

## **Les sources iconographiques pour la documentation et l'étude du patrimoine bâti**

L'iconographie est l'étude de l'identification, la description et l'interprétation du contenu des images relatives à l'histoire de l'art. Dans le domaine spécifique du patrimoine architectural, ce terme est utilisé pour indiquer l'ensemble des représentations relatives au même artefact [Kleinbauer W.E. et al., 1982].

Dans le domaine du patrimoine architectural, il est essentiel d'étudier les conditions du bâtiment (présentes, antérieures et futures) au travers d'informations produites par l'interprétation et l'analyse de sources iconographiques. Une des sources iconographiques plus importantes pour l'étude du bâti est certainement la source visuelle bidimensionnelle. Ces informations ont beaucoup d'importance pour l'étude architecturale et archéologique du patrimoine parce qu'elles peuvent facilement décrire (et d'une manière particulièrement efficace) l'état d'un bâtiment à un instant T de son histoire (que ce soit l'état actuel ou un état antérieur). Les sources iconographiques disponibles à ce jour pour les communautés de chercheurs ou de professionnels s'intéressant à un édifice, ont été collectées pour la compréhension de l'histoire, des changements physiques ou fonctionnels du bâtiment, ou encore des techniques employées pour ses restaurations. Ces informations peuvent être également utilisées et référencées comme données de base pour la conservation et/ou les rénovations futures. Les sources iconographiques relatives au patrimoine architectural sont de différent format, élaborées à partir de différentes techniques et provenant de différentes procédures de conservation et de duplication.

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur une classification des sources iconographiques. Cette étude est essentielle pour une exploitation correcte et appropriée des informations visuelles que l'on cherche à enrichir afin de les organiser au sein d'une base de données.

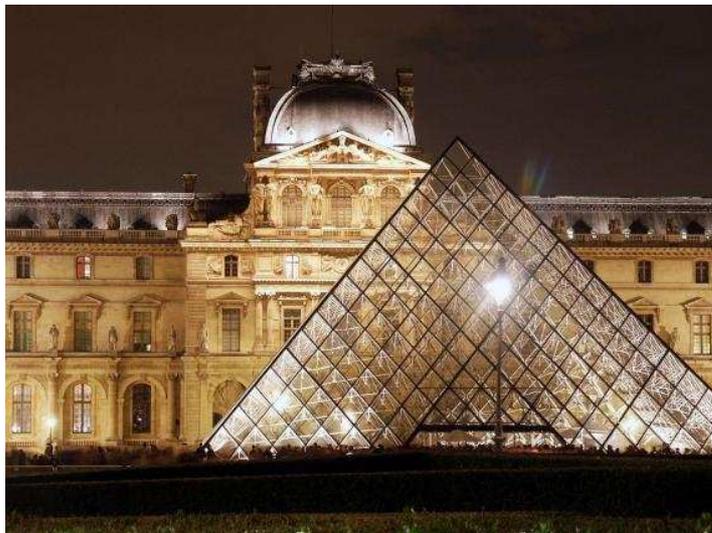
### **2.1. Classification par l'état de l'édifice**

L'étude des états historiques d'un édifice est généralement basée sur la collecte et l'analyse des sources documentaires. L'iconographie est utilisée pour des buts différents. C'est une source d'information géométrique. C'est aussi une preuve de l'état d'un édifice à un moment précis de son histoire.

### 2.1.1. L'état actuel

L'image (ou les images) de l'état actuel d'un édifice est l'information la plus facile à retrouver. Ce type de source est présente (en grande quantité) dans les bases de données d'images sur internet. L'état actuel d'un édifice peut être représenté dans des photographies, des peintures, ou des dessins, etc. C'est une représentation de l'édifice dont l'état ne diffère pas (sauf en cas de transformations récente) au condition actuelle d'édifice réel.

La définition d'état actuel diffère par rapport de chaque bâtiment. Il s'agit d'un bâtiment qui n'a pas changé de condition (interne et externe) pendant une certaine période. Toutes les images de ce bâtiment prises ou élaborées lors de cette période seront considérées comme images de son état actuel. Mais si il y a une modification permanente d'état du bâtiment, à partir du moment de changement, toutes les images prises ou élaborées auparavant sont par conséquent classées comme des sources historiques. Pour donner un exemple, l'état actuel du palais du Louvre (aujourd'hui musée du Louvre) peut se compter depuis la construction de la pyramide en verre en 1983 (voir figure 1).



**Figure 1** L'état actuel du palais du Louvre contient des bâtiments du 17<sup>e</sup> siècle et une construction moderne

Aujourd'hui la diffusion d'appareils photo numériques et Internet contribuent grandement à la collecte et à l'archivage de ce genre d'images. Ces images sont les informations qui permettent l'interactivité majeure entre le grand public et les bases de données d'images. Qu'il s'agisse de l'augmentation de la richesse des informations associées aux images ou de la recherche et de l'accès à l'information, il y a beaucoup de travaux de recherche qui s'intéressent à ce domaine.

La règle 3x3 [Waldhäusl P., Ogleby C., 1994] a été proposée dans le cadre du développement du système APIS (Architectural Photogrammetry Information System) [Herbig U. et al., 1998.] pour la préservation d'informations sur le patrimoine culturel. L'objectif principal est de créer un pont entre les amateurs et les professionnels de la documentation photogrammétrique (voir figure 2). Ce système a besoin d'une

administration des données pour savoir quels bâtiments sont documentés et où les photographies ont été prises.

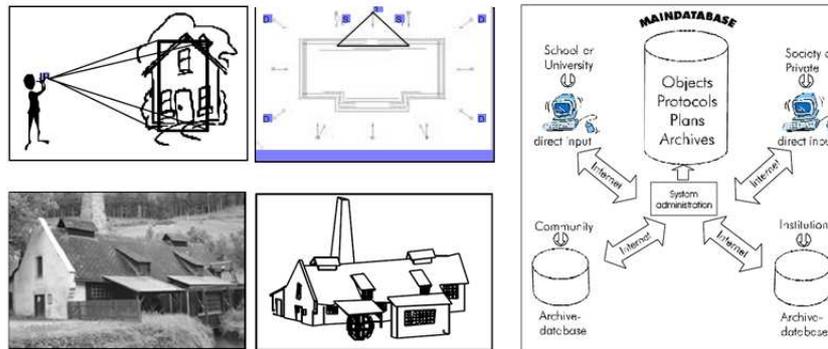


Figure 2 Documentation photogrammétrique du système APIS [Herbig U. et al.,1998.]

Le *CIPA - Test Karlsplatz, Viena* [Almagro A. et al., 1996] a montré que la restitution à partir d'appareils photo de petit format et non-métriques (typiquement les appareils photos des touristes) apporte des résultats avec une précision suffisante pour la plupart des besoins de la documentation architecturale, ou au moins pour conserver une information permettant la reconstruction physique d'un édifice (suite à un événement brusque, comme un incendie par exemple). Les instituts participant à ce projet ont augmenté leurs connaissances sur le traitement des photos prises par des caméras d'amateurs. Leur savoir-faire peut être utilisé pour la création d'une collection d'images de documentation architecturale servant de support pour la préservation du patrimoine.

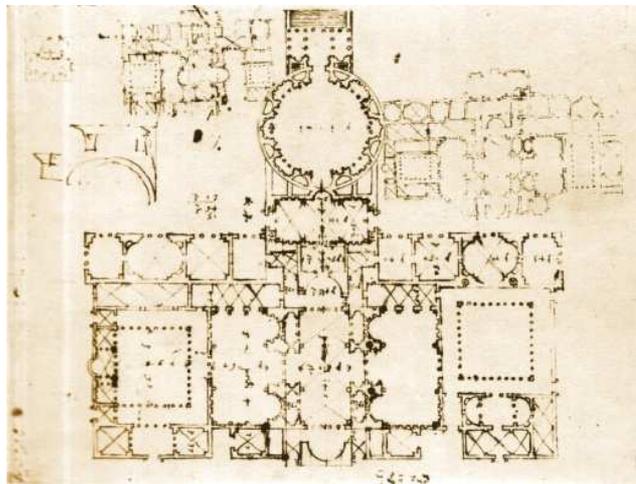
### 2.1.2. L'état historique

Les états passés du bâtiment sont caractérisés par des propriétés spatiales et temporelles incertaines parce qu'ils sont connus grâce à des sources iconographiques et documentaires très variées, parfois imprécises et de fiabilité incertaine. On parle de sources iconographiques des états historiques des bâtiments quand ces sources représentent un état de l'édifice différent de son état actuel. Ces sources peuvent être basées sur quasiment toutes les techniques d'élaboration (depuis les plus anciennes aux plus actuelles).

Le niveau de précision de la représentation contenue dans ces types de sources diffère logiquement en fonction du type de support et/ou de technique de génération ou d'exécution. Par exemple des photos anciennes sont parmi les représentations les plus précises que l'on peut avoir sur l'état historique d'un édifice. Tandis que le dessin architectural (plan, coup, élévation) est particulièrement tributaire de la méthode de relevé qui est à la base de la restitution graphique (manuel, topographique, etc.). Les dessins à main levée peuvent logiquement contenir plus d'erreurs, d'approximations et d'incohérences avec la réalité. L'époque dans laquelle l'image a été créée peut également conditionner l'exactitude et la cohérence de l'image qui représente un état du bâtiment. Pour donner un exemple, les techniques de représentation utilisées au moyen âge diffèrent bien, à la fois en termes de projection et en termes de rigueur d'exécution, des techniques qui se sont développées à la

renaissance : l'introduction de la perspective a en effet permis de dessiner (des fois même à l'aide de machines) des représentations des espaces architecturaux relativement cohérentes avec la réalité.

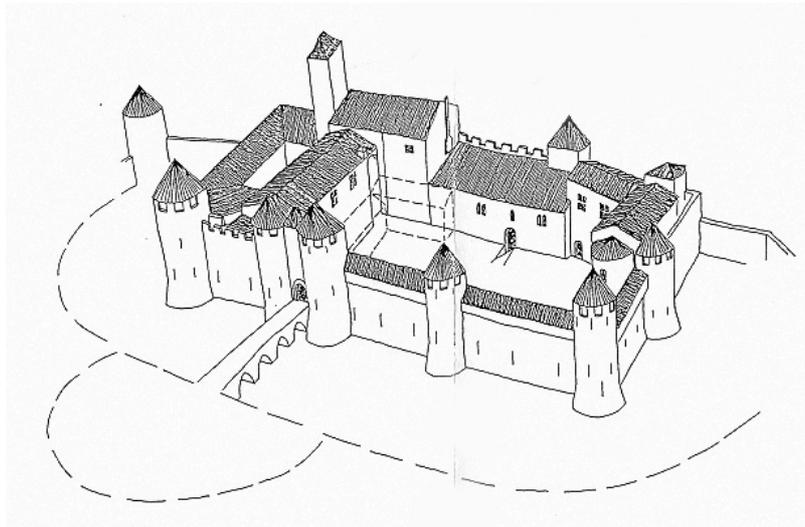
La pratique de représentation de l'architecture passée n'est pas une démarche contemporaine. Ses origines remontent à l'époque romaine. Vitruve au I<sup>er</sup> siècle av. J.-C. ou Palladio au XVI<sup>e</sup> siècle ont décrit l'architecture dans deux fameux traités [Palladio A., 1992; Perrault C., 1684]. Entre le 1541 et le 1549, Palladio se déplaçait des nombreuses fois à Rome pour effectuer des relevés des bâtiments romains. Aujourd'hui on peut lire des traces de ses raisonnements dans ses esquisses (figure 3). Il y a 500 ans Palladio commençait à interpréter les fouilles et à représenter l'architecture d'une époque précédente à la sienne dans le but de la comprendre et de la réutiliser en clé moderne dans ses bâtiments. Ses esquisses sont une première opération de représentation de l'architecture.



**Figure 3** Andrea Palladio, Thermes d' Agrippa et Panthéon, RIBA, Londres, Vol. VII, fol. 2.

### **2.1.3. L'image hypothétique**

L'image d'un état hypothétique d'un édifice est une représentation normalement élaborée par un chercheur (archéologue, architecte, historiens, etc.) s'appuyant sur des preuves, des traces et d'autres sources documentaires et se basant sur un rayonnement construit sur des méthodes scientifiques. Les représentations hypothétiques se bases le plus fréquemment sur des dessins conventionnels (plans, élévations et coupes) ou sur des vues d'ensemble (perspectives, axonométries). Même si ces sources représentent un état du bâtiment, cela ne signifie pas qu'il s'agisse du véritable état passé du bâtiment. La fiabilité d'une représentation hypothétique est contrainte à la dimension subjective de l'auteur de la source ; par ailleurs différentes sources iconographiques hypothétiques (parfois contradictoires) sont formulées par différents chercheurs à différents périodes.



**Figure 4** L'état hypothétique du château Comtal de Carcassonne au milieu du XIV<sup>e</sup> : reconstitution et représentation de [Guyonnet F., 2000].

Le passé étant inaccessible, si les sources offrent des informations incomplètes sur la morphologie d'un artefact, les experts sont amenés à interpréter la forme et à formuler des hypothèses parfois très variées sur les états passés. De plus, la comparaison des sources peut induire à des raisonnements contradictoires et à des hypothèses qui précisent le sens d'incertitude sur la *forme*, la *position* et la *datation* des artefacts. Les hypothèses sont un cas particulier d'interprétation des incertitudes appliquées à l'architecture (voir section 2.2). Plus précisément, les historiens et les archéologues s'appuient sur différents raisonnements pour formuler leurs hypothèses [Strothotte T. et al., 1999]:

- *déduction*. Ce type d'interprétation se base sur la détermination des formes architecturales à partir d'éléments géométriques incomplets mais pour lesquelles la géométrie est reconnaissable (fouilles archéologiques ou sources iconographiques).
- *analogie*. L'historique d'un lieu peut être supposé à partir de la documentation sur les techniques de l'époque. Le processus d'analogie s'appuie sur les connaissances architecturales telles que les traités classiques d'architecture, les relations de composition, la connaissance de constructions similaires pendant la même époque, ou encore de constructions similaires en proximité du site.

Chaque perte d'information ouvre plusieurs possibilités d'interprétation. Les restitutions hypothétiques sont donc des *versions* possibles, proches aux versions des produits d'un processus de conception. Les hypothèses peuvent enfin être validées ou démenties selon leur niveau de confiance et le processus d'interprétation des experts. La plupart des restitutions des états passés s'appuient conjointement sur ces types de raisonnements per la définition de la morphologie des éléments architecturaux.

## 2.2. Le degré de certitude

Dans des domaines variés, diverses études sur la perception de l'incertitude ont été amenées afin d'évaluer les paramètres qui en conditionnent la présence, afin d'interagir avec elle et la rendre un support pour la prise de décisions [MacEachren A.M. et al., 2005; Thomson J. et al., 2005]. [Pang A.T. et al., 1997] parle d'incertitude à trois niveaux : dans le processus d'acquisition, d'analyse et de visualisation des données. En patrimoine historique, les facteurs d'incertitude d'une source sont liées à trois aspects : la qualité, la cohérence et l'objectivité. [Thomson J. et al., 2005] propose une classification plus détaillée de ces aspects basée sur 9 sous-catégories (Fidélité, Précision, Intégralité, Cohérence, Filiation, Pertinence, Crédibilité, Interdépendance) pour décrire l'incertitude en patrimoine historique.

De façon générale, il est impossible de définir un ordre absolu de fiabilité des sources. Trop de paramètres rentrent en jeu pour des sources ayant des objectifs trop variés. On peut affirmer que le niveau de certitude augmente en fonction de la richesse d'informations métriques et visuelles de chaque source ; mais l'évaluation réelle du niveau de certitude / incertitude doit être établie cas par cas, selon la spécificité de chaque source. De ce fait, le niveau de précision, de cohérence et l'objectivité est plus élevé pour les sources les plus riches en détails métriques, visuels ou descriptifs. Les sources sont donc ordonnées selon leur apport métrique et visuel croissant (des sources les plus imprécises aux sources les plus détaillées).

Quand l'on étudie des bâtiments historiques, les informations qui concernent ses états antérieurs sont souvent contradictoires, hétérogènes, incertaines et incomplètes. Chaque source est caractérisée par une certaine *qualité*, une *cohérence* et un niveau d'*objectivité*. Ces trois aspects dépendent d'une composante humaine et des moyennes physiques qui ont permis de représenter l'objet.

- *La qualité de la source* dépend de son état de conservation, des outils de représentation employés et de l'objectif de la description. Premièrement, la qualité graphique des sources n'est pas souvent très élevée pour tirer des informations sur les proportions. Deuxièmement, dès que l'on a des informations métriques sur un objet, le niveau de fiabilité augmente immédiatement. Troisièmement, le niveau de fiabilité augmente encore plus si l'on analyse un relevé fait à l'aide d'un dispositif d'acquisition particulièrement précis et automatisé (c'est le cas du scanner laser par exemple).
- *Le niveau de cohérence* dépend de la concordance des informations véhiculées par les sources. Il s'appuie sur la comparaison avec diverses sources.
- *Le niveau d'objectivité* est lié à l'auteur de la source, car souvent il transfère graphiquement son propre point de vue par rapport à son contexte de vie, ou parfois il représente des architectures selon un projet pas encore réalisé.

## 2.3. Les techniques d'élaboration

A différence d'autres domaines où une collecte systématique d'informations permet d'effectuer des bilans statistiques, de créer des catégorisations ou de prendre des décisions, en patrimoine historique les informations sur les artefacts sont transmises de façon fortuite, grâce aux sources conservées ou découvertes. Les sources historiques et documentaires d'un site, par leur nature, peuvent être très hétérogènes par typologie et qualité de l'information communiquée. Leurs typologies sont détaillées comme suit.

### 2.3.1. Photographies

Cette catégorie inclue les photos historiques et actuelles, les photos stéréoscopiques, les mosaïques de photos et les orthophotos. Les photos peuvent être exploitées en diverses façons : la combinaison d'ensembles de photos à axes parallèles permet la génération de photos orthogonales (orthophotos terrestres et aériennes) ; les ensembles de photos à axes convergents et de photos stéréoscopiques (vues légèrement décalées d'une scène) permettent l'extraction des coordonnées spatiales et la restitution géométrique en utilisant des procédés de photogrammétrie.

#### 2.3.1.1. Photo historique

En 1515, Léonard de Vinci expliquait : << En laissant les images des objets éclairés pénétrer par un petit trou dans une chambre très obscure, tu intercepteras alors ces images sur une feuille blanche placée dans cette chambre [...] mais ils seront plus petits et renversés >> . Cette << camera obscura >> simple, dite « sténopé », est progressivement perfectionnée par l'ajout d'une lentille, puis d'un diaphragme et d'un miroir incliné à 45°, l'ancêtre du reflex. C'est ce dispositif qui, en remplaçant l'écran par une surface photosensible fixant la lumière, sera à la base de l'invention de la photographie en 1839 par Nicéphore Niépce et Louis Daguerre. La photo historique peut être datée jusqu'à cette époque [Gernsheim H., 1997; Hirsch R., 2000].



**Figure 5** Une vieille photo sur une carte postale présente une partie du château Comtal du Carcassonne.

Généralement les photos historiques peuvent être abîmées au cours du temps ou manquent parfois de netteté. Toutefois, elles peuvent témoigner des états passés d'un artefact disparus. Une vieille photo pourrait permettre la restauration des données dimensionnelles et géométriques relatives à la forme des éléments disparus. En outre, il peut parfois fournir des informations précises sur l'aspect visuel des matériaux qui composent le bâtiment.

### 2.3.1.2. Photo numérique

La photographie numérique est une forme de la photographie qui utilise un de capteurs sensibles à lumière pour capturer l'image focalisée par la lentille, par opposition à une exposition sur le film argentique. Elle ne requière pas la phase de développement. L'image capturée est ensuite stockée dans un fichier numérique prêt pour le traitement numérique (correction des couleurs, re-dimensionnement, recadrage, etc), l'affichage ou l'impression.

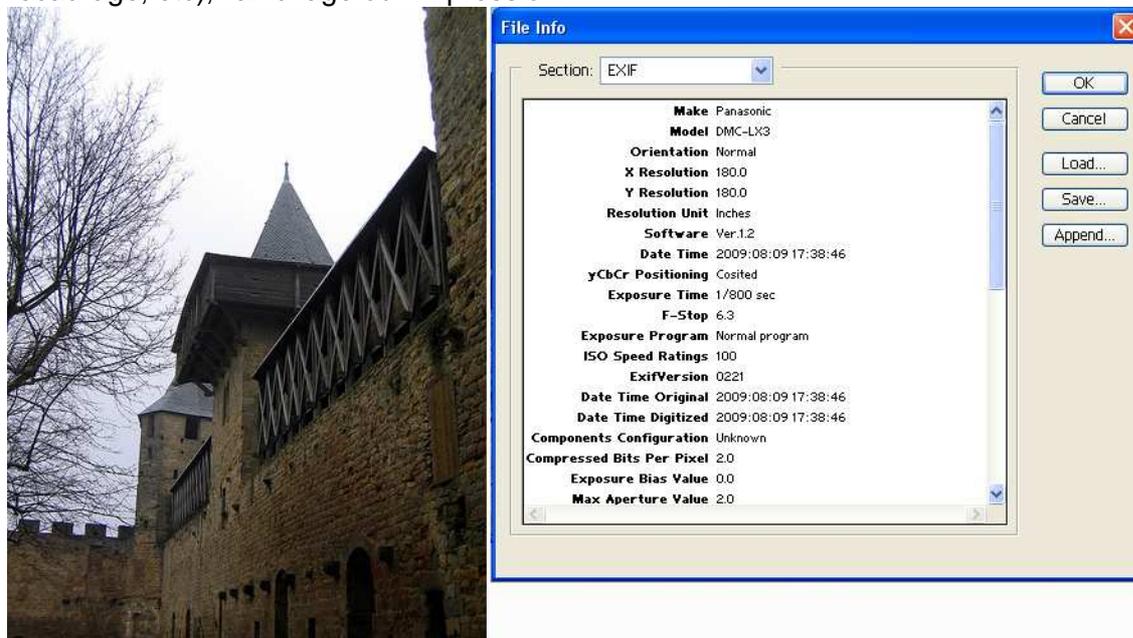


Figure 6 Métadonnées de format EXIF d'une photo numérique

Aujourd'hui, des images numériques peuvent être acquises directement par une caméra à matrice DTC (en anglais CCD) qui acquiert directement des images numériques. Elle offre un contrôle direct de la qualité de l'image et a de bonnes caractéristiques géométriques [Galer M. et al., 2005; Rand G. et al., 2005 ; Rosen M.J. et al., 2002].

Un des avantages majeur de la photographie numérique est la possibilité d'enregistrer, au moment de la prise de vue, les métadonnées EXIF relatives au paramétrage de l'appareil photo (Figure 6) [Clark R.N., 2002], comme par exemple la date et l'heure de la photo, le modèle de la caméra, la vitesse d'obturation, l'utilisation du flash, la distance focale, etc. De ce point de vue, les caméras argentiques ont logiquement une capacité bien limitée dans l'enregistrement de métadonnées, bien que de nombreux appareils photo peuvent graver une date sur une image en exposant le film à un matrice DEL (diode électroluminescente, en anglais LED) ou d'autres périphériques qui affichent une date.

### 2.3.2. Dessin

Le terme « dessin » inclut diverses représentations graphiques [Gerald F et al., 1998]. Les *croquis* sont des dessins faits à la main très rapidement, sans recherche de détails. Leur objectif est de donner un aperçu d'un élément afin de *noter* des aspects, des caractères ou d'être un support explicatif à la communication. Les *esquisses* sont des dessins rapides qui anticipent une œuvre plus sophistiquée, complexe et enrichie en détails, comme par exemple des *peintures*. Les *gravures et les estampes*, obtenues respectivement en incisant un matériau ou en faisant une impression ou un dessin sur un support, communiquent une richesse de détail plus élevée.

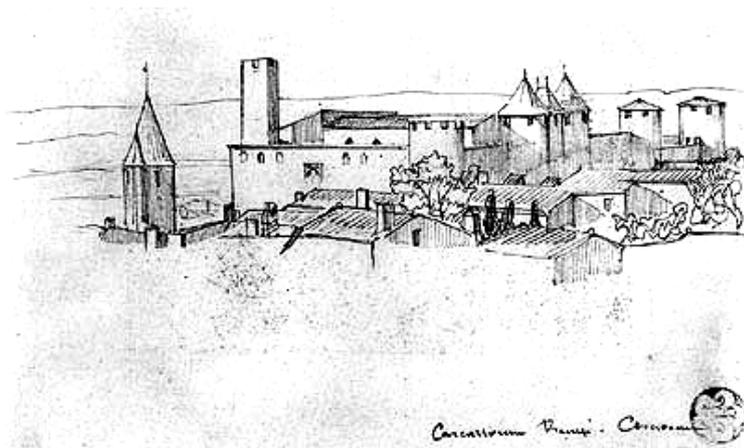
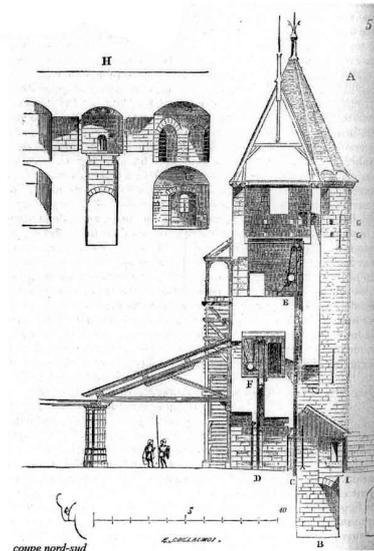


Figure 7 Dessin de vue générale sur le château comtal depuis le sud réalisée par Viollet-le-Duc.

### 2.3.3. Document métrique

La documentation métrique comprend généralement des représentations orthogonales de l'espace, exécutées à la main ou à l'aide d'outil de dessin technique, à des échelles variées, dont l'objectif est de fournir les mesures et les proportions entre les diverses parties. A cette catégorie appartiennent plans historiques, cadastres, plans urbains, coupes et élévation.



**Figure 8** Coupe de la porte d'entrée du château Comtal de Carcassonne

## 2.4. Les types de projection

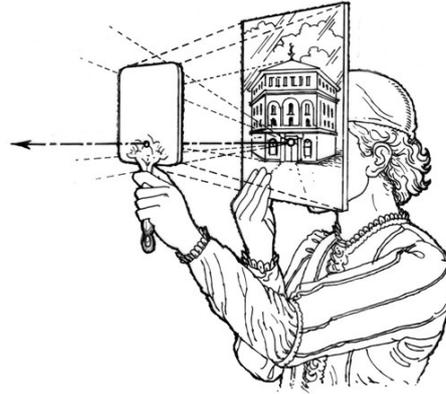
Le dessin de l'architecture a évolué au cours de l'histoire des méthodes de représentation en servant de différentes méthodes de construction et de contrôle géométrique de l'espace et des formes. Différents types de projections ont été utilisés, au cours des siècles, comme principes sous-jacents aux pratiques de représentation de l'architecture.

### 2.4.1. Projection perspective

La projection perspective est la représentation d'une image telle qu'elle est perçue par l'œil. Le principe général de construction de ce type de représentations est l'utilisation de la distance entre l'objet et le point d'observation. Si l'objet est loin, il apparaît petit, et si l'objet est proche, il apparaît grand. La projection perspective est créée par des règles géométriques codifiées dans l'époque de la Renaissance.

Il existe une forte relation entre la perspective et les mesures. En effet, si les techniques de relevé utilisées au Moyen Âge sont impliquées dans les origines de la perspective, après son invention, cette dernière a rapidement été employée comme instrument de mesure.

Au XV<sup>e</sup> siècle, Filippo Brunelleschi introduit un procédé géométrique permettant de peindre avec exactitude une portion observée de l'espace réel. Dans son livre *De pittura*, il proposait une représentation de la perspective à un point de fuite principal pour simuler la vision humaine. Il s'agissait de la formalisation du passage entre la perspective «naturalis» (optique) et «artificialis» (géométrie) [Damisch H., 1994 ; Hyman I., 1974].



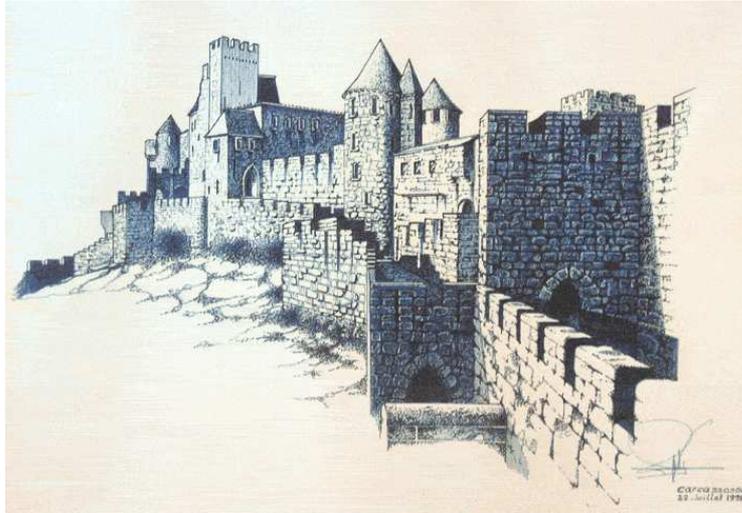
**Figure 9** Illustration du dispositif de la perspective de Brunelleschi.

La définition de perspective donnée par Léonard de Vinci est : « la perspective n'est rien d'autre que voir un objet derrière une vitre plane et bien transparente, dont la surface contient toutes les choses qui sont derrière : elles peuvent être ramenées au point de l'œil par des pyramides et ces pyramides coupent la vitre mentionnée ».

D'autres principes, comme le rayon visuel ou la ligne de fuite, déjà présents dans la première formulation du procédé, furent ensuite repris par Jean-Henri Lambert pour développer les règles inverses de la géométrie projective consistant à déterminer la position de l'observateur, à trouver la ligne d'horizon et à estimer l'orientation des objets contenus dans un tableau. Lambert comprend que les points de fuite pouvaient être exploités comme support géométrique pour l'inversion de la perspective [Kemp M., 1992].

Ce type de projection est parmi les plus diffuses dans les collections de sources iconographiques d'architectures historiques. En faisant abstraction de détails d'ordre géométrique ou technique, on peut retrouver la projection perspective dans des dessins et de peintures de bâtiments (même si certains des documents graphiques, tels que les dessins, ne se basent pas forcément sur une construction géométrique rigoureuse de l'espace), jusqu'aux images élaborées par les nouvelles technologies d'infographie (comme par exemple les rendus en trois dimensions).

La photographie se base aussi sur une représentation en perspective de l'espace. De ce point de vue, la photographie permet une projection particulièrement fine de la réalité photographiée, à l'exception des erreurs introduites par la distorsion dépendant de plusieurs facteurs (lentilles, position du film, etc..).



**Figure 10** Un exemple de dessin en perspective du château Comtal de Carcassonne

Comme mentionné auparavant, la codification de la représentation en perspective a été introduite dans l'époque de la Renaissance. Par conséquent, les images qui ont été élaborées au cours des périodes précédentes (par exemple, l'époque médiévale), tout en se basant sur la perception des espaces et des formes par l'œil humain, ne se basent pas sur une règle formalisable (d'un point de vue géométrique au moins) de construction géométrique. C'est la raison pour laquelle, sauf dans certains cas rares, on ne peut pas considérer ce type de sources comme une information exploitable à des fins d'extraction et d'analyse métrique de la scène ou de la forme représentée. Dans certains cas, ces types d'images se rapprochent plus d'une projection axonométrique (voir section 2.4.2.2).

En dehors de la représentation d'un point de vue unique et statique, la projection perspective peut être retrouvée dans des procédés techniques plus complexes comme par exemple l'image stéréo et la séquence vidéo.

#### **2.4.1.1. Image stéréo**

L'image stéréo est une technique capable d'enregistrer en trois dimensions de l'information visuelle ou de créer l'illusion de profondeur dans une image à projection perspective. L'illusion de profondeur dans une image en deux dimensions est créée en présentant une image légèrement différente à chaque œil. L'image stéréoscopique a été inventée par Sir Charles Wheatstone en 1840 [Welling W., 1978]. Des images stéréoscopiques peuvent se trouver dans des collections de photographies anciennes et/ou de photographies actuelles.



**Figure 11** Un exemple de photographie stéréo (porte de Lanhydrock House, Cornwall)

La stéréoscopie est utilisée en photogrammétrie pour la visualisation et la restitution géométrique d'images en calculant la différence de position de points homologues présents sur les deux images à la fois.

La photographie moderne peut acquérir et enregistrer l'information en 3 dimensions [Wiley C., 2008]. Les informations sur la profondeur de la scène est reconstruite à partir d'une corrélation automatique de chaque pixel d'un couple d'images.

Même si aujourd'hui on dispose de technologies de balayage laser 3D pour le relevé et la numérisation tridimensionnelle de l'architecture. Les solutions basées sur la photogrammétrie, stéréo et multi-vues restent très utilisées et constituent un moyen particulièrement flexible et démocratique pour l'enregistrement d'informations métriques et géométriques sur le patrimoine bâti.

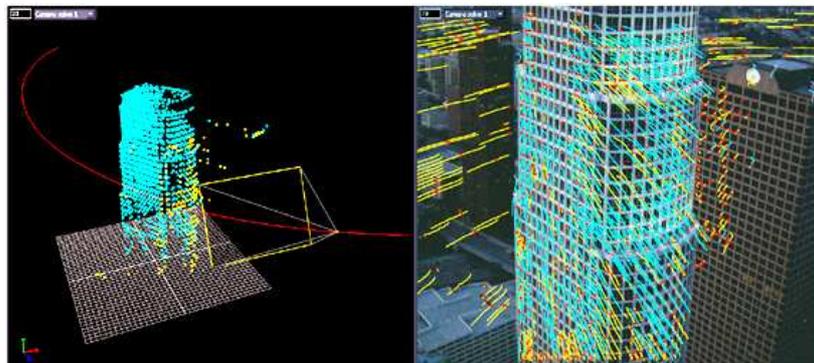
#### **2.4.1.2. Séquence vidéo et Multimédia**

La vidéo regroupe l'ensemble des techniques permettant l'enregistrement ainsi que la restitution d'images animées, accompagnées ou non de son, sur un support électronique. Comme la photo numérique, et toujours en faisant abstraction des phénomènes de distorsion, une séquence d'images produite par caméra vidéo se base sur une projection perspective. Cette catégorie inclue également les animations créées par le rendu de modèles 3D en utilisant des solutions infographiques.



**Figure 12** Un séquence d'images extraite d'une séquence vidéo

Des techniques de *camera tracking* (reconstruction du parcours d'une caméra) et de *shape from video* (reconstruction de la forme à partir d'une séquence vidéo) permettent de récupérer à la fois la structure de la scène filmée et le mouvement que la caméra a effectué à son intérieur. Ces techniques se basent sur des solutions d'analyse et de traitement d'image automatiques ou semi-automatiques [Pollefeys M. et al., 2000]. La flexibilité de l'approche permet d'appliquer cette technique dans le domaine de l'étude et de la représentation spatiale de sites patrimoniaux. Ces techniques peuvent en effet être utilisées pour enregistrer et reconstruire des scènes, des immeubles, des éléments d'architecturaux, des statues et de la géométrie de terrain.



**Figure 13** Un exemple d'application de la technique de *Camera tracking*

[Cosmas J. et al.,2001] utilisent ces techniques dans le cadre du projet *3D MURALE*. Ce projet se concentre sur la mise en relation d'un ensemble d'outils à l'intérieur d'un système multimédia pour l'enregistrement, la reconstruction, le codage, la visualisation et l'interrogation de base de données pour la documentation de sites archéologiques.

## 2.4.2. projection parallèle

La projection parallèle correspond à une projection perspective avec un point de vue hypothétique, se situant à une distance infinie de l'objet [McReynolds T. et al., 2005].

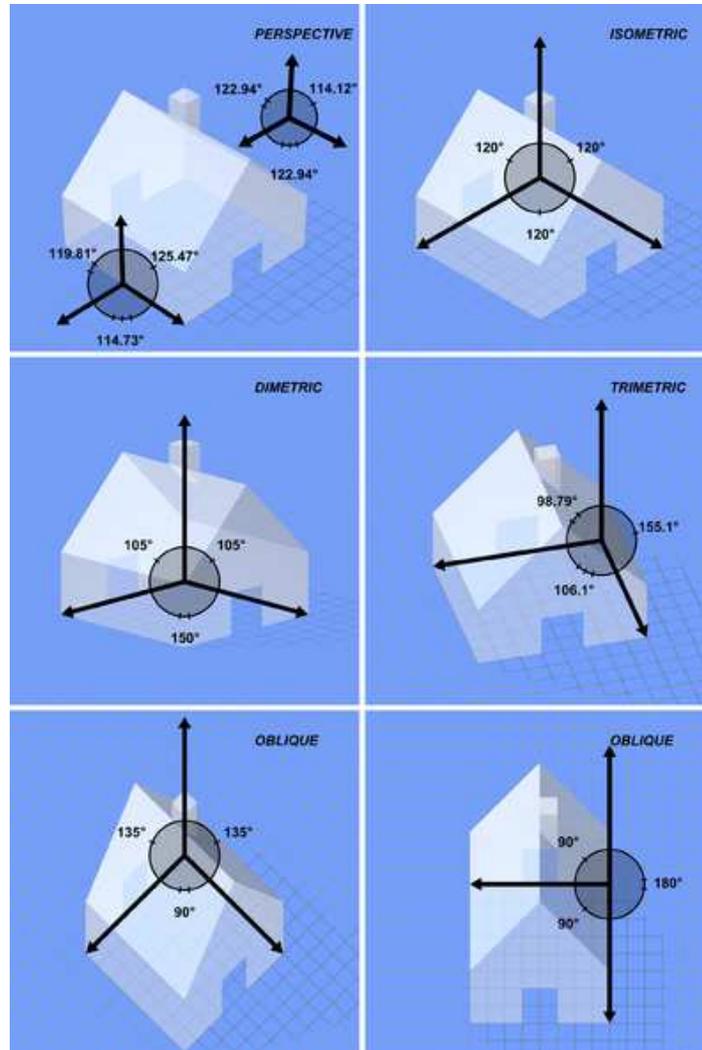
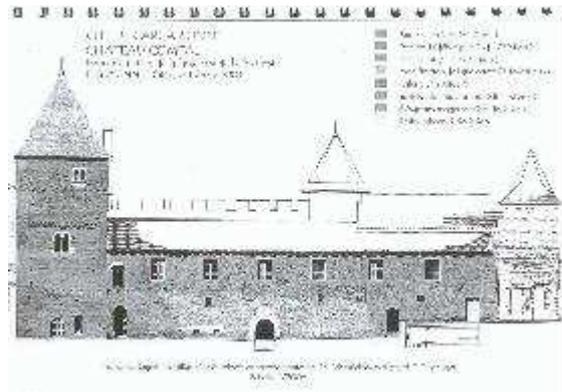


Figure 14 Tableau résumant les différents types de projection parallèle

### 2.4.2.1. Projection orthogonale

La projection orthogonale est une représentation en deux dimensions d'un objet en trois dimensions. Cela correspond à une projection à l'infini [Maynard P., 2005]. C'est le type de projection le plus utilisé pour l'élaboration de dessins techniques. Dans les sources iconographiques relatives au patrimoine, ce type de projection est assez utilisé dans les dessins d'édifices (comme les plans, élévations et les coupes).

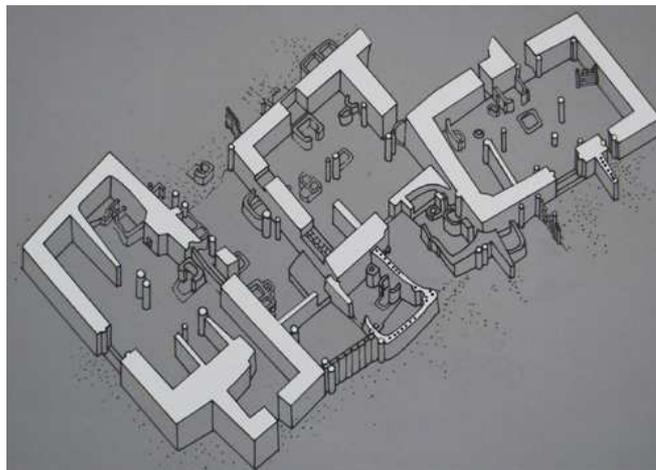


**Figure 15** Élévation de l'aile ouest du château Comtal de Carcassonne. Mélangé entre une orthophotographie et un dessin au trait.

Certains procédés de photogrammétrie permettent l'élaboration d'orthophotographie, c'est à dire de projection orthographique de photographies à partir d'une transformation géométrique appelée homographie (Figure 15). Les orthophotographies peuvent fournir des informations métriques avec une résolution et un niveau de précision important en intégrant des éléments de détail des surfaces.

#### 2.4.2.2. Projection axonométrique

Axonométrie est un type de projection orthographique où le plan ou l'axe de l'objet représenté n'est pas parallèle au plan de projection [Godse A.P., 1980; Gary R. B. et al., 2002], de telle sorte que plusieurs côtés d'un objet sont visibles dans la même image [Maynard P., 2005]. La projection axonométrique peut être de trois différents types : isométrique, dimétrique et trimétrique, en fonction de l'angle formé entre l'axe et le point de vue orthogonal [McReynolds T. et al., 2005]. Une caractéristique typique des images axonométriques consiste en le fait que un des axes est généralement représenté en vertical.

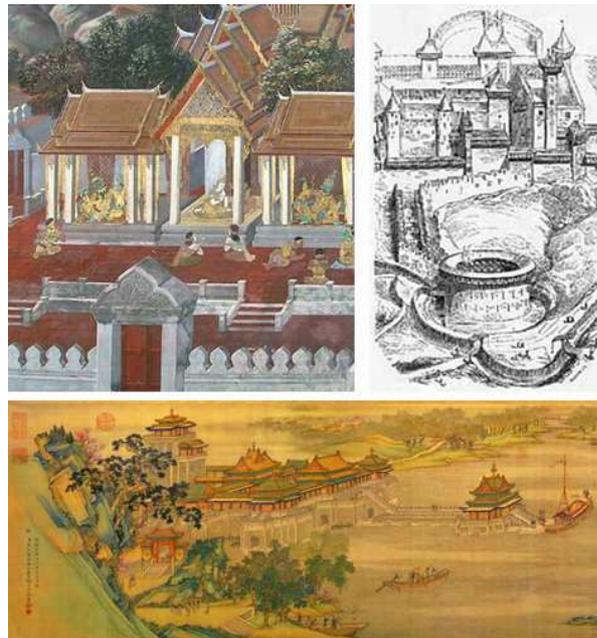


**Figure 16** Un exemple de l'image isométrique de la fouille archéologique (maisons néolithiques, Hacilar, Turquie)

Il n'existe pas beaucoup d'images anciennes construites selon une projection axonométrique correcte. Normalement, c'est un type de construction géométrique dont la pratique s'est diffusée dans l'époque moderne. Si des images dont la construction se rapproche d'une axonométrie existent avant l'époque moderne, c'est d'habitude des images créées dans le but d'arriver à suggérer un point de vue perspectif. Ce type de représentation a une grande diffusion dans les dessins et les peintures de monuments ou de villes.

#### 2.4.2.3. Projection oblique

Dans les projections obliques les rayons de projection parallèle ne sont pas perpendiculaires au plan de visualisation comme dans le cas de la projection orthographique, mais orientés d'un angle qui diffère de 90 degrés [Maynard P., 2005]. Dans les projections orthographiques et obliques les lignes parallèles dans l'espace semblent parallèles sur l'image. Grâce à la simplicité de sa construction graphique, cette technique de représentation s'est particulièrement diffusée dans la période antécédente à l'introduction de la perspective. C'était d'ailleurs la volonté de figurer l'espace et sa perception, avant la codification de la perspective, qui a déterminé une utilisation des projections obliques. Ce n'est pas par hasard que les représentations d'époque médiévale basées sur des projections obliques sont aussi appelées (images en perspective gauche).



**Figure 17** Des exemples d'images à projection oblique  
(dessin de palace thaïlandais du 17<sup>e</sup> siècle, perspective gauche du château comtal de Carcassonne,  
paysage chinois)

### **2.4.3. Projection panoramique**

L'image panoramique est basée sur l'assemblage d'images prises à partir de la même position dans l'espace mais avec des orientations différentes. Ces images sont très utiles pour la documentation d'espaces architecturaux : la seule phase d'assemblage est suffisante pour élaborer des images interactives permettant d'explorer l'espace photographié à 360° [Ward G., 2006; Littlefield R., 2006].

Les assemblages panoramiques peuvent aussi être utilisés pour reconstruire de façon sommaire la géométrie de l'espace à partir d'une orientation approximative s'appuyant sur l'identification d'un repère orthonormé dans la scène. Finalement, il est possible d'exploiter une ou plusieurs images panoramiques ou de les intégrer à des images prises avec une configuration à axes convergents ou parallèles pour reconstruire de manière détaillée des espaces architecturaux via des solutions de photomodélisation.

L'acquisition d'une image panoramique s'appuie sur la notion de recouvrement. Dans ce sens, la mise en correspondance des différentes images est l'aspect fondamental de l'assemblage d'une image panoramique. L'assemblage panoramique consiste à détecter des points caractéristiques communs à des couples d'images. Cette mise en correspondance d'images peut être automatisée compte tenu des conditions particulières de prise de vue (toutes les images partagent le même centre optique) [Szeliski R., 2005 ; d'Angelo P., 2007]. Désormais, il existe des méthodes entièrement automatiques pour analyser et faire correspondre des portions d'images ayant des zones de recouvrement. Le résultat d'un assemblage panoramique peut être généralement rendu selon trois projections différentes (cylindrique, sphérique et cubique).

#### **2.4.3.1. Projection cylindrique.**

Les photographies assemblées sont projetées à partir du centre optique sur un cylindre dont les dimensions verticale et horizontale représentent respectivement la largeur et la hauteur de l'image panoramique.

Ce type de projection est particulièrement efficace pour l'enregistrement d'informations spatiales distribuées sur une ligne d'horizon ne présentant pas d'élévations importantes.

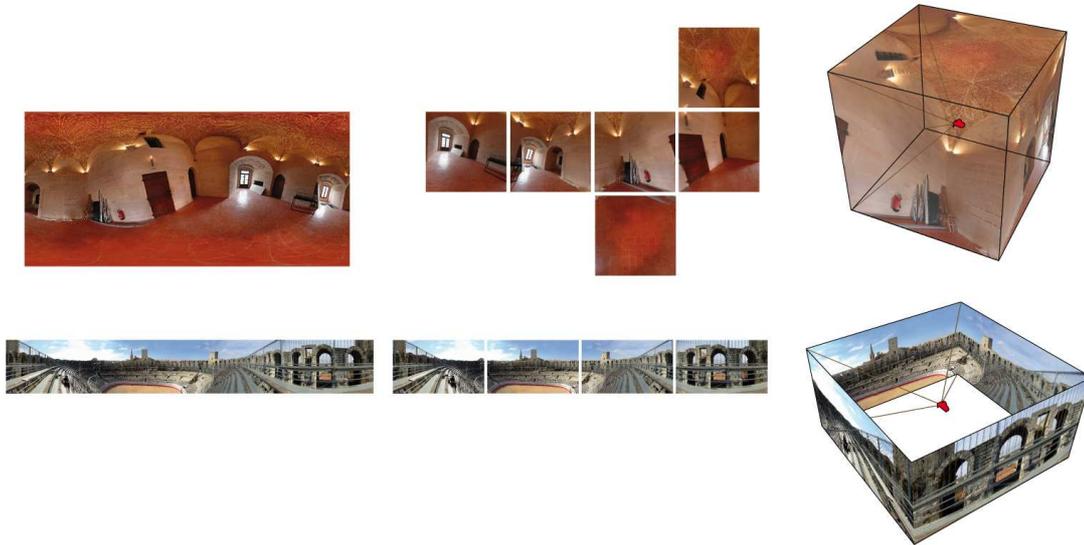
#### **2.4.3.2. Projection sphérique.**

Les photographies assemblées sont projetées à partir du centre optique sur une sphère.

L'espace photographié est donc distribué sur 360° selon l'axe horizontal et sur 180° selon l'axe vertical. La projection sphérique permet donc de représenter la totalité de l'espace environnant de façon homogène où la valeur angulaire relative à un pixel horizontal est liée à celle d'un pixel vertical selon un rapport de 360° / 180°.

### 2.4.3.3. *Projection cubique.*

Les photographies acquises et assemblées sont projetées (selon une projection perspective classique) a partir du centre optique sur les six faces d'un cube. Comme pour le cas d'une projection sphérique, une projection cubique permet la représentation complète de l'espace environnant.



**Figure 18** Des exemples d'images panoramiques

D'un point de vue géométrique, l'aspect intéressant des images panoramiques est qu'en étant générées à partir d'un assemblage d'images, tous les types de projections (cylindrique, sphérique et cubique) partagent le même principe de génération : on projette les pixels contenus dans les photographies assemblées à partir d'un centre optique central vers trois types de surfaces. Compte tenu des cohérences géométriques existantes entre les trois projections, il est alors possible de généraliser le point de vue permettant de représenter une image panoramique dans l'espace quelque soit sa projection.

