

POLYCOPIÉ UNIVERSITAIRE

DÉPARTEMENT D'ARCHITECTURE

Cours de Conception Assistée par Ordinateur (CAO)

De la modélisation géométrique à l'approche surfacique

Destiné aux étudiants de 2^{ème} année d'Architecture

Outils abordés :
AutoCAD 3D & SketchUp Pro

Année Universitaire en cours

Table des matières

1	Introduction Générale à la CAO en Architecture	4
1.1	Définitions et concepts fondamentaux	4
1.2	L'importance de la CAO dans le processus architectural	4
1.3	Objectifs et progression pédagogique	4
2	Première Partie : AutoCAD 3D	6
2.1	Séance 1 : Interface et repères spatiaux (SCU)	6
2.1.1	Objectif pédagogique	6
2.1.2	Configuration de l'espace de travail	6
2.1.3	Navigation spatiale avancée	6
2.1.4	Le SCU : Système de Coordonnées Utilisateur	6
2.2	Séance 2 : Création et Édition de Solides	7
2.2.1	Objectif pédagogique	7
2.2.2	Création de primitives géométriques	7
2.2.3	Génération par Extrusion et Révolution	7
2.2.4	Les opérations booléennes	7
2.3	Séance 3 : Synthèse et exercice architectural	8
2.3.1	Objectif pédagogique	8
2.3.2	L'importance vitale des calques en 3D	8
2.3.3	Méthodologie de construction d'un pavillon	8
2.3.4	Styles visuels	9
3	Deuxième Partie : SketchUp Pro	10
3.1	Séance 1 : Interface, Navigation et Inférences	10
3.1.1	Objectif pédagogique	10
3.1.2	Philosophie géométrique	10
3.1.3	L'Espace de travail et les Axes	10
3.1.4	Le Moteur d'Inférence (L'intelligence du logiciel)	10
3.2	Séance 2 : Le Dessin 2D et la Précision	11
3.2.1	Objectif pédagogique	11
3.2.2	L'interaction géométrique (Le syndrome des "Entités Collantes")	11
3.2.3	Les Outils de tracé (avec leurs raccourcis indispensables)	11
3.2.4	La saisie des dimensions exactes (La zone de contrôle des valeurs - ZCV)	11
3.3	Séance 3 : Modélisation volumétrique (Pousser/Tirer)	11
3.3.1	Objectif pédagogique	11
3.3.2	L'outil Pousser/Tirer (P) : La magie de SketchUp	12
3.3.3	L'outil Décalage (F) : L'épaisseur architecturale	12
3.4	Séance 4 : Groupes et Composants (La règle d'or)	12
3.4.1	Objectif pédagogique	12
3.4.2	Pourquoi isoler la géométrie ?	12
3.4.3	Le Groupe	12
3.4.4	Le Composant (L'intelligence de la répétition)	13
3.5	Séance 5 : L'outil Suivez-Moi et la Modélisation Avancée	13
3.5.1	Objectif pédagogique	13
3.5.2	L'outil Suivez-moi (Follow Me)	13
3.5.3	Générer des solides de révolution	13
3.6	Séance 6 : Matières, Environnement et Organisation	14
3.6.1	Objectif pédagogique	14

3.6.2	L'outil Colorier (B) et les Matières	14
3.6.3	Études d'ensoleillement (Ombres)	14
3.6.4	La gestion avancée : Balises (Calques) et Structure (Outliner)	14
3.7	Séance 7 : Synthèse, Scènes et Mises en plan	15
3.7.1	Objectif pédagogique	15
3.7.2	L'outil Plan de Section	15
3.7.3	Les Caméras et Projections	15
3.7.4	La gestion des Scènes (L'animation et l'export)	15
4	Conclusion Générale et Ouverture sur le BIM	16
4.1	L'évolution incontournable : Le BIM	16

Chapitre 1

Introduction Générale à la CAO en Architecture

1.1 Définitions et concepts fondamentaux

La Conception Assistée par Ordinateur (CAO), ou *Computer-Aided Design* (CAD) dans la littérature anglo-saxonne, englobe l'ensemble des logiciels et des techniques informatiques permettant de concevoir, modéliser, tester et documenter des objets virtuels dans un espace mathématique précis.

Il est crucial pour un futur architecte de distinguer plusieurs niveaux d'informatisation du dessin :

- **Le DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) :** C'est la transposition directe de la planche à dessin traditionnelle vers l'écran. L'architecte trace des lignes, des cercles et des polygones en deux dimensions (X, Y). L'ordinateur ne "comprend" pas ce qu'il dessine ; deux lignes parallèles restent deux lignes, et non un mur.
- **La CAO (Conception Assistée par Ordinateur) :** Elle intègre une dimension tridimensionnelle (X, Y, Z) et structurelle. La CAO permet de générer des volumes, de vérifier des intersections, et d'étudier la spatialité réelle d'un projet avant sa construction physique.
- **Le BIM (Building Information Modeling) :** L'étape ultime de la CAO. Le modèle 3D est enrichi de métadonnées (coûts, matériaux, propriétés thermiques, phasage temporel).

1.2 L'importance de la CAO dans le processus architectural

Aujourd'hui, la CAO n'est plus un simple outil de représentation final, c'est le langage universel de la maîtrise d'œuvre. Ses avantages sont multiples :

1. **Précision millimétrique :** Contrairement au dessin manuel soumis aux aléas du trait de crayon, la CAO repose sur des coordonnées mathématiques exactes.
2. **Itération rapide :** La modification d'une esquisse, la duplication d'un étage ou la rotation d'un bâtiment sur son site se font en quelques clics, favorisant l'exploration de variantes architecturales.
3. **Interopérabilité interdisciplinaire :** Les fichiers numériques générés servent de base de travail aux ingénieurs structures, aux fluides (CVC), et aux économistes de la construction.

1.3 Objectifs et progression pédagogique

Ce polycopié est conçu pour accompagner l'étudiant de deuxième année dans l'acquisition d'une rigueur numérique. Il se divise en deux paradigmes distincts :

- **Partie 1 - AutoCAD 3D** : Apprentissage de la géométrie pure, des coordonnées exactes et de la modélisation par opérations booléennes (solides pleins).
- **Partie 2 - SketchUp** : Apprentissage de la modélisation surfacique, intuitive et rapide, particulièrement adaptée à la phase d'esquisse et de recherche volumétrique.

Chapitre 2

Première Partie : AutoCAD 3D

Note introductive : AutoCAD, édité par Autodesk, est historiquement un logiciel de DAO (2D). Cependant, son moteur 3D est d'une grande puissance géométrique. Comprendre la 3D sur AutoCAD, c'est comprendre l'essence des coordonnées cartésiennes.

2.1 Séance 1 : Interface et repères spatiaux (SCU)

2.1.1 Objectif pédagogique

Comprendre et configurer l'espace de travail tridimensionnel d'AutoCAD, savoir naviguer fluidement dans un modèle 3D et maîtriser le concept fondamental des systèmes de coordonnées.

2.1.2 Configuration de l'espace de travail

Par défaut, AutoCAD s'ouvre en mode "Dessin et annotation" (2D). Pour travailler en 3D :

- Localisez l'icône en forme de roue crantée (Espace de travail) située dans la barre d'état en bas à droite.
- Sélectionnez **Modélisation 3D**.
- Le ruban supérieur se transforme pour afficher les onglets spécifiques : Début (avec les primitives), Solide, Surface, Maillage, Visualiser.

2.1.3 Navigation spatiale avancée

La souris est votre caméra dans le monde virtuel. Une maîtrise parfaite des raccourcis de navigation est le premier pas vers la productivité.

- **Panoramique (Pan)** : Maintenir la molette centrale enfoncée et glisser.
- **Zoom** : Faire rouler la molette centrale.
- **Orbite 3D libre** : Maintenir la touche MAJ (Shift) + maintenir la molette centrale enfoncée + glisser.
- **ViewCube (Cube de visualisation)** : Outil situé en haut à droite de l'espace objet. Cliquer sur les coins du cube permet de basculer instantanément en vue Isométrique (parfaite pour appréhender les volumes). Cliquer sur "Haut" ou "Face" permet de revenir à des projections orthogonales, indispensables pour vérifier des alignements.

2.1.4 Le SCU : Système de Coordonnées Utilisateur

C'est la notion la plus complexe et la plus vitale d'AutoCAD 3D. **Règle d'or** : Dans AutoCAD, vous dessinez **toujours** sur le plan défini par les axes X et Y (le plan de travail). En 3D, pour dessiner sur un mur vertical, il faut que ce mur devienne temporairement votre plan X,Y.

- **SCU Général (SCG)** : Le repère absolu du fichier.
- **Commande SCU** : Tapez `SCU` puis `Entrée`. AutoCAD vous demande de spécifier la nouvelle origine, puis la direction de l'axe X, et enfin la direction de l'axe Y.
- **SCU Dynamique (Raccourci F6)** : C'est une assistance majeure. Lorsqu'il est activé, le simple fait de survoler la face d'un objet 3D existant avec un outil de dessin (comme la ligne ou le cercle) va automatiquement aligner le plan XY sur cette face.

2.2 Séance 2 : Création et Édition de Solides

2.2.1 Objectif pédagogique

Apprendre à générer de la matière virtuelle à partir de géométries planes et maîtriser la sculpture numérique via les opérations mathématiques booléennes.

2.2.2 Création de primitives géométriques

AutoCAD propose des formes pré-programmées, accessibles depuis le ruban "Début", groupe de fonctions "Modélisation" :

- **Boîte** : Nécessite deux points pour la base (longueur, largeur) et une hauteur.
- **Cylindre** : Nécessite un centre, un rayon et une hauteur.
- **Sphère, Cône, Pyramide, Tore** : Autres primitives de base.

2.2.3 Génération par Extrusion et Révolution

La méthode architecturale classique consiste à dessiner un plan (2D) parfait, puis à lui donner une troisième dimension.

- **Condition absolue** : Pour générer un "Solide" (un objet plein), le profil 2D de base **doit être une polyligne fermée** (ou une région). Si vous extrudez de simples lignes, vous obtiendrez des surfaces vides (comme des feuilles de papier), inexploitable pour la suite.
- **Commande EXTRUSION** : Sélectionner la polyligne fermée, valider, puis spécifier une hauteur (axe Z). Permet de monter tous les murs d'un projet d'un seul coup.
- **Commande REVOLUTION** : Sélectionner un profil 2D, spécifier un axe de rotation (par deux points), puis spécifier l'angle (généralement 360 degrés). Idéal pour modéliser des colonnes doriques, des coupoles ou du mobilier circulaire.
- **Commande BALAYAGE** : Permet d'extruder un profil (ex: la section d'une main courante) le long d'une trajectoire courbe (ex: la ligne guide d'un escalier hélicoïdal).

2.2.4 Les opérations booléennes

Nommées d'après le mathématicien George Boole, elles permettent d'ajouter ou de soustraire de la matière (comme un sculpteur face à son bloc de pierre).

- **UNION** : Sélectionner plusieurs solides qui se touchent ou se croisent, valider. Ils fusionnent en un seul bloc monolithique.

- **SOUSTRACTION** : C'est la commande reine en architecture. *Méthodologie exacte* :
 1. Lancer la commande SOUSTRACTION.
 2. Sélectionner le solide principal (ex: le mur que l'on veut percer) et appuyer sur Entrée.
 3. Sélectionner le(s) solide(s) à soustraire (ex: des boîtes représentant le vide des futures fenêtres) et appuyer sur Entrée.
- **INTERSECTION** : Conserve uniquement la matière commune à deux solides qui se croisent. Très utile pour créer des toitures complexes (ex: toiture à croupe) en croisant deux extrusions triangulaires.

2.3 Séance 3 : Synthèse et exercice architectural

2.3.1 Objectif pédagogique

Structurer un fichier de travail complet et réaliser un bâtiment de petite échelle en respectant les conventions de dessin.

2.3.2 L'importance vitale des calques en 3D

En 3D, le désordre est puni par l'impossibilité de travailler. Avant de tracer la moindre ligne, il faut créer des calques stricts.

- Ouvrir le gestionnaire des propriétés des calques.
- Créer les calques : 3D_FONDATIONS, 3D_DALLES, 3D_MURS_EXT, 3D_MURS_INT, 3D_MENUISERIES, 3D_VITRAGES, 3D_TOITURE.
- Assigner des couleurs vives et distinctes à chaque calque pour repérer facilement les erreurs d'affectation.

2.3.3 Méthodologie de construction d'un pavillon

La modélisation numérique doit suivre la logique constructive physique :

1. **Gros Œuvre - Le Sol** : Sur le calque 3D_DALLES, tracer un rectangle de 10x8m. L'extruder vers le bas (-0.30m) pour créer la dalle de plancher.
2. **Gros Œuvre - L'Élévation** : Sur le calque 3D_MURS, tracer une polyligne correspondant au contour extérieur de la maison, et une autre pour le contour intérieur (à 0.30m de distance). Soustraire le petit profil du grand, on obtient l'emprise des murs. Extruder cette région de 3.00m vers le haut.
3. **Second Œuvre - Percements** : Créer un calque 3D_BOUCHONS (calque de travail temporaire). Modéliser des boîtes (ex: 1.20m x 1.50m x épaisseur du mur) à l'emplacement des fenêtres. Utiliser la commande SOUSTRACTION (Mur moins Bouchons).
4. **Finition** : Modéliser les cadres de fenêtres dans les ouvertures créées.

2.3.4 Styles visuels

L'onglet "Visualiser" permet de changer la façon dont AutoCAD rend les objets à l'écran.

- **Filaire 2D** : Mode par défaut, très léger, idéal pour les accrochages précis.
- **Conceptuel** : Affiche les solides avec des couleurs douces et des arêtes marquées. Indispensable pour s'assurer que l'on a généré des solides pleins et non de simples surfaces filaires.

Chapitre 3

Deuxième Partie : SketchUp Pro

Note introductive : Acquis par Google puis racheté par Trimble, SketchUp a révolutionné la modélisation 3D en architecture. Contrairement à AutoCAD qui pense "Volume Plein", SketchUp pense "Surface Vide". C'est un outil d'esquisse volumétrique intuitif et immédiat.

3.1 Séance 1 : Interface, Navigation et Inférences

3.1.1 Objectif pédagogique

Oublier la logique d'AutoCAD pour s'imprégner de la philosophie "surfacique" de SketchUp, maîtriser la navigation et le redoutable moteur d'inférence.

3.1.2 Philosophie géométrique

Dans SketchUp, un cube n'est pas un bloc de matière. C'est une boîte vide délimitée par 6 **Faces** extrêmement fines, elles-mêmes bordées par 12 **Arêtes**. Si vous effacez une face, vous pouvez regarder à l'intérieur du volume vide. Comprendre cela est la clé pour ne pas faire d'erreurs.

3.1.3 L'Espace de travail et les Axes

L'espace tridimensionnel est infini, repéré par trois axes :

- **Axe Rouge** : L'axe X (longueur, abscisses).
- **Axe Vert** : L'axe Y (largeur, ordonnées).
- **Axe Bleu** : L'axe Z (hauteur, cotes).

3.1.4 Le Moteur d'Inférence (L'intelligence du logiciel)

C'est ce qui rend SketchUp unique. Le curseur interprète vos intentions et s'aimante sur des points de repère pour garantir la précision sans avoir à taper des coordonnées complexes.

- **Couleurs des points d'accroche** :
 - **Vert** : Extrémité d'une ligne.
 - **Cyan (bleu clair)** : Milieu d'une ligne.
 - **Rouge** : Sur l'arête.
 - **Bleu foncé** : Sur une face.
- **Verrouillage des inférences (La touche MAJ)** : Lorsque vous dessinez une ligne et qu'elle devient parallèle à l'axe rouge (elle s'affiche en rouge), maintenez la touche MAJ enfoncée. Le trait s'épaissit. La direction est verrouillée. Vous pouvez alors bouger la souris librement pour aller chercher une référence ailleurs sur le dessin, la ligne restera strictement sur son axe. C'est le secret de la précision dans SketchUp.

- **Verrouillage avec les flèches du clavier** : En cours de dessin ou de déplacement, appuyez sur la flèche Haut (verrouille l'axe Bleu), Droite (axe Rouge) ou Gauche (axe Vert).

3.2 Séance 2 : Le Dessin 2D et la Précision

3.2.1 Objectif pédagogique

Maîtriser les outils de tracé plan, comprendre la génération automatique des faces et saisir les dimensions exactes.

3.2.2 L'interaction géométrique (Le syndrome des "Entités Collantes")

Il est primordial d'assimiler ce comportement : dans SketchUp, **toutes les géométries non groupées qui se touchent ou se croisent fusionnent instantanément et définitivement**. Si vous dessinez une ligne qui traverse un rectangle, le rectangle est divisé en deux faces distinctes. Si vous déplacez cette nouvelle ligne, les deux faces attachées vont s'étirer et se déformer comme du chewing-gum. Cette caractéristique est puissante pour modeler, mais destructrice si elle n'est pas maîtrisée.

3.2.3 Les Outils de tracé (avec leurs raccourcis indispensables)

Un architecte travaille toujours avec une main sur la souris, une main sur le clavier.

- **Ligne (L)** : Le trait de base. Astuce : Il faut toujours s'assurer que le trait s'affiche en Rouge, Vert ou Bleu (ou Violet pour parallèle à une arête).
- **Rectangle (R)** : Crée une face rectangulaire en diagonale.
- **Cercle (C)** : SketchUp ne fait pas de vraies courbes, il fait des polygones lissés. Par défaut, un cercle a 24 côtés. Pour avoir un cercle parfait (pour un poteau très visible par exemple) : taper C, puis avant de cliquer, taper 48 et valider, puis dessiner.
- **Gomme (E)** : Efface les arêtes. *Attention* : Effacer une arête qui borde une face supprime immédiatement la face elle-même !

3.2.4 La saisie des dimensions exactes (La zone de contrôle des valeurs - ZCV)

Contrairement à AutoCAD, on ne clique **jamais** dans la case des dimensions en bas à droite.

- *Procédure pour une ligne* : Cliquer pour le premier point, orienter la souris dans la direction voulue (attendre l'inférence de couleur), lâcher la souris, taper au clavier numérique la valeur (ex: 4,5), puis appuyer sur Entrée.
- *Procédure pour un rectangle* : Cliquer, étirer, lâcher la souris, taper Largeur ; Longueur (ex: 5;3 ou 5,3 selon vos paramètres Windows), puis appuyer sur Entrée.

3.3 Séance 3 : Modélisation volumétrique (Pousser/Tirer)

3.3.1 Objectif pédagogique

Passer de la phase plan (2D) à la volumétrie (3D) en un éclair, et sculpter les bâtiments.

3.3.2 L'outil Pousser/Tirer (P) : La magie de SketchUp

C'est l'outil emblématique du logiciel, qui a fait son succès mondial. Il extrude n'importe quelle face plane.

- **Action basique** : Sélectionner l'outil, cliquer sur une face plane (elle se pigmente de petits points bleus), déplacer la souris pour donner du volume, taper la hauteur exacte (ex: 3, 20), et valider.
- **Le secret du double-clic** : Si vous avez plusieurs poteaux de même hauteur à extruder, poussez le premier à la hauteur voulue. Ensuite, contentez-vous de double-cliquer sur les autres faces de base : elles monteront instantanément à la même hauteur exacte.
- **Créer des ouvertures (Percement de murs)** : Dessinez un rectangle (fenêtre) sur la face d'un mur. Prenez l'outil Pousser/Tirer, cliquez sur le rectangle, et poussez-le **jusqu'à toucher l'arête ou la face opposée du mur**. Une inférence indique "Sur la face". Cliquez : la matière disparaît, créant un trou net.

3.3.3 L'outil Décalage (F) : L'épaisseur architecturale

L'outil Décalage (Offset) permet de créer des lignes concentriques sur une face.

- Utilité majeure : Créer l'épaisseur des murs extérieurs.
- Action : Cliquez sur une face polygonale (la dalle au sol), déplacez la souris vers l'intérieur, tapez 0, 30 (pour 30cm d'épaisseur de mur). Le périmètre est dédoublé, vous permettant ensuite de "Pousser" uniquement le bord pour monter vos façades.

3.4 Séance 4 : Groupes et Composants (La règle d'or)

3.4.1 Objectif pédagogique

Apprendre la méthode de structuration de modèle la plus importante de SketchUp pour éviter la destruction accidentelle de la géométrie et optimiser le fichier.

3.4.2 Pourquoi isoler la géométrie ?

Nous avons vu en Séance 2 le phénomène des géométries collantes. Si vous dessinez un mur directement sur une dalle, ils fusionnent. Si vous décidez de déplacer le mur plus tard, la dalle se déchirera. Il est donc **obligatoire et impératif** d'isoler chaque entité architecturale.

3.4.3 Le Groupe

Un groupe rassemble une géométrie sélectionnée dans une "boîte de protection" transparente, la rendant imperméable aux autres entités.

- **Création** : Triple-clic rapide sur un objet (sélectionne toutes les entités connectées) > Clic-droit > "Créer un groupe".
- **Édition** : Un groupe est fermé. Pour le modifier, il faut faire un double-clic dessus. Une boîte en pointillés apparaît, le reste du modèle est grisé. Vous pouvez dessiner dedans. Cliquez en dehors pour sortir.

3.4.4 Le Composant (L'intelligence de la répétition)

Le Composant est un groupe "cloné". Tous les composants portant le même nom sont liés entre eux.

- **Création** : Triple-clic > Clic-droit > "Créer un composant". Une fenêtre s'ouvre, vous obligeant à lui donner un nom (ex: "Fenêtre Type A", "Poteau BA 20x20").
- **Le miracle architectural** : Si vous concevez une fenêtre complexe, que vous en faites un composant et que vous la dupliquez 50 fois sur vos façades. Le jour où l'enseignant ou le client vous demande d'élargir le cadre de la fenêtre, double-cliquez sur *une seule* de ces fenêtres. Modifiez-la : les 49 autres fenêtres se modifient **en temps réel** sur tout votre bâtiment. C'est le fondement de la modélisation intelligente.

3.5 Séance 5 : L'outil Suivez-Moi et la Modélisation Avancée

3.5.1 Objectif pédagogique

Dépasser les formes orthogonales cubiques pour aborder les modénatures complexes, les toitures et les révolutions volumétriques.

3.5.2 L'outil Suivez-moi (Follow Me)

C'est le cousin complexe de l'outil Pousser/Tirer. Il extrude un profil (une face) non pas en ligne droite perpendiculaire, mais le long d'un chemin tracé dans l'espace (droite, courbe, arêtes multiples).

- **Usage architectural** : Modélisation de corniches, gouttières, plinthes, mains courantes d'escalier, ou encore de toitures à quatre pans complexes.
- **Méthode infallible en 3 temps** :
 1. Avec l'outil Sélection (Flèche noire / Espace), **sélectionnez le chemin complet** (ex: le contour d'un toit).
 2. Cliquez sur l'outil **Suivez-moi**.
 3. Cliquez sur la **Face (le profil)** que vous souhaitez extruder (ex: le triangle dessiné représentant la gouttière). La face fera instantanément tout le tour du chemin.

3.5.3 Générer des solides de révolution

SketchUp n'a pas de commande "Révolution". On utilise l'outil Suivez-Moi. Pour modéliser un dôme (coupole) :

- Dessinez un cercle à plat sur le sol (ce sera le chemin).
- Au centre de ce cercle, dessinez verticalement un demi-cercle fermé (la coupe du dôme).
- Sélectionnez le cercle au sol > Outil Suivez-Moi > Cliquez sur la face du demi-cercle vertical.

3.6 Séance 6 : Matières, Environnement et Organisation

3.6.1 Objectif pédagogique

Donner un rendu réaliste au projet via les textures, étudier l'impact bioclimatique (ombres) et apprendre à gérer la complexité d'un gros fichier.

3.6.2 L'outil Colorier (B) et les Matières

SketchUp permet de peindre des faces avec des couleurs ou des images numériques (textures : bois, béton, brique).

- L'outil ouvre la palette Matières (par défaut sur le côté droit).
- **Hiérarchie des matières** : Si vous peignez un Groupe entier depuis l'extérieur, toutes ses faces prendront cette matière. Si vous entrez dans le groupe (double-clic) et peignez une seule face, la couleur de la face primera toujours sur la couleur globale du groupe.
- **Positionnement des textures** : Une brique ne doit pas avoir la taille d'un parpaing. Sélectionnez la pipette dans la palette Matières pour sélectionner la texture appliquée, allez dans l'onglet "Édition" et modifiez ses dimensions (X et Y sont liés par une chaîne, que l'on peut casser pour déformer l'image).

3.6.3 Études d'ensoleillement (Ombres)

Outil vital en architecture.

- Ouvrir le panneau "Ombres" (ou activer la barre d'outils correspondante).
- Cliquez sur l'icône "Afficher/Masquer les ombres".
- Ajustez l'heure de la journée et le mois de l'année. Les ombres projetées et propres se mettent à jour instantanément.
- *Géolocalisation* : Pour que l'ombre soit exacte pour votre site (Alger, Paris, Tokyo), vous devez géo-localiser votre modèle (Fichier > Géolocalisation > Ajouter un emplacement).

3.6.4 La gestion avancée : Balises (Calques) et Structure (Outliner)

Lorsque le modèle devient complexe (un immeuble complet), il faut organiser sa visibilité.

- **Les Balises (anciennement Calques)** : Elles ne servent **qu'à gérer la visibilité** d'objets globaux (cacher la toiture, cacher les arbres). Règle d'or absolue de SketchUp : **On dessine toujours les arêtes et les faces sur la balise "Sans balise" (Calque 0). On ne place sur les autres balises que des Groupes ou des Composants.**
- **L'outil Structure (Outliner)** : C'est l'arborescence de votre fichier. Il affiche la liste de tous vos groupes et composants. Indispensable pour retrouver un petit composant caché au fond du projet sans avoir à naviguer en 3D.

3.7 Séance 7 : Synthèse, Scènes et Mises en plan

3.7.1 Objectif pédagogique

Extraire la documentation graphique du modèle tridimensionnel pour le présenter en rendu ou en plan de manière professionnelle.

3.7.2 L'outil Plan de Section

L'architecture se lit par la coupe.

- Cliquez sur "Plan de section" et appliquez-le sur une face du bâtiment. S'il est placé horizontalement, il coupe le bâtiment comme un plan d'étage. Verticalement, il génère une coupe architecturale classique.
- Le plan de section est un objet : vous pouvez le sélectionner avec l'outil Déplacer pour ajuster sa position exacte (ex: coupe à 1m du sol pour un plan).

3.7.3 Les Caméras et Projections

- **Perspective (défaut)** : Les lignes fuyantes convergent. Idéal pour les rendus réalistes.
- **Projection parallèle (Axonométrie)** : Le mode requis pour exporter des documents à l'échelle (plans, coupes, élévations techniques). (Caméra > Projection parallèle).

3.7.4 La gestion des Scènes (L'animation et l'export)

Les Scènes sont comme des "photographies" sauvegardées de votre écran de travail.

- Ouvrez le panneau Scènes. Cliquez sur "+" pour ajouter une scène.
- Une scène mémorise : la position de la caméra, l'état des ombres (heure/date), le style visuel appliqué, et les calques cachés ou affichés.
- *Exemple professionnel* : Créez une Scène 1 (Caméra de dessus, projection parallèle, coupe horizontale active = "Plan du RDC"). Créez une Scène 2 (Perspective depuis le jardin, ombres activées, style croquis = "Rendu d'ambiance"). Cliquer sur les onglets de scène en haut de l'écran crée une animation fluide d'une vue à l'autre.

Chapitre 4

Conclusion Générale et Ouverture sur le BIM

La maîtrise rigoureuse d'AutoCAD 3D et l'appropriation intuitive de SketchUp Pro fournissent à l'étudiant en deuxième année un socle numérique extrêmement puissant. Vous disposez désormais de la capacité technique de vérifier vos intuitions volumétriques, de sculpter l'espace avec précision, et de présenter vos idées de manière claire.

Toutefois, la CAO traditionnelle (qu'elle soit géométrique pure comme AutoCAD ou surfacique comme SketchUp) approche aujourd'hui de ses limites face à la complexité grandissante des normes de construction, des études thermiques, et de l'économie de projet.

4.1 L'évolution incontournable : Le BIM

Le monde professionnel a basculé vers le BIM (Building Information Modeling). Les logiciels tels qu'Autodesk Revit ou Graphisoft Archicad ne demandent plus à l'architecte de "dessiner des lignes" ou de "pousser des faces", mais de construire une base de données orientée objet.

- Dans le BIM, vous ne tracez pas deux rectangles parallèles extrudés pour faire un mur. Vous placez un objet paramétrique "Mur", qui sait intimement qu'il est composé de 20cm de parpaings, 12cm d'isolant et 2cm de plâtre, et qui connaît sa résistance thermique et son coût au mètre carré.
- La coupe et la façade ne se "dessinent" plus : elles sont générées automatiquement et restent toujours synchronisées avec la 3D.

Néanmoins, l'apprentissage du BIM est impossible sans une compréhension aiguë de la géométrie de l'espace, de l'organisation rigoureuse des données (calques/balises, composants), et des repères tridimensionnels (SCU). Les heures passées à maîtriser AutoCAD et SketchUp sont l'entraînement mental indispensable qui fera de vous des utilisateurs agiles, structurés et performants dans le monde du BIM demain.

Cultivez votre rigueur numérique tout autant que votre créativité spatiale. L'outil ne fait pas l'architecte, mais il l'autorise à penser l'impossible.