simplement depuis le sol par alignement visuel du ballon captif sur l'aqueduc des Arceaux (Figure 4). Cependant, l'examen de ce document révèle certaines anomalies : quelques déformations locales, et défauts d'orientation de bâtiments au premier plan, font penser à l'emploi de clichés d'appoint pour achever la construction graphique de cette vue à grand angle de champ. De plus, hormis la position médiane de la voie qui vient d'être percée (entre 1878 et 1884), le dessinateur use de divers artifices pour mettre en évidence les signes de la modernité : chemins de fer (avec gares et trains filant au loin vers Nîmes ou Palavas), usines (à gaz, entre autres), aérostat à la verticale du parc à ballons militaire (cf. agrandissement), nouvelles halles, édifices récents. Autant d'éléments que l'on pourra retrouver en ligne sur la [cartographie Δ fin XIX^e aux niveaux "Ilot" et "Parcelle"](#) où apparaît le plan de ville publié en 1896 par l'architecte municipal Adolphe Kruger. Comme pour Toulouse, l'atelier de lithographie Lemerrier imprimerait en couleurs cette vue entourée d'une vingtaine de vignettes monochromes (gravées très certainement d'après photos) pour donner un aperçu de quelques monuments de la ville et des sites alentour vus du sol. Plusieurs villes feront l'objet de telles représentations par d'Alesi, qui connaîtra par ailleurs la notoriété avec ses affiches publicitaires, pour les compagnies de chemins de fer, entre autres.

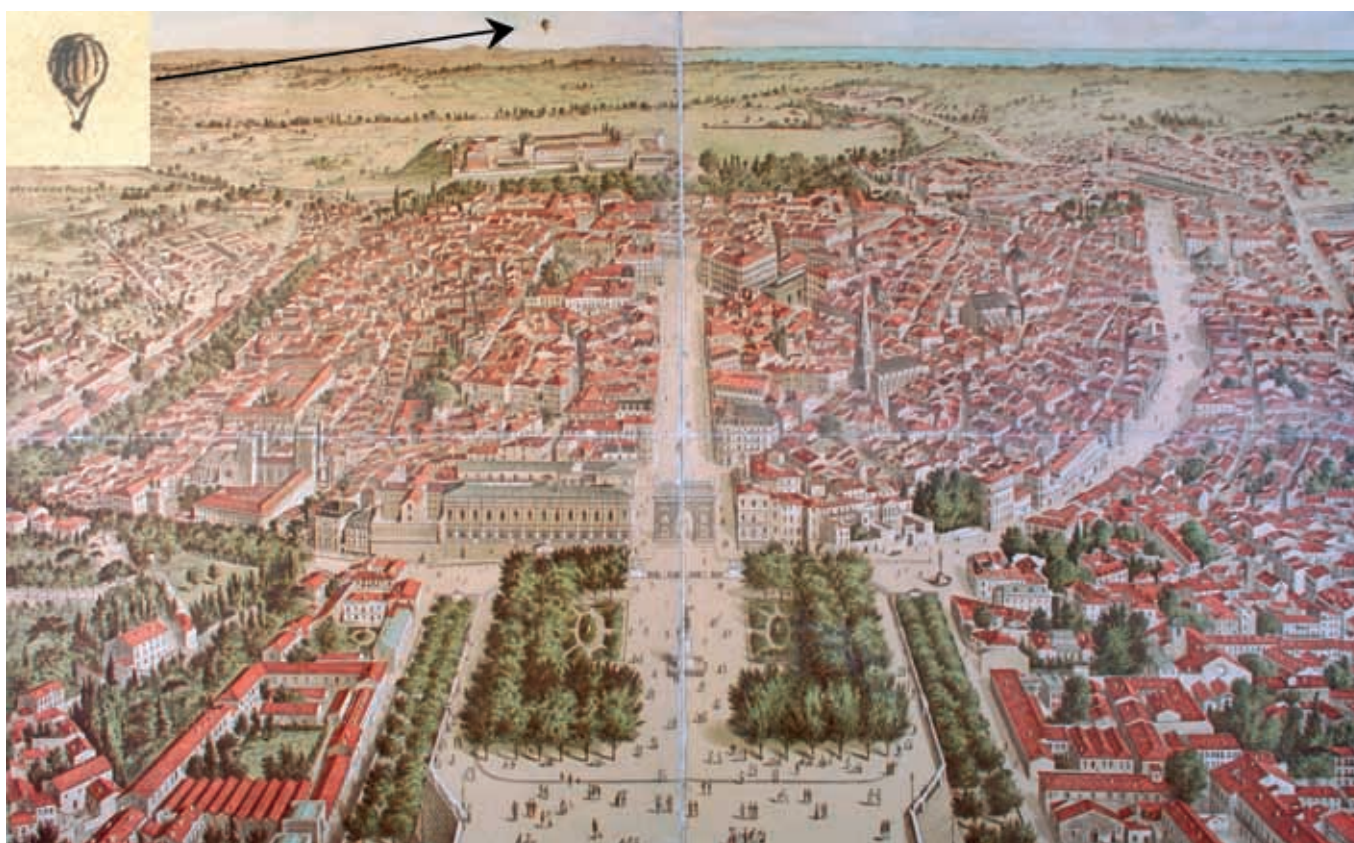


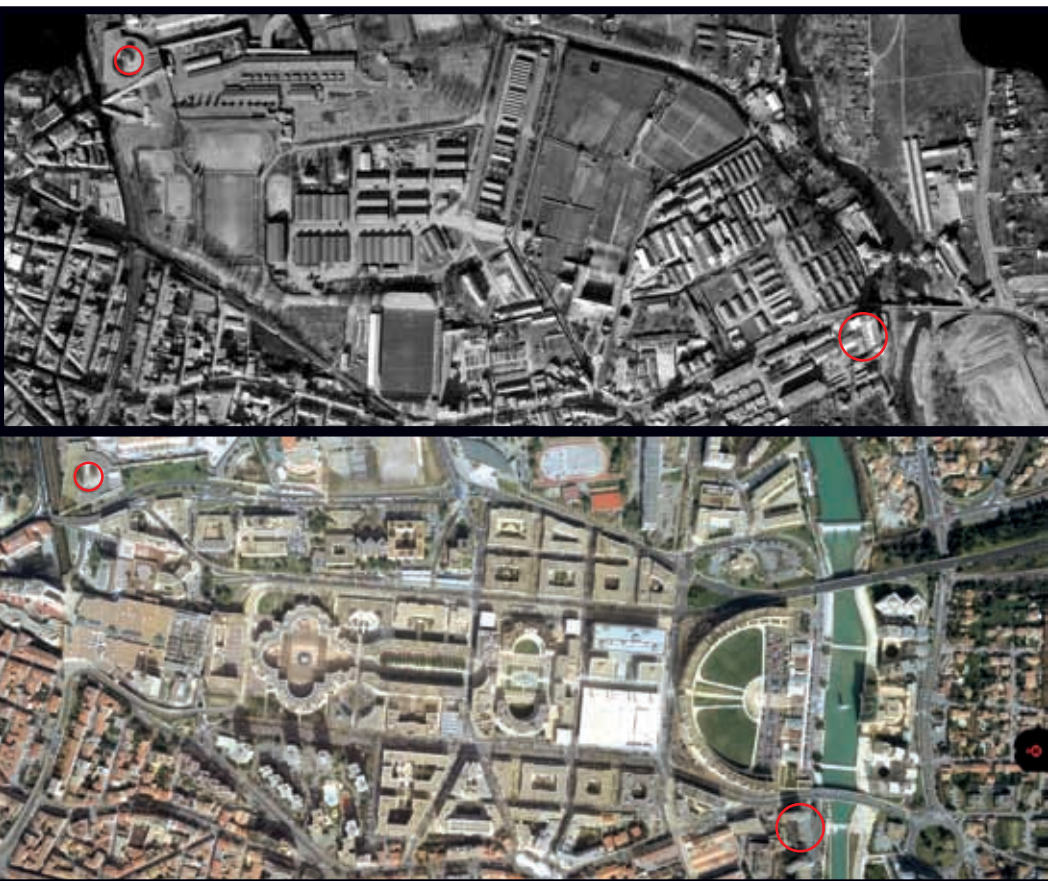
Figure 9. Image oblique de Montpellier réalisée par F. H. d'Alesi. Lithographie Lemerrier, 1886 (réd.1/4).

► Survol et vision en profondeur

L'idée de mettre la photographie aérienne au service de la cartographie a accompagné, si ce n'est précédé, le premier cliché pris en ballon. En effet, Nadar dépose, en octobre 1858, un brevet d'invention pour un système de prise de vues verticales depuis un aérostat (avec transformation du fond de la nacelle en chambre noire), afin de faciliter notamment les levés topographiques, hydrographiques et cadastraux. Mais, le passage d'une photo à un plan géométral n'est simple que pour une zone plate, dont on peut décalquer les traits après redressement. La méthode des perspectives de Laussedat ne s'applique, à cette époque, qu'aux levés terrestres ; il s'agit d'une construction graphique point par point, reliés ensuite par des lignes, qui sera surtout employée, en France, pour les formes réglées de l'architecture. En fait, c'est l'exploitation de la vision stéréoscopique qui lancera la cartographie à partir de clichés aériens. Ce sens précis de la profondeur, que nous partageons avec quelques animaux, permet de bien saisir ce qui se trouve à proximité, grâce à la disposition faciale des yeux, et au fusionnement des images formées dans chaque œil sous des angles différents. Dès les premières années de la photographie, des scènes sont prises depuis deux points de vue pour pouvoir être observées en relief : le succès des daguerréotypes stéréoscopiques est immédiat. L'ingéniosité de la stéréophotogrammétrie consiste à utiliser toute l'acuité de la perception tridimensionnelle dans l'espace rapproché, pour mesurer et exploiter graphiquement les modèles réduits virtuels en volume, que forment des paires de photos d'objets éloignés ; celles-ci étant prises selon des intervalles réguliers (bases) qui démultiplient l'écartement naturel des yeux. En

reproduisant optiquement ou mécaniquement les faisceaux perspectifs enregistrés lors des prises de vues, les appareils de restitution analogique permettent au début du XX^e siècle de tracer en continu les contours de tout objet, et les courbes de niveau du terrain. A cette époque, l'aviation a déjà succédé à l'aérostation, tandis qu'une école de pilotage a été créée dès 1911 au sud de Montpellier, au bord d'un étang. En 1926, l'endroit et les villages alentour sont photographiés par avion, au 1/10000 ; il sert aujourd'hui à l'aéromodélisme (cf. [carte Δ de référence n°M80D.u](#)). Les premières cartes issues de la stéréophotogrammétrie apparaissent dans les années 1920, et, à partir de 1946, l'IGN effectue des couvertures aériennes régulières en France, notamment pour la réalisation et la mise à jour de la carte topographique au 1/25000. De nos jours, le catalogue en ligne de sa photothèque permet de commander de riches archives numérisées (Figure 10). Pour les exploiter, le SIG a élaboré un programme qui permet déjà d'enchaîner zoom et affichage des [vues aériennes Δ 1963-1964](#), et de les superposer approximativement à d'autres fonds actuels ou anciens. Vers l'an 2000, la photogrammétrie numérique sur station de travail a remplacé les restituteurs analytiques équipés d'un stéréocomparateur asservi par logiciel. Elle a permis de modéliser en trois dimensions la ville de Montpellier à partir des diapositives scannées de la prise de vues de 2004 (Figure 11), qui a été actualisée en 2008. Cette restitution s'est effectuée à l'écran sous un pointé spatial décimétrique, avec des lunettes de vision stéréoscopique par polarisation alternée. Au SIG, de telles lunettes sont aussi utilisées pour la simple observation en relief des photos aériennes.

Figure 10, ci-contre :
Partie d'une photo 19x19 cm²,
couverture stéréoscopique au
1/ 8000 par l'IGN, février 1964
Figure 11, ci-dessous :
Partie d'une photo 24x24 cm²,
couverture stéréoscopique au
1/ 8000 par l'IGN, mars 2004
Même endroit, même échelle,
réduite ici à environ 1/ 11000,
à 40 ans d'écart. Le quartier
Antigone relie la place de la
Comédie aux berges du Lez.
(repères : cercles rouges sur
éléments conservés)



Façades en vue au bord du champ

La focale de 210 mm employée pour la couverture aérienne de 1964 (Figure 10) se trouve dans la plage d'accommodation d'un œil normal. Si, à cette distance, celui-ci visait orthogonalement le centre d'un cliché (contact sur plaque de verre), il capterait les proportions réelles de la scène telle que photographiée. L'observation binoculaire fausse ce résultat, et fait ressentir la planéité du document. On a identifié ici le centre du cliché à l'image du nadir au sol (pied de l'aplomb du centre optique de l'objectif), ce qui en fait le point de fuite des lignes verticales de la scène. Toutes choses égales par ailleurs, une focale de 125 mm formerait exactement la même perspective, mais élargie à un champ, au bord duquel l'effet de déversement progressif depuis le point nadiral dépasserait celui saisissable par la vision naturelle. Il faudrait aussi agrandir ce dernier cliché et l'observer avec un recul en rapport, afin de rétablir une vision en perspective centrale conforme : par exemple, un format porté à 76 cm devrait être regardé à 50 cm (sans qu'on puisse en couvrir l'étendue d'un seul coup d'œil). Pour des raisons de précision de pointé spatial et de rendement, l'emploi d'objectifs grand-angulaires a été privilégié pour les couvertures aériennes destinées à la stéréorestitution : des focales de 125 mm puis de 150 mm ont été utilisées par l'IGN pour les formats de 19 x 19 cm² puis de 24 x 24 cm² ; ce qui, dans les deux cas, correspond à un angle de champ de l'ordre de 90° à 100°. Or, un angle droit a la particularité, en milieu urbain, de faire apparaître sur le pourtour de la photo, et à l'échelle moyenne de celle-ci, certaines façades qui se trouvent simplement rabattues autour de leurs bases, sans autre anamorphose perceptible. Pour exploiter cette propriété afin de révéler toutes les façades de la ville, quelles que soient leurs orientations, on se sert de la figure de l'octogone qui peut être considérée comme une approximation pratique du cercle (en architecture, on l'emploie souvent pour assurer la transition entre un plan carré et une coupole). L'orientation d'un plan vertical correspond à l'un quelconque des angles d'une



Vue Δ 3D n° M46B17u second rang ouest, mars 2004.

Figure 13. Vue oblique de la cathédrale au Loxoscope®.

boussole qui, en appliquant l'approximation octogonale, peut être assimilée à l'une des huit directions cardinales : nord, nord-est, est, etc... Celles-ci suffisent à montrer toute façade, quelle que soit son exposition géographique. D'autre part, il s'avère que tout lieu est photographié neuf fois par une couverture aérienne dont les clichés verticaux se recouvrent aux deux tiers de tout côté : en terrain dégagé, un objet apparaît approximativement à l'aplomb sur une photo, et sur celles qui l'entourent, successivement déversé selon l'une des huit directions cardinales (Figure 12). L'emploi d'un objectif grand-angulaire permet d'obtenir la visualisation recherchée. En pratique, les prises de vues stéréoscopiques au-dessus de Montpellier, en mars 2004 et mars 2008, ont été réalisées à une altitude d'environ 1300 m avec des focales de 150 mm pour un format de 24 x 24 cm². Le taux de recouvrement entre clichés est un peu supérieur aux deux tiers pour tenir compte des marques-repères et des aléas du vol, ce qui crée par endroits quelques vues de second rang (doublant potentiellement les huit directions cardinales) ; vues plus ou moins tronquées, mais dont les dévers accrus complètent, directement du bon côté, ceux trop courts du premier rang. Le **Loxoscope®**, conçu et réalisé au SIG, est un module intégré à DELTA qui permet de choisir et de changer l'exposition sous laquelle est affiché un lieu aux **niveaux Δ "Parcelle" ou "Arpent"**. Chacune de ces images ne représente que quelques ha parmi les 3 km² couverts par un cliché, elle est éloignée du point nadiral, et observée de bien trop près sur un écran, pour correspondre à la vision naturelle ; en fait, elle a l'aspect d'une axonométrie (Figure 13). C'est un document iconographique très fiable, car il n'est ni interprété, ni modélisé. Deux boutons permettent de modifier son orientation par quart de tour, afin que la perspective fuie à peu près dans l'axe du regard, ce qui la rend intelligible. L'observation des parties à l'ombre peut être améliorée par réglage du contraste et de la luminosité. La coïncidence des clichés avec le carroyage urbain articule la visualisation oblique sur les représentations planimétriques. En mode de déplacement synchronisé, on peut parcourir la ville sous une exposition donnée, ce qui revient à faire défiler, à l'intérieur d'une lucarne, un panorama urbain à vol d'oiseau.



Figure 12. Cathédrale et faculté de médecine vues sous huit expositions en hiver, et d'aplomb en été.

► Du plan-relief au photomodèle

Dans le hall d'accueil de la mairie de Montpellier se trouvent deux imposantes maquettes de quartiers de la ville au 1/500, ainsi qu'un agrandissement partiel de l'une d'elles au 1/250. L'expansion urbaine y est régulièrement répercutée (Figure 14).



Figure 14. Vue partielle d'un plan-relief moderne : berges du Lez, et Nouvel Hôtel de Ville au premier plan.

Ce type de représentation tangible d'une ville en miniature s'inscrit dans la tradition des plans-reliefs à l'échelle du 1/600 (un pied pour cent toises) qui ont notamment reproduit les places fortifiées par Vauban à la fin du XVII^e siècle. De tout temps, des modèles réduits solides ont servi à l'examen à distance, et sous n'importe quel angle, de constructions existantes ou projetées ; par exemple, pour faciliter l'étude de l'imbrication des propriétés d'un îlot (Figure 15). De nos jours, on peut manipuler à l'écran d'un ordinateur les équivalents virtuels de ces modèles tridimensionnels. Ce que l'on désigne par 3D, dans le monde numérique, consiste la plupart du temps en l'enchaînement plus ou moins fluide de projections planes depuis une multiplicité de points de vue et sous des angles variables. D'abord utilisées dans les projets de conception assistée par ordinateur (CAO), puis banalisées par les jeux vidéo, les représentations en 3D ont finalement gagné le domaine de l'information géographique, notamment urbaine. Avec toutes les contraintes de structuration, de fiabilité et de précision que cela suppose. Pour y répondre, le SIG s'est très tôt orienté vers la réalisation d'un vrai photomodèle de Montpellier, c'est-à-dire une maquette d'aspect photographique au plus près de la ville réelle ; la priorité étant donnée au rendu fidèle des bâtiments, à l'échelle maximale du plan cadastral urbain (1/500). Après quelques essais de prises de vues au sol, une méthode aérienne originale a été expérimentée, puis présentée en détail lors du colloque "Pixels et Cités" qui s'est tenu à l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques, fin 2003. Cette approche contourne les obstacles de la rue qui, vus du ciel, sont relégués au second plan. Elle repose sur une couverture photographique spécifique, où apparaissent toutes les façades de la ville (cf. § précédent), qui sert à la fois à la



Figure 15. Maquette des n°8 et 10 de la Grand'rue, 1725.

stéréorestitution du modèle graphique 3D de la ville, et à la texturation, pixel par pixel, de ses facettes (éléments plans de toits, de façades ou de terrain) ; celle-ci se faisant par projection de chaque grain de diapositive (environ 15 µm) à partir de sa position spatiale au moment de la prise de vue. Le traitement simultané des constructions et du terrain assure la continuité entre ombres propres et portées, ce qui contribue au rendu naturel du photomodèle. Le vol se déroule en fin d'hiver pour enregistrer les voies et les façades à travers les ramures dépouillées des arbres à feuilles caduques (Figure 13 et 18). La brièveté de l'opération crée un instantané datant cette image urbaine, conformément à ce qui est implicitement attendu de tout document photographique. Pour pouvoir être considéré comme une nouvelle catégorie d'archive jalonnant l'évolution de Montpellier, le photomodèle ne doit pas être retouché ponctuellement au fur et à mesure des changements constatés. C'est pourquoi, il est périodiquement régénéré en bloc à partir d'une nouvelle couverture aérienne qui sert, entre autres, à la restitution des constructions récentes ; celles-ci sont détectées, tout comme les destructions, par différence altimétrique des enveloppes numériques relatives à deux prises de vues consécutives (cf. § suivant). Le photomodèle est visible actuellement au [niveau Δ "Parcelle"](#), pour la partie qui correspond à la scène planimétrique en cours d'affichage. En mode automatique, le centre de celle-ci est visé sous une incidence de l'ordre de 45° depuis un vol circulaire. Dans ces conditions d'observation, tout élément apparent est texturé, tandis que le rendu des objets au sol non restitués en 3D reste acceptable (Figure 16). On peut aussi arrêter l'animation pour manipuler librement cette maquette numérique.



Figure 16. Photomodèle de la Place de la Comédie.

Modèle plastique numérique

Des vues d'hiver sont nécessaires à l'enregistrement quasi exhaustif des façades urbaines. Il est intéressant de présenter aussi un aspect moins minéral de la ville, ce qui conduit à alterner missions aériennes d'hiver et d'été. Ces dernières, depuis 2003, scannent Montpellier à l'aide de dispositifs à transfert de charges qui sont alignés sur quelques barrettes enregistrant, chacune sous un angle donné, une rangée de pixels perpendiculaire à la direction de vol. Comme dans le cas d'un satellite de type SPOT, l'image se forme en bande continue, ligne par ligne de pixels (par balayage), du fait de la progression de l'avion. Il en résulte, pour l'image brute, une perspective dite cylindro-conique (Figure 17) ; les lignes d'égal dévers sont parallèles à la trace des nadirs, un peu comme la terre rejetée de part et d'autre du sillon par le soc d'une charrue. Les données brutes sont ensuite traitées par mise en correspondance automatique (corrélation stéréoscopique) des pixels montrant un même point sous plusieurs angles, pour réaliser, presque sans intervention humaine, une trame altimétrique serrée (maille de 50 cm) enveloppant la ville,



Figure 17. Dévers unidirectionnel en bord d'image acquise par balayage (en haut) et effet de perspective centrale sur extrait de photo (en bas) du même lieu (quartier Mosson).

arbres y compris (modèle numérique de surface, abrégé en MNS). Le MNS est exploité par le SIG pour : indiquer l'altitude moyenne dans une emprise de 50 cm de côté ; déterminer la hauteur à quelques dm près, par exemple d'un arbre, à partir de deux pointés, l'un au sommet, l'autre au sol (cf. [outil Δ "Mesurer"](#)) ; créer une image en teintes hypsométriques du sursol pour le contrôle visuel de la restitution stéréoscopique, par comparaison des contours graphiques avec les pixels qui leur correspondent ; réaliser des cartes d'évolution urbaine par détection systématique des constructions et destructions survenues entre deux prises de vues (utiles en particulier pour guider les opérateurs mettant à jour les modèles 3D). De plus,



Figure 18. Vue oblique trop agrandie du modèle plastique de la cathédrale depuis l'ouest (à comparer avec la figure 13).

un MNS sert essentiellement de surface de projection au redressement différentiel de l'image spectrale, au niveau du sursol, pour donner une vraie ortho-image, sans dévers de bâtiments. Un contrôle par GPS a permis de vérifier que la précision de positionnement en X,Y des pixels de celle-ci est de l'ordre du double de leur taille (16 cm). Une ortho-image se superpose directement aux plans géométraux et se prête bien à une structure pyramidale, où la résolution de chaque niveau s'optimise par rééchantillonnage proportionnel à une échelle prédéfinie. Mais, elle porte beaucoup moins d'information qu'un photomodèle, puisque d'un bâtiment cubique isolé, elle ne montre que sa face supérieure, contre cinq faces visibles de la maquette, dont quatre identifiables du sol. Cependant, on peut draper une ortho-image sur son MNS pour obtenir une visualisation en 3D, car le fruit des murs virtuels, propre au relief du MNS, favorise la pseudo-texturation des façades par étirement des pixels d'arêtes. Ceci a permis de mettre en place rapidement, fin 2003, une borne publique enchaînant des vols circulaires au-dessus des quartiers de Montpellier. Le cycle de présentation automatique peut être interrompu afin d'explorer la ville sous des inclinaisons et des zooms bridés, car de trop près ou de trop bas, le rendu des façades montre vite ses limites, et tous les arbres prennent l'allure de saules pleureurs (Figure 18). Ce type de représentation efficace de la volumétrie de l'espace urbain, végétation comprise, doit être réservé aux échelles moyennes. Un tel modèle plastique de la ville est exploité pour l'affichage en 3D aux niveaux Δ "Commune", "Quartier" et "Ilot" (Figure 19). Aux niveaux supérieurs, la combinaison d'une ortho-image ou d'une carte (d'Etat-major par exemple, cf. [cartographie Δ fin XIX^e](#)) avec un modèle numérique de terrain suffit à la visualisation en 3D.



Figure 19. Modèle plastique de l'Esplanade et de ses abords.

Optique cohérente

Loxoscope®, affichage stéréoscopique, modèle graphique 3D, photomodèle et ortho-images d'hiver, dérivent d'une même couverture aérienne, qui est calée sur le carroyage urbain exploité dans DELTA. Pour essayer de résumer de façon visuelle ce principe de réemploi, qui assure économie des opérations et cohérence des données, on adapte un puzzle connu (Figure 20). Dans le dodécagone s'inscrit le profil utile d'un module stéréoscopique ; les six pièces de cette figure se réagencent en un carré qui est occupé pour moitié par une épure de pyramide, vue du sol et en biais de 15°.

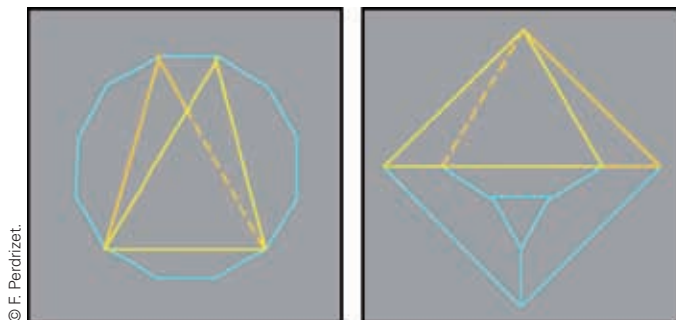


Figure 20. Perspectives et quadrature du dodécagone.

Conclusion

Depuis la Renaissance, se poursuit une recherche spécifique de représentation de l'espace urbain, qui suscite ou exploite les progrès de l'imagerie géographique en général. Elle a intégré notamment les avancées technologiques majeures de l'imprimerie, des instruments de mesure, de la photographie, de l'aéronautique, et du traitement numérique de l'information. Une vision en profondeur, à la fois globale et détaillée se manifeste dans les "portraits" de villes, nécessairement figés, qui préfigurent les panoramas actuels que l'on explore et fait varier à l'écran d'un ordinateur. Héritière d'une longue tradition de graphisme géométrique, la photogrammétrie fait prospérer, depuis plus d'un siècle, la notion féconde de perspective qui régit désormais la scène urbaine numérique, observable à distance, et sous tous les angles. Bien que virtuelle et animée, il s'agit, comme dans l'art pictural, de la représentation d'un espace naturellement tridimensionnel sur un support plan. Les illustrations de cet article donnent un aperçu de l'urbanisme et du patrimoine architectural de Montpellier, dont la cohérence et la richesse seront beaucoup mieux révélées par la consultation de DELTA. Dans le monde actuel, plus que jamais, la construction d'une ville et celle de son image sont en interaction directe. Dorénavant, la cité réelle se bâtit, sera gérée et sera (re)connue à l'aide de ses clones numériques. En définitive, les innovations qui viennent d'être présentées ici ont pour but de servir le projet urbain au moyen de perspectives partagées. ●

Contact

Franck PERDRIZET

Responsable du service municipal d'informations géographiques (SIG) de Montpellier
franck.perdrizet@ville-montpellier.fr

Remerciements

L'auteur témoigne sa reconnaissance à la Ville de Montpellier et à son maire, Madame Hélène Mandroux, pour la confiance et les moyens accordés depuis des années, afin de mettre l'innovation au cœur du développement du SIG municipal. Il adresse aussi ses remerciements à son équipe, qui œuvre quotidiennement à la mise en images de l'espace urbain et de sa périphérie. Pour leurs renseignements sur la partie historique du présent article, que soient enfin remerciés ici Christine Feuillas, responsable des archives municipales de Montpellier, Jean-Louis Vayssettes, chercheur à l'Inventaire Général, Région Languedoc-Roussillon, et Roland Jolivet, auteur d'ouvrages qui mettent en valeur un important fonds iconographique sur Montpellier et ses environs.

Bibliographie

- M. Kasser et Y. Egels**, "Photogrammétrie numérique" éd. Hermès, 2001.
- K. Kraus et P. Waldhäusl**, "Manuel de Photogrammétrie" traduction P. Grussenmeyer et O. Reis, éd. Hermès, 1997.
- L. Lliboutry**, "Sciences géométriques et télédétection" éd. Masson, 1992.
- F. Perdrizet**, "Méthode d'acquisition, d'organisation et d'exploitation des images texturant des bâtiments modélisés en 3D" Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection n°173/174, 2004.
- G. Poivilliers**, "La naissance de la photogrammétrie" Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie n°2, 1961.
- J.P. Saint Aubin**, "Le relevé et la représentation de l'architecture" éd. L'Inventaire, 1992.

ABSTRACT

A city is generally too large, and its surroundings too flat, for it to be seen as a whole from the ground. The urban spatial perception usually tends to be reduced to a linear and incomplete view of channels that follow the street network. Since the Renaissance, visual perception has been considered as the most important of the senses, turning down narrative forms that appeal to imagination to depict urban spaces. Over the course of the last few centuries, urban representation has developed to reach the best compromise between synoptic information, geometric modelling and natural appearance, in order to provide a common support to decision-makers, researchers, technicians and ordinary visitors. Considering that an overall view can be obtained only from above, this article proposes a spatio-temporal fly-over of Montpellier, to follow the evolution of urban representational techniques, from the invention of the printing press to the recent innovations in digital imagery designed by the author, and developed in the department he runs.