

# Présentation générale de la synthèse d'image



Djihane BABAHENINI

[djihane.babahenini@univ-biskra.dz](mailto:djihane.babahenini@univ-biskra.dz)

## Légende

-  Entrée du glossaire
-  Abréviation
-  Référence Bibliographique
-  Référence générale

# Table des matières



<b>Objectifs</b>	5
<b>Introduction</b>	6
<b>I - Synthèse d'image</b>	7
1. Bref historique .....	7
2. Principes généraux .....	8
2.1. Construction d'une scène 3D .....	8
2.2. Transformations géométriques .....	9
2.3. Exercice .....	11
2.4. Exercice .....	11
3. Pourquoi la synthèse d'image? .....	11
<b>II - Domaines d'application</b>	13
1. Architecture .....	13
2. CAO .....	13
3. Jeux vidéo et animation .....	14
4. Exercice .....	15
<b>III - Système de projection</b>	16
1. Projection perspective .....	16
2. Projection parallèle .....	17
3. Exercice .....	18
3.1. Exercice .....	18
3.2. Exercice .....	18
3.3. Exercice .....	18
3.4. Exercice .....	18
<b>IV - Tester votre compréhension</b>	19
<b>V - Conclusion</b>	21
<b>Solutions des exercices</b>	22

<b>Glossaire</b>	27
<b>Abréviations</b>	28
<b>Bibliographie</b>	29

# Objectifs

A l'issue de ce chapitre, l'étudiant sera capable de:

- *Définir* les notions de base de la synthèse d'image.
- *Citer* les différents domaines d'application de la synthèse d'image.
- *Illustrer* les deux types de projection (perspective et parallèle).

*Pré-requis :*

L'étudiant doit connaître préalablement les notions suivantes pour pouvoir suivre le maximum de ce cours :

- Les notions de vecteurs et de matrices.
- Les algorithmes et les structures de données.

# Introduction



On regroupe sous l'appellation "synthèse de l'image" tous les procédés numériques permettant de produire des images 3D. La réalisation d'une scène tridimensionnelle exige:

1. une représentation des objets qui composent cette scène dans la machine,
2. cette représentation doit caractériser chaque objet par leur: (taille, couleur, position, texture, caractéristiques lumineuses,...etc.),
3. ainsi qu'elle défini l'interaction entre les objets et la lumière globale, et déterminer quel type de projection utilisé.

Ce chapitre traite une introduction à la synthèse d'image. On s'intéresse donc à répondre à certaines questions: qu'est ce que la synthèse d'image ?, qu'elle est l'intérêt de ce domaine ?, comment construire une scène 3D?. La synthèse d'image est utilisée dans vaste domaines tels que l'architecture, la conception assistée par ordinateur, et les jeux vidéo.

# Synthèse d'image



Bref historique	7
Principes généraux	8
Pourquoi la synthèse d'image?	11

## 1. Bref historique

*1950* : photogrammétrie.

*1950* : MIT, premier écran (vectoriel) contrôlé par ordinateur.

*1950-60* : SAGE, contrôle d'un écran par un crayon lumineux, premier système graphique interactif.

*1963* : Sketchpad (thèse de Ivan Sutherland), propose un premier modèle complet de système graphique interactif (sélectionner, pointer, dessiner, éditer); identifie les structures de données et algorithmes nécessaires. Avancée majeure dans le domaine du graphisme.

*1960-70* : premiers systèmes de DAO (General Motors, Bell, NASA). Algorithme de base du graphisme.

*1969* : premiers capteurs CCD (caméras numériques), Bell.

*1970* : premier terminal graphique à bas prix (Tektronix). ADIS graphics package : possibilité de lire /écrire un pixel, dessiner une ligne, déplacer des portions de l'image, la sortie étant dirigée sur des zones rectangulaires appelées fenêtres.

*1970-80* : barrière économique dépassée, mémoires et écrans peu chers sont disponibles, écrans matriciels, apparition de la couleur, cartes d'extensions graphiques (apple II). Premiers standards graphiques et premières créations de logiciels graphiques portables. Algorithmes de traitements d'images, premiers algorithmes de vision artificielle.

*1980-90* : apparition des stations de travail, épanouissement de la CAO. Premières interfaces graphiques (macintosh). Photo-réalisme (lancer de rayons, radiosité). Animations

*1984* : le langage PostScript.

*1986* : standard graphique GKS (X Windows).

*1990-2000* : systèmes 3D interactifs, algorithmes câblés, librairie graphique OpenGL, films, jeux videos.

*1993* : Jurassic park

1994 : standard VRML

1995 : Toy Story, Sony Playstation

1998 : logiciel Alias Maya

2000 : Virtualisation, vision<sup>p.29</sup> ☞

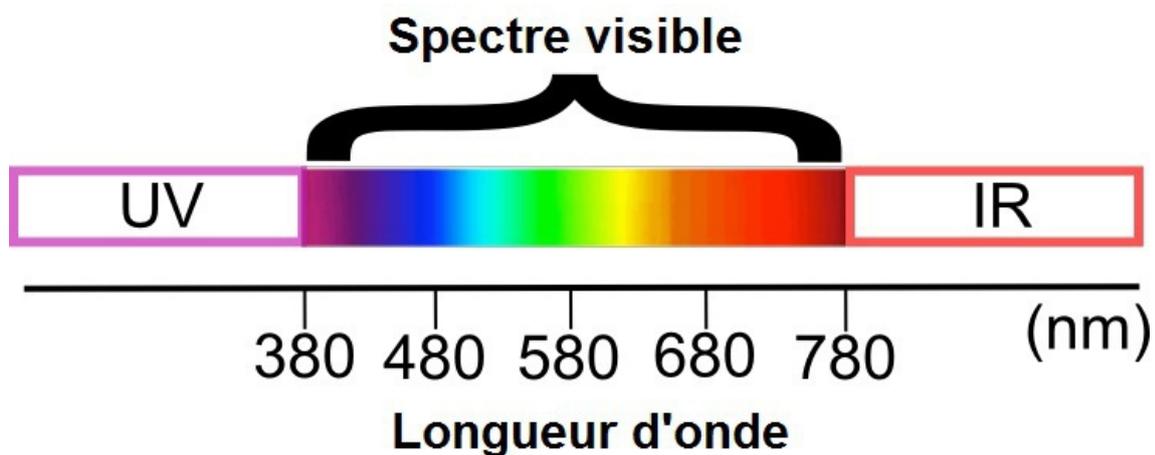
## 2. Principes généraux

Construction d'une scène 3D	8
Transformations géométriques	9
Exercice	11
Exercice	11

### 2.1. Construction d'une scène 3D

La construction d'une scène 3D nécessite trois étapes importantes, la modélisation géométrique, la modélisation photométrique et la modélisation radiométrique :

- *Modélisation géométrique*: on désigne par la modélisation géométrique, la génération de maillage d'un objet (ou un ensemble d'objets) existant(s) à partir d'un modèle mathématique. L'objet modélisé peut être de forme simple (triangle) ou complexe (humanoïde). Elle est un ensemble de méthodes utilisées pour décrire la forme ou les caractéristiques géométriques d'un objet<sup>p.29</sup> ☞ .
- *Modélisation photométrique*: l'œil humaine est sensible uniquement à un certain intervalle de rayonnement appelé le *spectre de vision* rangé entre 380 nm<sup>p.27</sup> ☞ et 780 nm<sup>p.29</sup> ☞ . La photométrie consiste à associer à chaque objet ses matériaux, c'est à dire la couleur propre des objets 3D. La figure suivante montre le spectre de vision, d'Ultra-violet et d'infra-rouge.



- *Modélisation radiométrique* : la radiométrie est la science de mesure d'énergie qui caractérise la lumière. Afin de rendre la scène 3D -qu'on connaît sa géométrie- plus réaliste, il faut calculer les interactions entre les objets de la scène 3D et la lumière, et les interactions entre les objets

lui-même.

La figure suivante décrit les différentes étapes de construction d'une scène 3D.

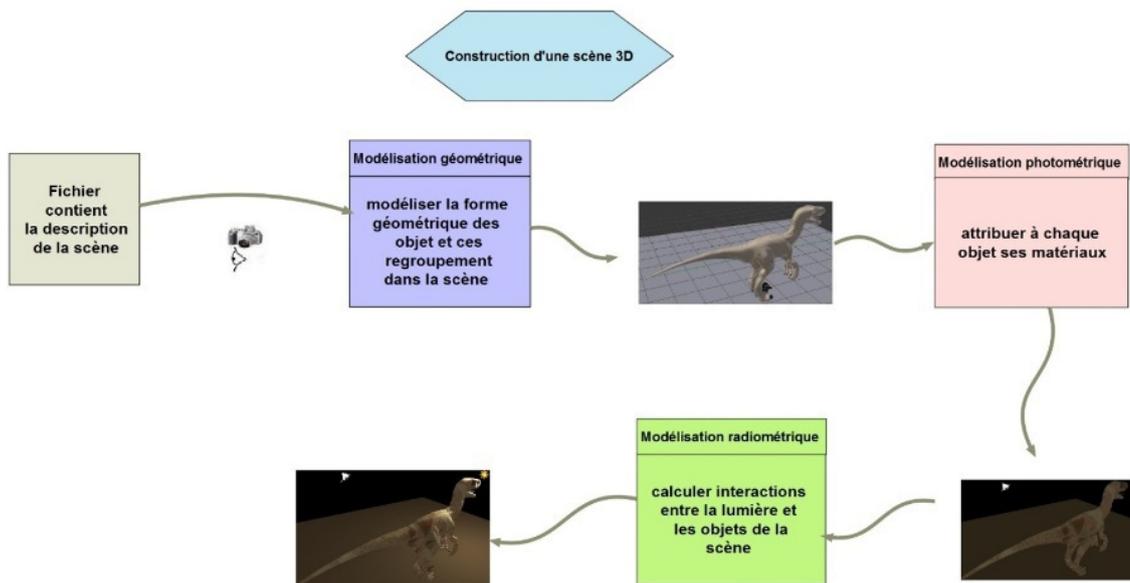


Schéma de construction d'une scène 3D.

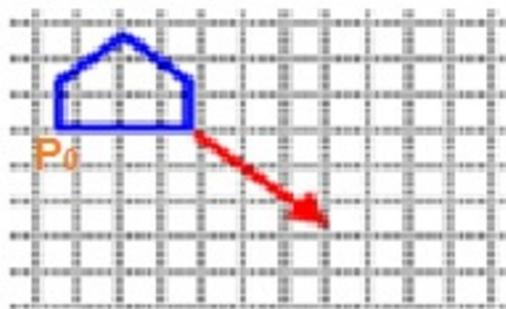
## 2.2. Transformations géométriques

Une fois qu'on a construit la scène, on désire généralement de manipuler ses objets, par le changement de leurs attributs qui peuvent être la position, l'orientation, la taille, la forme,...

Il existe trois types de transformation :

- *Translation* : est le processus de déplacement d'un objet sommet par sommet. Pour déplacer un sommet, un sommet est défini comme un vecteur de trois coordonnées x, y, z. Pour la translation, on a besoin d'un vecteur nommé *vecteur de translation*.

$$P_1 = P_0 + T = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_t \\ Y_t \\ Z_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 + X_t \\ Y_0 + Y_t \\ Z_0 + Z_t \end{pmatrix}$$



**Avant**



**Après**

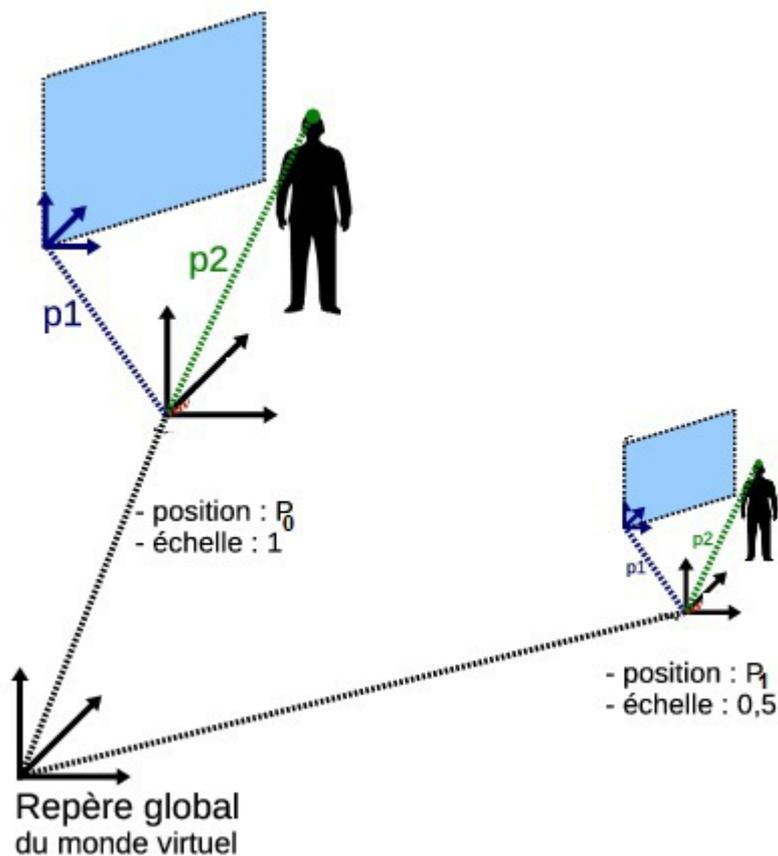
*Translation*

- *Rotation*: elle permet de tourner l'objet autour d'un axe selon un angle  $\alpha$ . On multiplie les coordonnées d'un point  $P_0$  par une matrice de rotation, pour trouver les nouvelles coordonnées de point  $P$ . Sur un repère de trois dimensions, il existe trois matrices de rotation autour de l'axe X, Y et Z :

$$R_x(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}, \quad R_y(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \sin(\alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{pmatrix}, \quad R_z(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- *Homothétie* : elle consiste à changer la taille d'un objet (un maillage) sommet par sommet. Pour chaque sommet :

$$P_1 = h \cdot P_0 = h \cdot \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h \cdot X_0 \\ h \cdot Y_0 \\ h \cdot Z_0 \end{pmatrix}$$



## 2.3. Exercice

[solution n°1 p.22]

Répondez aux questions suivantes :

### 2.3.1. Exercice

La modélisation géométrique consiste à calculer l'éclairage dans une scène 3D

- Vrai
- Faux

### 2.3.2. Exercice

Dans un environnement 3D, nous avons besoin de déplacer, orienter, et changer la taille des objets 3D

- Vrai
- Faux

## 2.4. Exercice

[solution n°2 p.22]

Retrouvez le type de modélisation des actions ci-dessous :

représenter la géométrie d'un objet

associer à chaque objet ses matériaux

calcul de l'éclairage direct

définir les sources lumineuses dans une scène 3D

modéliser un objet en fil de fer

modélisation géométrique	modélisation photométrique	modélisation radiométrique

## 3. Pourquoi la synthèse d'image?

La synthèse d'image est le processus de génération des images à partir des modèles mathématiques, elle est utilisée pour simuler les effet d'éclairage dans une image ou une vidéo, très souvent utiliser dans le domaine de médecine pour visualiser les données d'une image médicale. Le rendu réaliste des

Pourquoi la synthèse d'image?

scènes 3D, qui est aujourd'hui fortement présente dans les industries du cinéma, de l'architecture, du multimédia, des jeux vidéo, etc.<sup>p.29</sup> 

# Domaines d'application

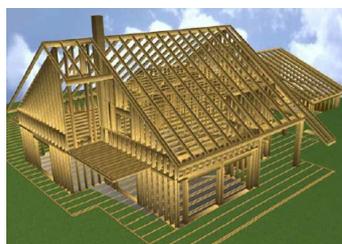


Architecture	13
CAO	13
Jeux vidéo et animation	14
Exercice	15

## 1. Architecture

- Représenter des bâtiments avec tous leurs détails.
- Prévoir le placement des sources lumineuses.
- Visionner ces bâtiments avec n'importe quel point de vue.

### *Synthèse d'image en architecture*



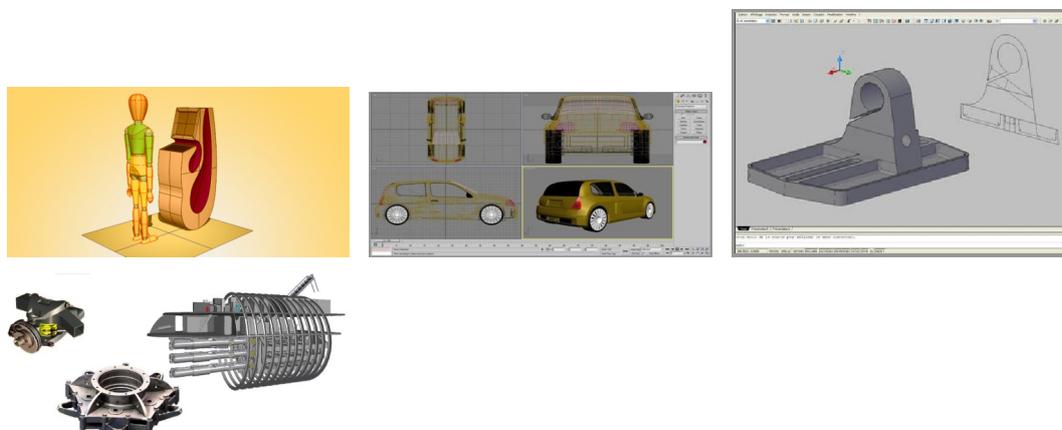
## 2. CAO

- La CAO<sup>p.28 AA</sup> est particulièrement développée dans le domaine de l'automobile, de l'aéronautique, de la mécanique et de l'électronique.

- L'intégration de la CAO et de la FAO<sup>p.28 AA</sup> prend de plus en plus d'essor.

Par exemple, dans le domaine du textile, on peut, par CAO, concevoir les motifs d'un tissu et ceux-ci sont transmis directement aux machines produisant les textiles.

### *Synthèse d'image en CAO*



## 3. Jeux vidéo et animation

- Les objets synthétisés évoluent dans l'espace tridimensionnel.
- L'animation est visible dans des effets spéciaux au cinéma et au jeux vidéo.

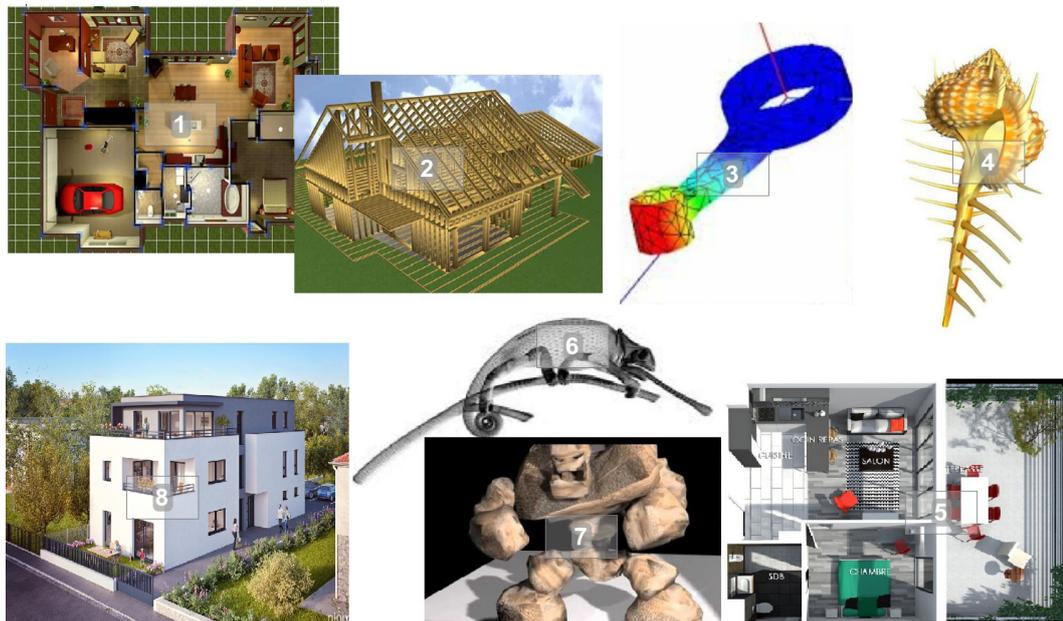
### *Synthèse d'image en jeux vidéo et animation*



## 4. Exercice

[solution n°3 p.22]

Parmi les images ci-dessous, lesquelles illustrent l'utilisation de la synthèse d'image dans l'architecture ?



- 1. A
- 2. B
- 3. C
- 4. D
- 5. E
- 6. G
- 7. H
- 8. I

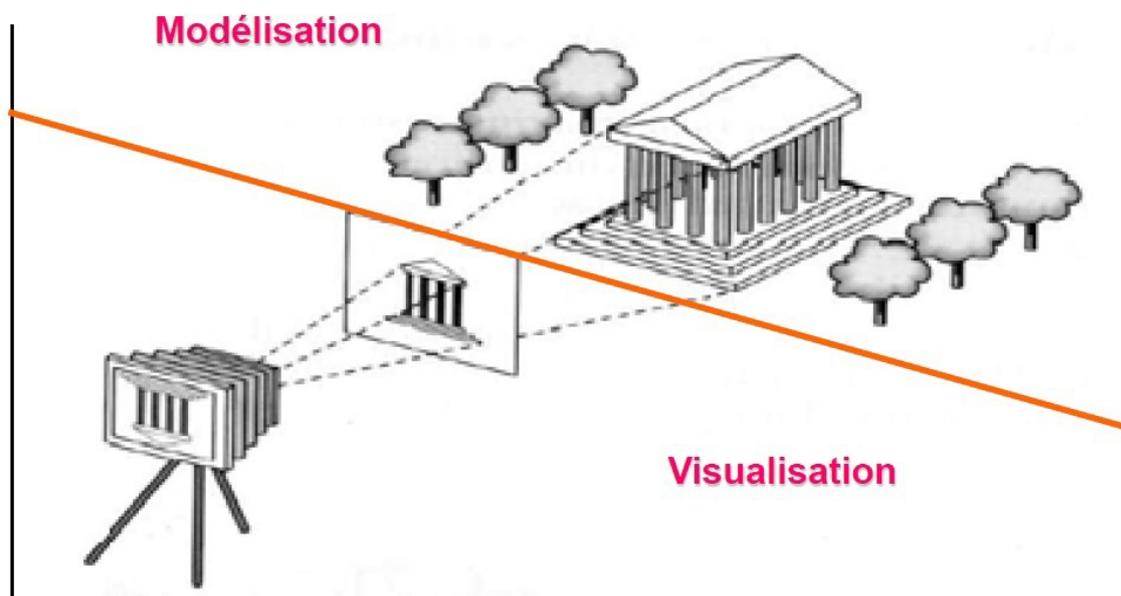
# Systeme de projection

Projection perspective	16
Projection parallèle	17
Exercice	18

Même si on est capable de modéliser un objet dans l'ordinateur et de le transformer, il n'en reste que de le visualiser sur un écran graphique. Donc, il faut passer de l'espace de l'utilisateur (généralement tridimensionnel) à l'espace de l'écran (2D).

La projection de l'objet s'obtient en faisant passer des droites (les projecteurs) par chaque point de l'objet et en cherchant l'intersection avec le plan de vue.

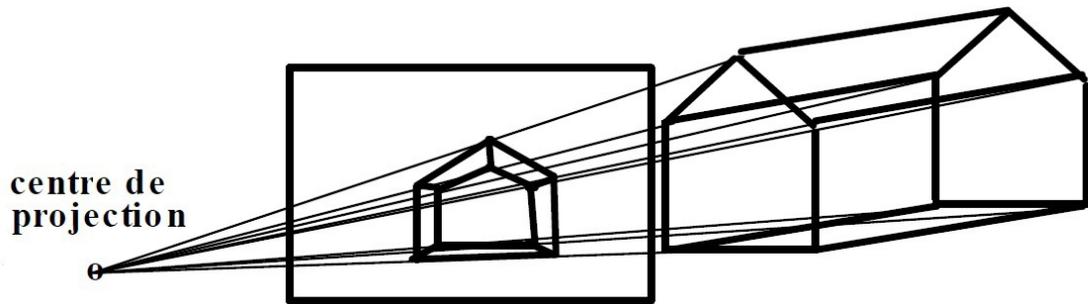
*p.29* Elle est caractérisée par un *centre* et une *direction* de projection



## 1. Projection perspective

la projection perspective de l'objet s'obtient en faisant passer des droites (les projecteurs) par chaque point de l'objet et en cherchant l'intersection avec le plan de vue. Dans ce cas, toutes les lignes arrivent à un seul point : le centre de projection.

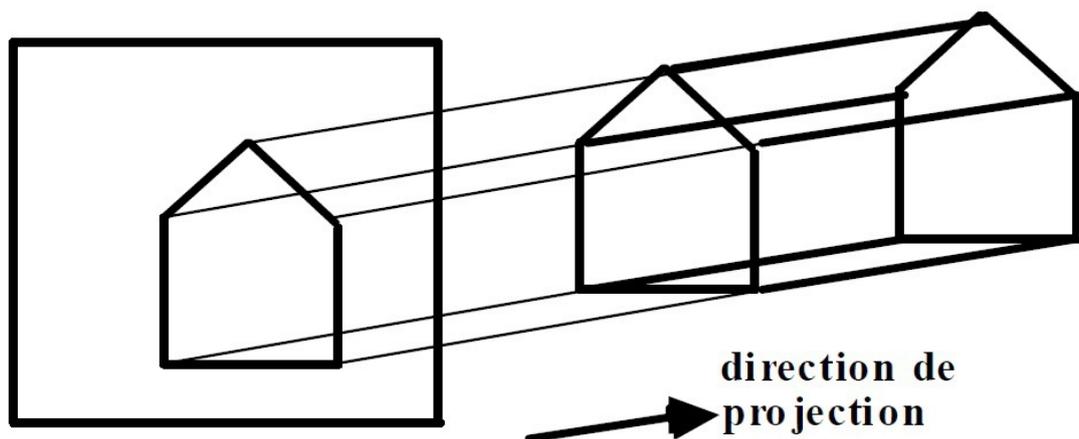
L'avantage de la projection perspective est qu'elle permet de produire un effet considérable de profondeur.



## 2. Projection parallèle

Pour une projection parallèle, on trouve que toutes les droites sont parallèles à une direction de projection. Dans ce cas, le centre de projection est situé à l'infini.

Au contraire de la projection perspective, cette projection ne produit pas un effet considérable de profondeur, mais elle garde les dimensions de l'objet.



### 3. Exercice

[solution n°4 p.23]

Répondez aux questions suivantes :

#### 3.1. Exercice

Dans la projection parallèle :

- le centre de projection est à l'infini
- on trouve la notion de profondeur
- la direction est perpendiculaire au plan image

#### 3.2. Exercice

Dans une projection perspective, on trouve :

- une transformation de 2D en 3D
- un modèle sténopé
- que la lumière passe par un petit trou

#### 3.3. Exercice

Les paramètres d'une projection perspective sont :

- distance entre le trou et le capteur (focale)
- la position de capteur
- l'ouverture de capteur (FOV)
- taille du trou

#### 3.4. Exercice

La projection d'un polygone consiste à :

- transformer le polygone en un maillage
- projeter ces sommets sur l'écran (sommet par sommet)
- Remplir les pixels correspondants

# Tester votre compréhension

IV

## Exercice

---

*[solution n°5 p.24]*

La synthèse d'image est le domaine de :

- création des images à partir des modèle mathématiques
- traitement et d'analyse des images

## Exercice

---

*[solution n°6 p.24]*

Quelle sont les transformations géométriques de base ?

- homothétie, rotation
- rotation, translation
- translation, rotation, homothétie

## Exercice

---

*[solution n°7 p.25]*

Le calcul des interactions des objets avec la source lumineuse est l'étape de :

- modélisation photométrique
- modélisation radiométrique
- modélisation géométrique

## Exercice

---

*[solution n°8 p.25]*

Dans la projection parallèle le centre de projection est situé :

- à une distance donnée
- à l'infini



# Conclusion



IV

Nous avons présenter dans ce chapitre les notions de base de la synthèse d'image. On peut créer des scène 3D en plaçant différents objets dans le même espace.

Pour calculer le rendu, nous avons besoin d'une caméra et d'une (ou plusieurs) source lumineuse.

La synthèse d'image est utilisée dans plusieurs domaines tels que l'architecture, la CAO, et la réalité virtuelle.

# Solutions des exercices



## > Solution n° 1

Exercice p. 11

Exercice

La modélisation géométrique consiste à calculer l'éclairage dans une scène 3D

- Vrai
- Faux

Exercice

Dans un environnement 3D, nous avons besoin de déplacer, orienter, et changer la taille des objets 3D

- Vrai
- Faux

## > Solution n° 2

Exercice p. 11

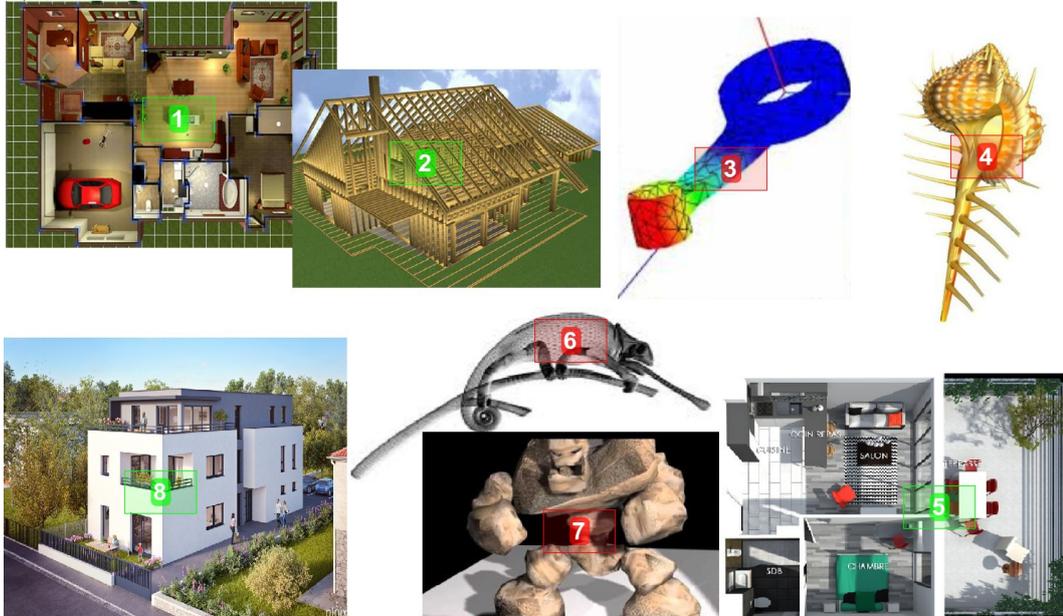
Retrouvez le type de modélisation des actions ci-dessous :

modélisation géométrique	modélisation photométrique	modélisation radiométrique
définir les sources lumineuses dans une scène 3D	associer à chaque objet ses matériaux	modéliser un objet en fil de fer
représenter la géométrie d'un objet	calcul de l'éclairage direct	

## > Solution n° 3

Exercice p. 15

Parmi les images ci-dessous, lesquelles illustrent l'utilisation de la synthèse d'image dans l'architecture ?



- 1
- A
- 2
- B
- 3
- C
- 4
- D
- 5
- E
- 6
- G
- 7
- H
- 8
- I

> **Solution n°4**

Exercice p. 18

Exercice

Dans la projection parallèle :

- le centre de projection est à l'infini
- on trouve la notion de profondeur
- la direction est perpendiculaire au plan image

Exercice

Dans une projection perspective, on trouve :

- une transformation de 2D en 3D
- un modèle sténopé
- que la lumière passe par un petit trou

Exercice

Les paramètres d'une projection perspective sont :

- distance entre le trou et le capteur ( focale)
- la position de capteur
- l'ouverture de capteur (FOV)
- taille du trou

Exercice

La projection d'un polygone consiste à :

- transformer le polygone en un maillage
- projeter ces sommets sur l'écran (sommets par sommets)
- Remplir les pixels correspondants

> **Solution n°5**

Exercice p. 19

La synthèse d'image est le domaine de :

- création des images à partir des modèle mathématiques
- traitement et d'analyse des images

> **Solution n°6**

Exercice p. 19

Quelle sont les transformations géométriques de base ?

- homothétie, rotation
- rotation, translation
- translation, rotation, homothétie

> **Solution n° 7**

Exercice p. 19

Le calcul des interactions des objets avec la source lumineuse est l'étape de :

- modélisation photométrique
- modélisation radiométrique
- modélisation géométrique

> **Solution n° 8**

Exercice p. 19

Dans la projection parallèle le centre de projection est situé :

- à une distance donnée
- à l'infini

> **Solution n° 9**

Exercice p. 20

La projection perspective permet de

- produire un effet de profondeur
- garder les dimensions de l'objet

> **Solution n° 10**

Exercice p. 20

Une fois que l'on a construit des objets graphiques, on désire généralement les ....., c'est -à dire changer leurs ..... Les attributs d'un objet graphique sont : la ....., la ....., la couleur, la .....

- On modifie la position par la .....,
- On modifie la ..... par la rotation,
- On modifie la taille par .....

Les transformations géométriques sont utilisées soit pour la ..... ou pour la ..... de scène

# Glossaire

## nanomètre (nm)

est la mesure de longueur.  $1\text{ nm} = 10$  à la puissance  $-9\text{ m}$



# Bibliographie

IV

Daniel Thalmann, *Infographie*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Mars 2003

François X. Sillion, *Radiosity, global illumination*, livre, édition Morgan Kaufmann. San Francisco, California

Edmond Boyer, *Synthèse d'image*, cours, INRIA

Antoine Bouthors, *Synthèse d'image*, cours, 2006/2007

Kadi Bouatouch, *Synthèse d'image : Évolution et Applications*, IRISA, Rennes, France

Djihane BABAHENINI, *Toward an efficient methods for VPLs selection in global illumination*, thèse de Doctorat, Laboratoire LESIA, IRISA, Université de Biskra, Algérie, 2017