

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saad Dahlab, Blida
USDB

Faculté des Sciences.
Département Informatique.



**Mémoire pour l'obtention
d'un diplôme d'ingénieur d'état en informatique**

Option : Système d'Information et
Intelligence Artificielle

Sujet :

**Modélisation de scène 3D pour SCANTOWER le simulateur
tour de Sofréavia - mise à jour de la scène de l'aéroport
d'Alger/Houari Boumediene**

Présenté par : Kharroubi Araibi Sifeddine Promoteur : Souami Feryel
Kadi Mohamed Elfatih Encadreur : Djemai Mohamed Tayeb

Organisme d'accueil : Etablissement National de la Navigation Aérienne (ENNA)

Soutenu le : 27 Octobre 2007, devant le jury composé de :

M^{lle} El-Ghers

M^{me} Arkam

Président

Examinateur

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma mère qui n'a jamais cessé de me soutenir et de m'encourager ;

A mon père dont ma reconnaissance ne serait être à la mesure de mes remerciements ;

A tous mes sœurs et beaux frères Smail et Lakhdar ;

A ma nièce Marwa et mes neveux Adel et Abd Eldjalil ;

A ma grand mère et à mon grand père ;

A mes oncles et mes tantes ;

A mes cousines et mes cousins : Zaki, Raof, Momen, Taha ;

A mon binôme et sa famille ;

A Ramdani Rachid et sa famille ;

A tous mes amis en particulier : El Arbi, Touhami, Bilal, Smail,

Allal, Mounir, Nouri, Nassim, Zaki, Mohamed, Samir, Mehdi ... ;

Enfin je le dédie à tous ceux qui me sont chères et que je n'ai pas cités.

Kharroubi Araïbi Sifeddine.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma très chère mère qui n'a jamais cessé de me soutenir et de m'encourager.

A mon père dont ma reconnaissance ne serait être à la mesure de mes remerciements.

A tous mes frères et sœurs.

A mes grands parents.

A mes oncles et mes tantes.

A mes cousins et mes cousines.

A mon binôme et sa famille.

A tous mes amis en particulier : El Arbi, Touhami, Smail, Elnouri, Nassim, Zakaria, Samir, Mehdi ...

Enfin je le dédie à tous ceux qui me sont chères et que je n'ai pas cités.

Kadi Mohamed El fatih.

Remerciements

Nous remercions d'abord Dieu Tout Puissant de nous avoir éclairés dans la réalisation de ce modeste travail.

Nous tenons à remercier en particulier, notre encadreur Mr Tayeb Djemai pour avoir dirigé et corrigé notre travail. Nous tenons à lui exprimer notre profonde reconnaissance pour la patience dont il a fait preuve.

Nous tenons à remercier en particulier, notre promoteur Mme Souami pour avoir dirigé et corrigé notre travail. Nous tenons à lui exprimer notre profonde reconnaissance.

Nous remercions tous les membres du jury.

Par ailleurs, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, sans exception, à la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent, en ces quelques mots, l'expression de notre plus profonde gratitude.

Sifeddine & Mohamed.

**Modélisation de scène 3D pour SCANTOWER le simulateur tour de
Sofréavia - mise à jour de la scène de l'aéroport d'Alger/Houari
Boumediene**

SCANTOWER est le simulateur tour de Sofréavia pour la formation de contrôleurs tour. Il utilise une technologie de rendu 3D pointue qui reproduit de manière virtuelle la plateforme de l'aéroport d'Alger. Le système a été acquis sans son environnement de développement de scènes 3D.

Notre travail consiste à maîtriser le processus de conception de scènes 3D pour SCANTOWER et l'appliquer à la mise à jour de la scène de l'aéroport d'Alger a travers l'ajout de tous les nouveaux éléments présents aujourd'hui sur la plateforme (ex.la nouvelle aérogare, Les nouveaux postes de stationnement d'avions).

La maîtrise de ce processus permettra à l'avenir de à modéliser d'autres scènes 3D pour d'autres aéroports.

**Modeling of 3D scenes for SCANTOWER the simulator of
Sofréavia - update of the scene of the airport of Algiers/Houari
Boumediene**

SCANTOWER is a tower simulator of Sofréavia for the training of tower controllers, it uses a technology of made 3D pointed which produces in a virtual way the platform of the airport of Algiers. The system was acquired without its environment of development of 3D scenes.

Our works consists in managing to control the process of design of scenes 3D for SCANTOWER and applied to the updating of the scene of the airport of Algiers through the addition of all new elements present today on the platform (ex. new air terminal, new stations of planes parking).

The control of this process will in the future make possible to manage a model of other scenes 3D of other airports.

قولبة مظاهر ثلاثية الأبعاد من أجل SCANTOWER الجهاز الصوري لشركة Sofréavia تحديث مظهر مطار الجزائر العاصمة / هواري بومدين

SCANTOWER جهاز صوري لتدريب مراقب برج مراقبة الطائرات, يستعمل تكنولوجيا التصوير الثلاثي الأبعاد بحيث يظهر بطريقة تقديرية على الشاشة مظاهر لمطار الجزائر العاصمة. لقد جلب هذا النظام بدون بيئة تطوير للمظاهر الثلاثية الأبعاد. عملنا يتعلق بإيجاد سياق تصويري لتطوير مناظر ثلاثية الأبعاد للجهاز من ثم تطبيق هذا التصور و تحديث مظهر مطار الجزائر العاصمة و ذلك عن طريق إدخال العناصر الناقصة. التمكن من هذا السياق سيمكننا في المستقبل تطوير مظاهر ثلاثية أبعاد لمختلف المطارات.

Sommaire

Introduction générale.....	1
I. Introduction.....	1
II. Problématique.....	1
III. Plan de travail.....	2
Chapitre 1 : Présentations générales.....	3
I. Introduction	3
II. L'Établissement National de la Navigation Aérienne (ENNA)	3
1. Missions	3
2. Organisation	3
III. Le Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne (CQRENA)	4
1. Présentation	4
2. Organisation	6
IV. Le Département Instruction Exploitation (DIE).....	6
1. Organisation.....	6
2. Les activités	7
V. Le simulateur de contrôle tour SCANTWEOR	7
1. Description	7
2. Composantes du SCANTOWER.....	7
a. Partie logicielle	7
b. Partie matérielle.....	8
c. Caractéristiques du SCANTOWER	9
VI. La scène 3D du simulateur	10
1. Définition de la 3D (Trois dimensions)	10
2. Description de la scène	11
VII. La base de données 3D et les types de nœuds	11
1. Le nœud Header (db) « En-tête de base de données ».....	12
2. Groupe.....	12
3. Objet	13
4. Face	13
5. Vertex (Sommet)	15

6. LOD (Level Of Detail « Niveau de détail »)	15
7. Switch « interrupteur »	16
8. Light source « Source lumineuse »	17
9. Light point « Point lumineux »	17
10. Les différents types de points lumineux	18
a. Omnidirectionnel	18
b. Unidirectionnel	18
c. Bidirectionnel	19
VIII. Conclusion	20

Chapitre 2 : Conception d'une plate forme aéroportuaire.....21

I. Introduction.....	21
II. Une plate forme aéroportuaire.....	21
1. Les donnés topographiques	21
a. Le sol.....	21
b. La végétation	22
c. Graphe hiérarchique des données topographique	24
2. Les donnés aéronautiques	24
a. Présentation introductive d'un aérodrome	24
b. Organisation générale	24
b.1. Composantes de l'aire de manœuvre	24
b.1.1. Les pistes	24
i. Longueur de la piste	25
ii. Largeur de la piste	25
b.1.2. Les voies de circulation (Taxiway)	25
b.1.3. Les aires de stationnement (Parking)	26
b.2. Equipements de l'aire de manœuvre	27
b.2.1. Le balisage	27
i. Balisage non lumineux.....	27
i.1. Balisage des pistes et voies de circulation revêtues.....	27
i.1.1. Marque de piste	27
i.1.1.1. Marques d'identification	27
i.1.1.2. Marques de seuil	30

i.1.1.3. Marques d'axe	33
i.1.1.4. Marques Latérales	34
i.1.1.5. Marques de point cible	35
i.1.1.6. Marques de zone de toucher des roues	36
i.1.2. Marques de voies de circulation.....	39
i.1.2.1. Marques axiales	39
i.1.2.2. Marque d'intersection.....	41
i.1.2.2. Marques de point d'arrêt	42
ii. Balisage lumineux	43
ii.1. Aérodomes non équipés pour l'approche aux instruments...49	
b.2.2. Indicateurs visuels de pente d'approche	50
b.2.3. Aides Radioélectriques	52
i. Le V.O.R	53
ii. L'I.L.S	54
3. Les bâtiments.....	55
a. Les bâtiments de l'aéroport.....	55
a.1. L'aérogare	55
a.2. Les tours de contrôle	56
a.3. Les Passerelles	58
a.3.1. Les différents types de passerelles.....	58
i. Les passerelles semi-fixes (ou à piédestal)	58
ii. Les passerelles mobiles.....	59
iii. Les passerelles particulières.....	60
iii.1. La passerelle semi-fixe télescopique.....	60
iii.2. La passerelle radiale.....	60
iii.3. La passerelle « au-dessus de l'aile »	61
a.3.2. Les principales parties constitutives des passerelles.....	61
i. Eléments particuliers d'une passerelle semi-fixe.....	61
i.1. Antichambre ou cadre.....	61
i.2. Galeries.....	62
i.3. Piédestal ou portique élévateur.....	62
i.4. Cabinet ou tête d'accostage.....	62
ii. Elément d'une passerelle mobile et télescopique.....	63
ii.1. La rotonde.....	63

ii.2. Le train de roulement.....	64
ii.3. La cabine ou tête d'acostage.....	64
a.4. Hangars d'aviation.....	65
a.5. Les poteaux lumineux.....	67
b. Les bâtis civils.....	67
III. Conclusion	69

Chapitre 3 : Monographie des logiciels.....70

I. Choix des logiciels	70
1. Introduction.....	70
2. Les logiciels proposés par l'INRIA	70
2.1. FlowVR	70
2.2. Graphite	72
2.3. Remarques sur ces différents logiciels.....	73
3. OpenSceneGraph	73
3.1. Les formats supportés par OSG	73
3.2. Scène-Graphique (Scene-Graph)	74
4. Les logiciels proposés par Autodesk	75
4.1. Autodesk Maya	75
4.1.1. Haders mental ray	76
4.1.2. Attributs polygonaux de transfert.....	76
4.1.3. Domaines d'utilisation	77
4.2. 3D Studio Max	77
4.2.1. Les caractéristiques	78
4.2.2. Quelques critiques	79
5. Virtools.....	79
5.1. Domaines d'utilisation.....	81
6. Les logiciels proposés par Abvent	83
6.1. Artlantis	83
6.1.1. Les caractéristiques d'Artlantis R	83
7. Les logiciels proposés par Google	85
7.1. Sketchup	85
8. Les logiciels proposés par Multigen-paradigm.....	87

8.1. Creator.....	87
8.1.1. Hiérarchie sous Creator.....	88
II. Les critères de comparaison.....	90
III. Conclusion.....	93
Chapitre 4 : Implémentation et réalisation.....	94
I. Introduction.....	94
II. La zone d'étude.....	94
1. La mise à jour de la scène existante.....	94
2. Diverses composantes de l'aéroport	96
III. Les étapes du projet	96
1. Les ressources disponibles.....	97
1.1. Les plans Autocad.....	97
1.2. Les données de Google Earth.....	98
1.3. Les données acquises du chapitre 2.....	98
2. Le travail sur Creator.....	98
2.1. La mise à jour	99
2.1.1. Au niveau de la nouvelle aérogare.....	99
2.1.2. Le marquage au sol au niveau des postes au contact.....	99
2.1.3. Parking P1 et P2	100
2.1.4. Les passerelles.....	100
2.1.5. Le taxiway A9 et Le taxiway A10.....	101
2.1.6. Au niveau du parking au large	102
2.1.7. La texturation.....	103
2.1.8. Au niveau des alentours de l'aéroport.....	104
2.2. La modélisation des autres objets.....	104
2.2.1. Les marquages au sol.....	104
2.2.2. Les modèles d'hangars.....	105
2.2.3. Les modèles bâtiments.....	105
2.2.4. Les passerelles.....	106
2.2.5. La végétation.....	107
IV. Conclusion.....	107

Conclusion générale	108
Glossaire.....	109-110
Références bibliographiques.....	111
Annexe 1.....	112
Annexe 2.....	113
Annexe 3.....	114
Annexe 4.....	115

Figure 1.1 : L'organigramme de l'ENNA.....	4
Figure 1.2 : L'organigramme du C.Q.R.E.N.A.....	6
Figure 1.3 : L'organigramme du DIE.....	6
Figure 1.4 : Schéma du SCANTOWER.	9
Figure 1.5 : Une hiérarchie générale de base de données.....	11
Figure 1.6 : Des nœuds groupe dans une hiérarchie.....	13
Figure 1.7 : Un nœud objet dans une hiérarchie.....	13
Figure 1.8 : Une face, avec ses sommets (vertices) exposés.....	14
Figure 1.9 : Représentation d'une subface dans une hiérarchie.....	14
Figure 1.10 : Aspect graphique d'une subface.....	15
Figure 1.11 : Représentation hiérarchique d'un objet avec 4 niveaux détail.....	16
Figure 1.12 : La zone de visionnement d'un LOD.	16
Figure 1.13 : Représentation hiérarchique d'un Switch.....	17
Figure 1.14 : Représentation hiérarchique d'un point lumineux.....	18
Figure 1.15 : Une piste avec des feux de piste.....	18
Figure 1.16 : Aspect d'un point lumineux Unidirectionnel.	19
Figure 1.17 : Les feux verts d'extrémité de piste.	19
Figure 1.18 : Les feux rouges d'extrémité de piste.....	20
Figure 1.19 : Aspect d'un point lumineux bidirectionnel.	20
Figure 2.1 : Représentation hiérarchique du sol.	22
Figure 2.2 : Représentation hiérarchique de chaque type d'arbre.	22
Figure 2.3 : Représentation hiérarchique des arbres.	23
Figure 2.4 : Représentation hiérarchique des lisières.	23
Figure 2.5 : Représentation hiérarchique des buissons.....	24
Figure 2.6 : Représentation hiérarchique des données topographiques.....	24
Figure 2.7 : Largeurs de piste en fonction des codes chiffre et lettre.....	25
Figure 2.8 : Représentation hiérarchie des pistes.	25
Figure 2.9 : Aéroport avec taxiways.....	26
Figure 2.10 : Représentation hiérarchique des voies de circulation.	26
Figure 2.11 : Représentation hiérarchique des parkings.....	26
Figure 2.12 : Disposition des lettres d'identification des pistes.....	28
Figure 2.13 : La forme et les dimensions des chiffres et des lettres.....	28
Figure 2.14 : La position à donner au numéro d'identification par rapport a l'axe de la piste.....	29

Figure 2.15 : Représentation hiérarchique des Marques d'identification.....	29
Figure 2.16 : Disposition des marques de seuil d'une piste de 45 m (2 x 6 bandes).....	30
Figure 2.17 : Nombre de bandes, largeur et espacement d'une marque de seuil....	30
Figure 2.18 : Marques de seuil, d'identification et d'axe de piste (Distances exprimées en mètres).....	31
Figure 2.19 : Marquage d'un seuil décalé en permanence.	31
Figure 2.20 : Flèche d'axe en amont d'un seuil décalé.	32
Figure 2.21 : Marquage d'un seuil décalé temporairement.....	32
Figure 2.22 : Représentation hiérarchique des marques de seuil.....	33
Figure 2.23 : Représentation hiérarchique des marques d'axes.....	34
Figure 2.24 : Représentation hiérarchique des marques latérales.....	35
Figure 2.25 : Représentation hiérarchique des marques de point cible.	36
Figure 2.26 : Représentation hiérarchique des Marques de zone de toucher des roues.	37
Figure 2.27 : Marques axiales de voies de relation.	38
Figure 2.28 : Représentation hiérarchique des marques de piste.....	39
Figure 2.29 : Marques axiales de voies de relation	40
Figure 2.30 : Représentation hiérarchique des marques axiales.....	40
Figure 2.31 : Marque d'intersection de voie de relation.....	41
Figure 2.32 : Représentation hiérarchique des Marques.....	41
Figure 2.33 : Marque de point d'arrêt simple.	42
Figure 2.34 : Représentation hiérarchique des marques de point d'arrêt simple.....	42
Figure 2.35 : Représentation hiérarchique des marques de voies de relation.....	43
Figure 2.36 : Représentation hiérarchique du balisage de bord de piste.....	43
Figure 2.37 : Représentation hiérarchique du balisage d'extrémité de piste.....	44
Figure 2.38 : Représentation hiérarchique du balisage de seuil de piste.....	44
Figure 2.39 : Représentation hiérarchique du balisage d'axe de piste.....	45
Figure 2.40 : Représentation hiérarchique du balisage des zones de toucher de roue.....	45
Figure 2.41 : Représentation hiérarchique du balisage de prolongement d'arrêt....	46
Figure 2.42 : Représentation hiérarchique du dispositif lumineux d'approche.....	46
Figure 2.43 : Représentation hiérarchique du balisage lumineux des voies de circulation.....	47

Figure 2.44 : Représentation hiérarchique du balisage lumineux des parkings.....	47
Figure 2.45 : Balisage lumineux minimal d'une piste utilisable dans des conditions de vol à vue de nuit.....	48
Figure 2.46 : Représentation hiérarchique du balisage lumineux.....	50
Figure 2.47 : <i>Ensemble P.A.P.I.</i>	51
Figure 2.48 : Photo d'un P.A.P.I.....	51
Figure 2.49 : Schéma d'une unité lumineuse.....	51
Figure 2.50 : Représentation hiérarchique du P.A.P.I.....	52
Figure 2.51 : Photo de V.O.R.	53
Figure 2.52 : Représentation hiérarchique du V.O.R.	53
Figure 2.53 : Photo de l'I.L.S.....	54
Figure 2.54 : représentation hiérarchique de l'I.L.S.	54
Figure 2.55 : Représentation hiérarchique des données aéronautique.....	55
Figure 2.56 : Représentation hiérarchique de l'aérogare.....	56
Figure 2.57 : Photo d'une tour de contrôle.....	57
Figure 2.58 : Plan des zones et trajectoires à voir depuis la tour de contrôle.....	57
Figure 2.59 : Représentation hiérarchique de la tour de contrôle.	58
Figure 2.60 : Les passerelles semi-fixes.....	59
Figure 2.61 : Passerelle mobile a deux galerie.....	59
Figure 2.62 : Passerelle mobile a trois galerie.	59
Figure 2.63 : Passerelle mobile a quatre galerie.	60
Figure 2.64 : passerelle semi-fixe télescopique	60
Figure 2.65 : Vue d'en haut d'une passerelle radiale.	61
Figure 2.66 : Vue d'en face d'une passerelle radiale.	61
Figure 2.67 : Antichambre.	61
Figure 2.68 : Galerie.	62
Figure 2.69 : Piédestal.	62
Figure 2.70 : Cabinet.....	63
Figure 2.71 : Une rotonde.....	63
Figure 2.72 : Le train de roulement.....	64
Figure 2.73 : Une cabine.....	64
Figure 2.74 : Représentatoin hiérarchique des passerelles.....	65
Figure 2.75 : Exemple d'hangar.	66
Figure 2.76 : Représentation hiérarchique des Hangars.	66

Figure 2.77 : Représentation hiérarchique des poteaux lumineux.	67
Figure 2.78 : Exemples de représentation hiérarchique de bâtis civils.	68
Figure 2.79 : Modèle d'hiérarchie globale des bâtiments.	68
Figure 2.80 : Sommet de la hiérarchie de la scène aéroportuaire.....	69
Figure 3.1 : Aperçu de création d'un terrain avec FlowVR.	72
Figure 3.2 : Interface du logiciel.....	72
Figure 3.3 : Une scène 3D avec sa représentation hiérarchique.....	74
Figure 3.4 : Exemple de réalisation avec Maya.....	76
Figure 3.5 : Exemple de réalisation avec 3dsmax.....	78
Figure 3.6 : Exemples d'utilisation de Virtools.....	81
Figure 3.7 : Exemples d'utilisation d'Artlantis R.....	84
Figure 3.8 : Quelques réalisations Sketchup.....	86
Figure 3.9 : Représentation hiérarchique sous Creator.	88
Figure 3.10 : Tableau de comparaison 1.	91
Figure 3.11 : Tableau de comparaison 2.	92
Figure 4.1 : Aperçu du nouvelle Aérogare.....	94
Figure 4.2 : Aperçu des alentours de la nouvelle aérogare.....	95
Figure 4.3 : Aperçu de l'emplacement ou sera placé le parking numéro 11.....	95
Figure 4.4 : Aperçu des alentours de l'aéroport.....	96
Figure 4.5 : Le plan Autocad existant.....	97
Figure 4.6 : Le plan Autocad affiné.	98
Figure 4.7 : Aperçu de la Plate forme des parkings.....	99
Figure 4.8 : Marquage au sol à coté de la nouvelle aérogare.....	99
Figure 4.9 : Photo des passerelles existantes.....	100
Figure 4.10 : Réalisation 3D d'une passerelle.	101
Figure 4.11 : Aperçu des 2 taxiways réalisés.....	102
Figure 4.12 : Réalisation du parking au large numéro 11.....	103
Figure 4.13 : Modèles de bâtiments civils.....	104
Figure 4.14 : Modèles Numéros de piste.....	104
Figure 4.15 : Modèle d'un petit hangar.....	105
Figure 4.16 : Modèle d'un grand hangar.....	105
Figure 4.17 : Modèle 3D d'une usine.....	105
Figure 4.18 : Modèle 3D d'un hôpital.....	105
Figure 4.19 : Modèle 3D d'un bâtiment administratif.	106

Table des figures

Figure 4.20 : Modèle d'une passerelle radiale.	106
Figure 4.21 : Modèle d'une passerelle radiale rétracté.....	106
Figure 4.22 : Modèles d'arbres.....	107
Figure 4.23 : Modèles de voitures.....	107

Introduction générale

I. Introduction :

Dans le cadre de notre ingéniorat suivi à l'Université SAAD DAHLEB de BLIDA, nous réalisons un stage de fin d'études pour clore notre cursus. Intéressés par les domaines de l'informatique et de l'aéronautique, nous avons choisi d'effectuer notre stage au niveau du Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne (CQRENA) appartenant à l'ENNA. Au sein de ce centre, nous avons été accueillis pour la période allant du 01 Janvier 2007 au 31 Octobre 2007.

Nous avons été amenés à travailler sur un projet concernant le simulateur de contrôle aérien 3D (SCANTOWER) acquis par le centre dans le but de former et recycler des contrôleurs aériens. Notre intérêt pour le domaine de la 3D nous voit confier en première phase un travail de modélisation 3D de certaines parties de la plateforme aéroportuaire de l'aéroport Houari Boumediene d'Alger, puis en deuxième partie un travail d'élaboration d'une méthode pour créer un modèle 3D générique d'une plateforme aéroportuaire et aussi la création d'objets aéronautiques pouvant être utilisés dans d'autres scènes à l'avenir.

II. Problématique :

Ne disposant pas d'une plateforme de développement de scènes 3D permettant d'enrichir la base de données de SCANTOWER, le C.Q.R.E.N.A. et les personnes qui exploitent le simulateur se trouvent sans savoir faire concernant le domaine de la 3D et la modélisation de scènes 3D.

Notre apport consiste à pénétrer dans ces domaines pour mettre à jour dans un premier temps la seule scène opérationnelle sur le simulateur puis de modéliser des objets qui seront utilisables à l'avenir dans la création d'autres scènes.

Notre principal objectif est de répondre aux 3 questions suivantes :

- ✓ Qu'est ce que la 3D ?
- ✓ Comment modéliser une scène 3D ? (Proposer une méthode de modélisation).
- ✓ A l'aide de quel outil modéliser nos objets 3D ?

Pour répondre aux deux dernières questions, il faut d'abord connaître le format 3D de la scène et par la suite décider comment et avec quoi pouvons nous générer une scène du même type que la précédente et compatible avec notre simulateur.

III. Plan de travail :

Pour présenter les différentes étapes suivies lors de la réalisation de ce travail, une organisation en quatre chapitres a été retenue pour ce mémoire.

1. Chapitre I : Présentations générales :

Cette partie contient les différentes présentations et définitions des notions manipulées dans cette étude.

2. Chapitre II : Conception d'une plate forme aéroportuaire :

Ce chapitre expose l'étude des composantes principales d'une plate forme aéroportuaire qui concerne le domaine de contrôle aérien avec une organisation en graphs OpenFlight.

3. Chapitre III : Monographie des logiciels :

Ce chapitre nous permet de comparer une panoplie de logiciels et de plates-formes dédiés à la modélisation 3D et nous permet de choisir un logiciel adéquat pour notre projet.

4. Chapitre IV : Implémentation et réalisation :

Ce chapitre est consacré à la présentation de notre travail et des différentes réalisations en matière de modèles 3D.

Chapitre I :

Présentations

générales

I. Introduction :

Dans ce premier chapitre, nous allons décrire les missions de l'ENNA et celles du Département Instruction Exploitation.

Ensuite nous allons présenter le simulateur et décrire sa base de données en donnant une définition de la 3D et comment elle est organisée.

II. L'Établissement National de la Navigation Aérienne (L'ENNA) :

1. Missions :

L'ENNA est un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) placé sous la tutelle du Ministère des Transports. Principales missions de l'Établissement :

- ✓ Assurer le service public de la sécurité de la navigation aérienne pour le compte et au nom de l'État;
- ✓ Mettre en œuvre la politique nationale dans ce domaine, en coordination avec les autorités concernées et les institutions intéressées;
- ✓ Assurer la sécurité de la navigation aérienne dans l'espace aérien national ou relevant de la compétence de l'Algérie ainsi que sur et aux abords des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique;
- ✓ Veiller au respect de la réglementation des procédures et des normes techniques relatives à la circulation aérienne, à l'implantation des aérodromes, aux installations et équipements relevant de sa mission;
- ✓ Assurer l'exploitation technique des aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique;
- ✓ Assurer la concentration, diffusion ou retransmission au plan national et international des messages d'intérêt aéronautique ou météorologique. [11]

2. Organisation :

L'Établissement National de la Navigation Aérienne est structuré comme suit :

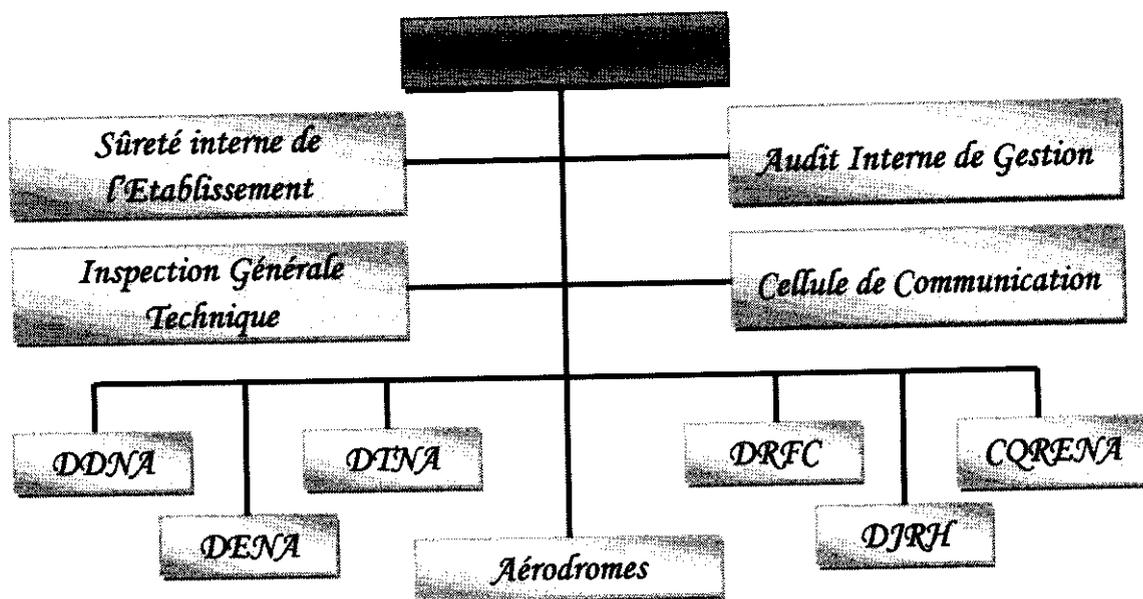


Figure 1.1 : L'organigramme de l'ENNA.

- DDNA : Direction de Développement de la Navigation Aérienne.
 DENA : Direction d'Exploitation de la Navigation Aérienne.
 DTNA : Direction Technique de la Navigation Aérienne.
 DRFC : Direction des Ressources, Finances et de la Comptabilité.
 DJRH : Direction Juridique et Ressources Humaines.
 CQRENA : Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne.
 AERODROMES : Directions de la Sécurité Aéronautique
 21 Aérodromes nationaux.
 11 Aérodromes internationaux.

III. Le Centre de Qualification, de Recyclage et d'Expérimentation de la Navigation Aérienne (CQRENA) :

1. Présentation :

Ce centre est mis en fonction dans le but de mettre en application la politique de formation au nom de l'ENNA A ce titre le centre :

- ✓ Entreprind les actions de formation professionnelle continue, de qualification et d'expérimentation de la navigation aérienne et délivre les certificats de qualification et attestation de stage y afférents ;
- ✓ Procède à l'évaluation continue des effets de la formation et apporte les corrections qui s'imposent ;

- ✓ Œuvre dans le sens de la satisfaction des besoins de l'établissement en personne qualifié ;
- ✓ Etablit son programme annuel de formation en vue de son adoption par l'établissement en fonction des demandes et des priorités des divers centres de gestion ;
- ✓ Assure la mise en œuvre et l'exécution en ce qui le concerne du plan de formation de l'ENNA ;
- ✓ Gère les qualifications des personnels techniques et d'exploitation et fait homologuer les programmes y afférents ;
- ✓ Collabore à la gestion de la promotion interne des personnels techniques et d'exploitation.
- ✓ Met en place un système d'évaluation et de sélection pouvant servir en amont et en aval de toute formation ;
- ✓ Elabore, actualise, enrichit et développe les programmes de qualification ;
- ✓ Elabore conformément aux programmes établis, les documents pédagogiques techniques et les instruments didactiques appropriés, nécessaires à la réalisation de la formation ;
- ✓ Assure le perfectionnement pédagogique des instructeurs et des formateurs ;
- ✓ Organise et participe aux séminaires, ateliers et autres regroupements appropriés aux missions de l'établissement ;
- ✓ Réalise les travaux d'études, d'expérimentation et de documentation liés à son objet, en vue de l'amélioration et de l'adaptation du contenu, de méthodes, de moyens didactiques et pédagogiques appliqués à la formation ;
- ✓ Offre aux autres structures de l'établissement son expertise en vue d'une sélection de candidature(s), de recrutement utile ou d'enquêtes ;
- ✓ Harmonise, le cas échéant, ces méthodes et procédures techniques avec l'environnement régional. [1]

2. Organisation :

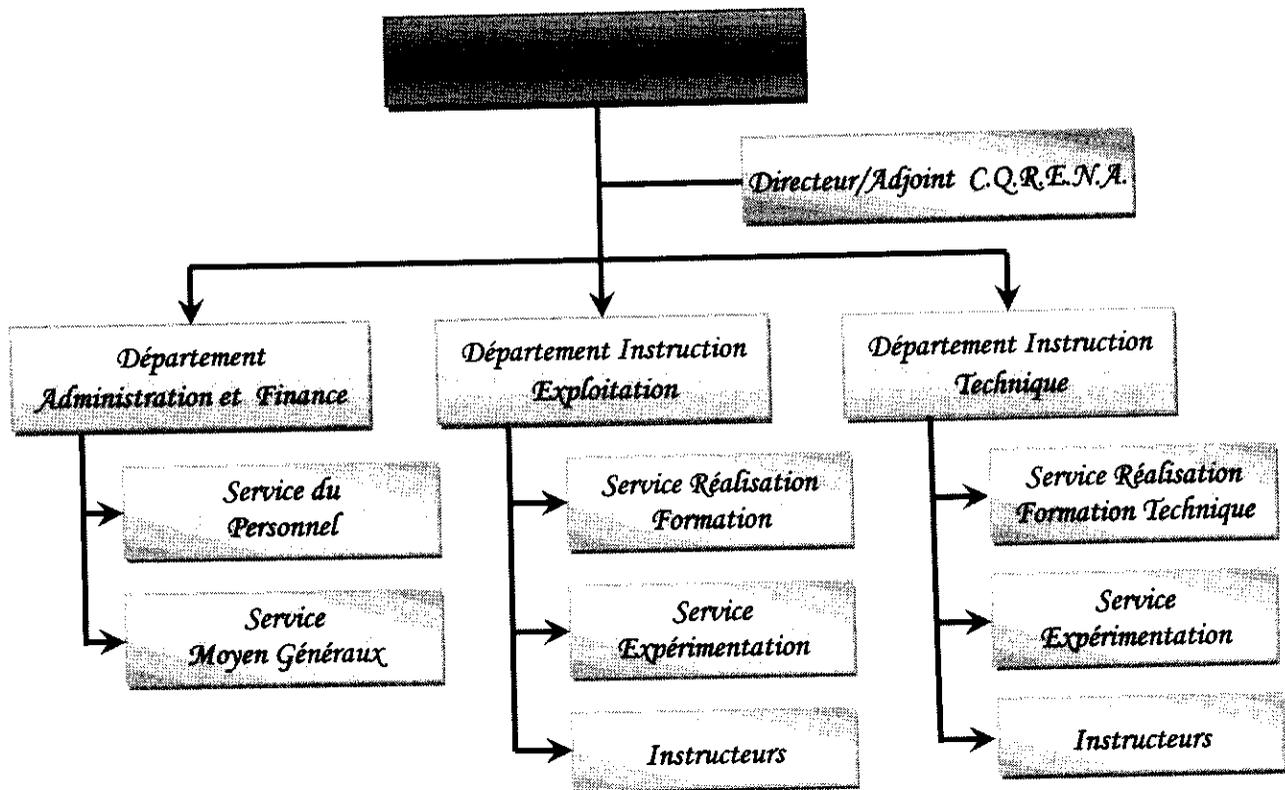


Figure 1.2 : L'organigramme du C.Q.R.E.N.A.

IV. Le Département Instruction Exploitation (DIE):

1. Organisation :

Le DIE est composé de deux services qui sont placés sous la responsabilité hiérarchique du chef de Département Instruction Exploitation.

- ✓ Service Réalisation de la Formation Exploitation.
- ✓ Service Expérimentation Exploitation. [1]

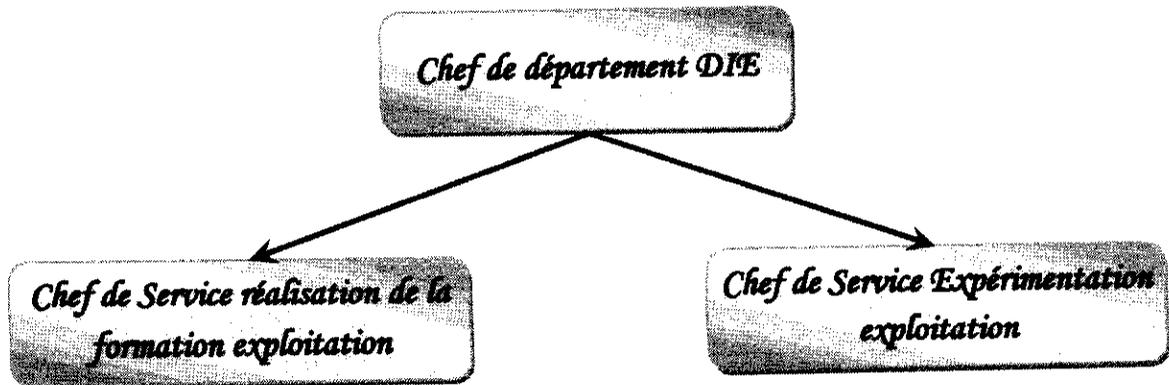


Figure 1.3 : L'organigramme du DIE.

2. Les activités :

- ✓ Faire Parvenir aux formateurs les divers équipements didactiques et pédagogiques appropriés ;
- ✓ Réalisation de formations en matière d'exploitation ;
- ✓ Elaboration de travaux d'études de cas, développement de solutions et de simulation de procédure et de fonctions liées à la gestion de la navigation aérienne ;
- ✓ Veiller à appliquer les standards internationaux ;
- ✓ Mettre à niveau les programmes d'enseignement (en les renouvelant ou en les actualisant). [1]

V. Le simulateur contrôle tour SCANTWEOR :

1. Description:

SCANTWEOR est un simulateur de tour de contrôle Ce simulateur est décliné en une version 2D (solution économique pour la formation au contrôle d'aérodrome présentant une vue d'oiseau de la plate-forme aéroportuaire) et en une version 3D (avec une vue 360° de la plate-forme depuis la tour de contrôle ou depuis le cockpit d'un avion).

Il est développé sur plate-forme PC. La partie visualisation est développée sur plate-forme SGI (SILICON GRAPHICS INC.). [2]

2. Composantes du SCANTOWER :

a. Partie logicielle :

Ont trouve plusieurs applications associées :

- ✓ SCANPREP : éditeur de scénarios ATC et de plans de vol permettant la conception, la modification et la duplication d'exercices de simulation.
- ✓ SCANGEO : éditeur de base de données aéroportuaires et d'espaces aériens permettant la création de tout espace aérien pour les scénarios.
- ✓ SCANPILOT : interface de pseudo pilote.

On trouve aussi les bases de données graphiques, qui sont constituées de :

- ✓ Une base de données aéroport nommée base.flt ainsi que le fichier de configuration correspondant nommé base.cfg. Elle est positionnée dans un répertoire du nom OACI de l'aéroport. Exemple : DAAG pour l'aéroport d'Alger. [2]

- ✓ Une base de données commune. Elle contient les avions, les images de nuages, les logos, la manche à air, les images d'éclairs et de neige ainsi que les fichiers de configurations de chaque type d'avion et de l'ensemble des livrées. Les fichiers de configuration des avions sont nommés par le nom de l'avion avec le suffixe « .cfg ». Le fichier de configuration des livrées est nommé logo.cfg. Toutes ces données sont positionnées dans un répertoire appelé "avions", c'est un répertoire frère de celui qui contient la base aéroport. [2]

b. Partie matérielle :

- ✓ Le poste pseudo-instructeur, les postes pseudo-pilote et les 2 postes d'élèves contrôleurs sont des PC normaux fonctionnant avec Windows 2000 pro, reliés à travers un LAN ;
- ✓ Le serveur réseaux : Fonctionne sur le LAN à l'aide de Windows 2000 serveur et contient toutes les applications de SCANTOWER;
- ✓ GENERATEUR GRAPHIQUE – ONYX 1 SILICON GRAPHICS INC : Ce calculateur est installé dans le local technique. Sa fonction est de recréer l'environnement d'un aéroport avec l'animation de mobiles en temps réel. Il reçoit du moteur de trafic des informations comme la position de l'observateur, les conditions météo (effets spéciaux), la position et la mise à jour des mobiles, etc. à la vitesse moyenne de 30 images par seconde. Cet ordinateur est configuré pour générer trois canaux vidéo en 1024x768 pixels et envoyer les images calculées aux projecteurs et aux moniteurs de recopie. La SILICON GRAPHICS a pour système d'exploitation le système IRIX 6.5 (UNIX) dans sa version 6.5.6, ce système se base sur le système UNIX V7 avec en plus l'ajout de commandes spécifiques pour le système graphique et une interface graphique X/Window.
- ✓ Projecteurs vidéo : Les trois projecteurs vidéo installés dans la salle élèves, permettent de simuler la vue à travers les vitres d'une tour de contrôle. Ils offrent une ouverture de 180° sur un écran qui a l'aspect d'une courbe et sans raccords visibles.
- ✓ Les interfaces vidéo : Les interfaces vidéo (quad splitter) sont placées derrière les moniteurs 3D de recopie de la salle Instructeurs et servent à amplifier, ajuster le gain puis à séparer le signal sur les sorties. [2]

✓ Schéma de connexion pour chacun des canaux : [2]

- Générateur graphique ➤ Interface vidéo ➤ Projecteur vidéo.
- Moniteur (salle instructeurs).
 - Moniteur (local technique).

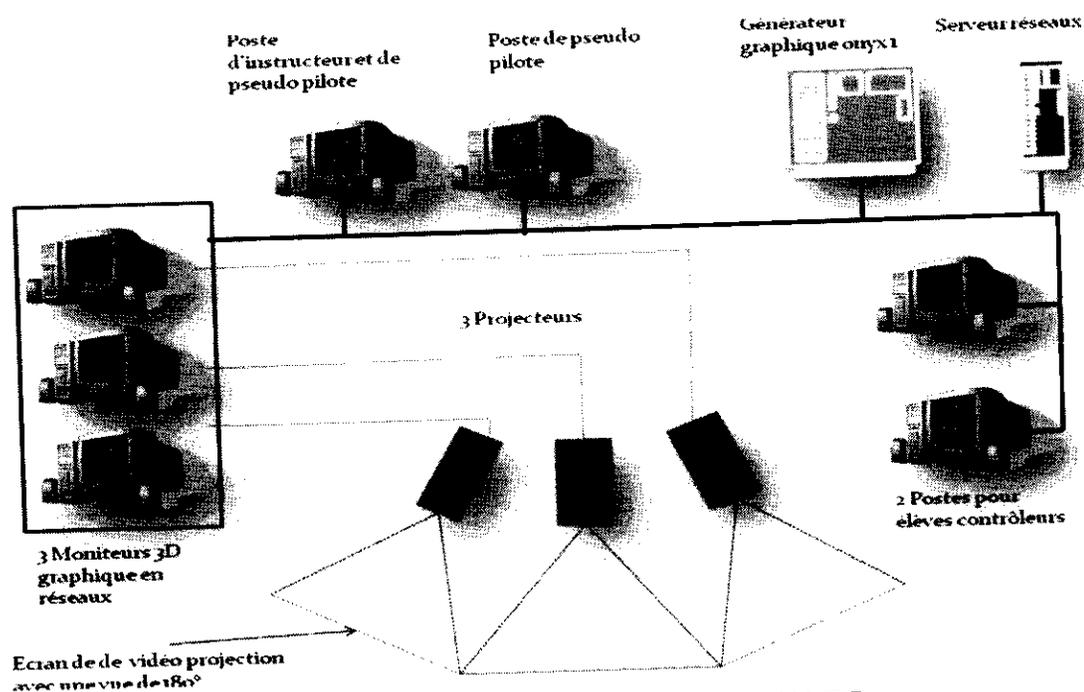


Figure 1.4 : Schéma du SCANTOWER.

c. Les Caractéristiques du SCANTOWER :

- ✓ Vue 360° d'un aéroport depuis la tour de contrôle ou le cockpit d'un avion.
- ✓ Vue 3D en temps réel des éléments mobiles (avions, véhicules) ;
- ✓ Contrôle dynamique de l'avion et des véhicules par simple désignation du mobile avec la souris ;
- ✓ Contrôle dynamique en temps réel de l'avion en vol (changement plan de vol, remise de gaz) ;
- ✓ Contrôle manuel du balisage par écran tactile ou par la souris ;
- ✓ Combinaison possible avec d'autres simulateurs ;
- ✓ Base de données commune pour les simulateurs radar et tour ;
- ✓ Simulation de situations d'urgence (accident d'avion / feu / explosion) ;
- ✓ Simulation de conditions climatiques différentes de jour / de nuit, par faible visibilité. [2]

VI. La scène 3D du simulateur :

C'est l'une des bases de données graphiques inclus dans le simulateur. Elle est positionnée dans un répertoire du nom OACI de l'aéroport. Exemple : LFPO pour l'aéroport d'Orly (France), DAAG pour l'aéroport d'Alger.

- ✓ Un fichier base.flt (OpenFlight) : contient l'aéroport en 3D complet.
- ✓ Un fichier base.cfg (texte éditable) : décrit des opérations et des commandes.
- ✓ Des fichiers .rgb (textures) : ce sont des fichiers bitmap (images).
- ✓ Des fichiers .attr (attributs) : ils détiennent les coordonnées des textures.

Pour débiter il faut d'abord savoir ce que c'est que la 3D.

1. Définition de la 3D (Trois dimensions) :

Trois dimensions ou 3D (prononcer « trois D ») est un terme générique que l'on utilise pour désigner notre vision du monde qui nous entoure. Ce terme 3D est aussi parfois improprement utilisé (surtout en anglais) pour désigner la présentation en relief des images, ou des images en relief. [18]

✓ **En mathématique :**

En mathématique, cela correspond à la géométrie euclidienne dans l'espace ; l'espace est repéré par trois axes orthogonaux, contrairement au plan composé de deux dimensions.

Les trois dimensions sont :

- La largeur (gauche/droite) ;
- La hauteur (haut/bas) ;
- La profondeur (avant/arrière). [18]

✓ **En informatique :**

En informatique, les modèles tridimensionnels nécessitent de nombreux calculs gourmands en ressources. Ils peuvent être représentés, soit par des perspectives de diverses directions sur un écran en deux dimensions (ce qui rend le terme 3D impropre, un écran n'ayant que deux dimensions), soit sur des dispositifs de plus en plus performants et variés permettant de les voir directement en relief. Des ordinateurs récents possèdent d'ailleurs une partie dédiée à ces calculs (le processeur graphique), mais on trouve de plus en

plus de logiciels permettant de créer ces modèles 3D avec des ordinateurs courants. On parle de synthèse d'image 3D. [18]

2. Description de la scène :

La scène 3D présente dans le simulateur est une reproduction graphique de l'aéroport Houari Boumediene. Cette scène est stockée sous la forme d'un fichier qui porte l'extension .FLT. Cette extension réfère a un format de fichier appelé OpenFlight.

Le format de fichier OpenFlight est un format conçu pour supporter des applications de logiciel en temps réel sophistiquées pour cela il est organisé en un graphe de scène, ce graphe est une structure de données hiérarchique d'arbre qui organise des données spéciales.

VII. La base de données 3D et les types de nœuds :

La hiérarchie de base de données d'OpenFlight permet à la base de données visuelle d'être organisée dans des groupements logiques et elle est aussi conçue pour faciliter des fonctions en temps réel telles que la commutation et l'illustration du niveau de détail. Chaque base de données d'OpenFlight est organisée dans une structure arborescente.

Les niveaux d'une hiérarchie de base de données se composent d'un ou plusieurs nœuds. Au premier niveau il existe qu'un seul nœud, appelé l'en-tête de base de données (database header). Au niveau le plus faible de la hiérarchie nous avons des faces, qui sont composées de sommets (Vertex). Entre ces deux niveaux, nous trouvons certain nombre de différents types de nœuds qui sont fixés de manière hiérarchique (père, frères et fils). [18]

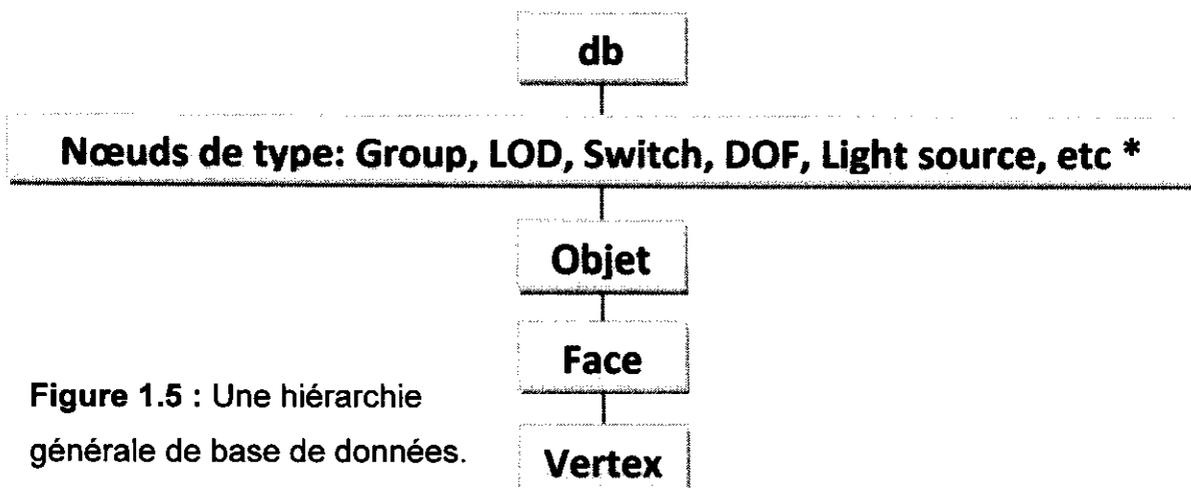


Figure 1.5 : Une hiérarchie générale de base de données.

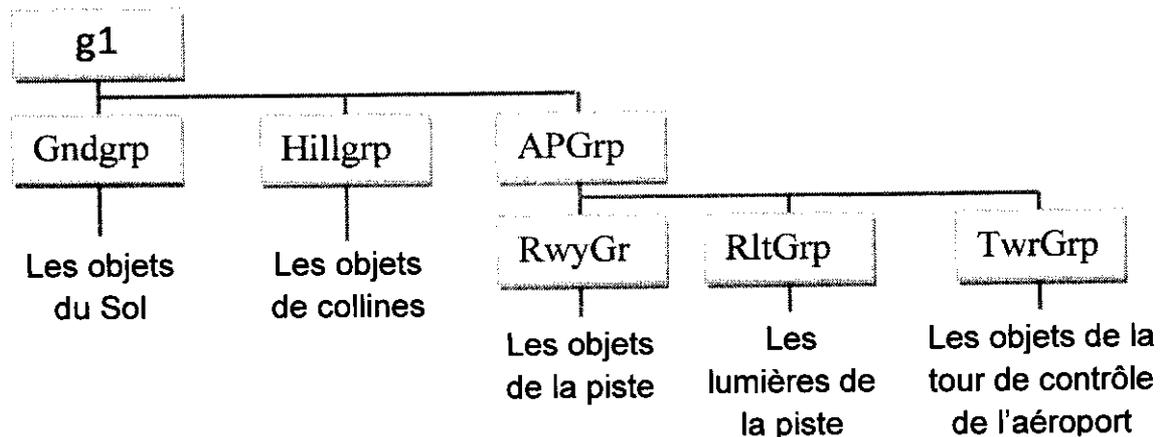


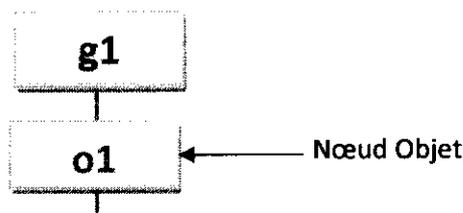
Figure 1.6 : Des nœuds groupe dans une hiérarchie.

Une scène organisée en hiérarchie donne l'avantage de pouvoir manipuler chaque objet de manière séparée.

Note : Les nœuds groupe peuvent avoir n'importe quelle type de nœuds fixés directement à eux sauf les nœuds face.

- Objet :** Un objet est une collection de polygones. Les objets produits dans la vue de dessins apparaissent comme des nœuds d'objet dans la vue de hiérarchie. Les IDs d'objet sont verts de code à couleurs dans la vue de hiérarchie. Les IDs d'objets par défaut commencent toujours par un O (Object). [8] [10]

Note : les nœuds objet peuvent seulement avoir des faces fixées à eux.



Les polygones qui le composent

Figure 1.7 : Un nœud objet dans une hiérarchie.

- Face :** Un polygone, ou une face, est un ensemble orienté de sommets qui définissent une surface. Les faces produites dans la vue de dessins apparaissent comme des nœuds de face dans la vue de hiérarchie. La couleur d'un nœud de face refléchet la couleur affectée à la face dans la vue

de dessins, et sa couleur d'identification est un noir ou blanche, selon lequel est plus visible. Les IDs de nœud de face par défaut commencent toujours par le P (Polygon).

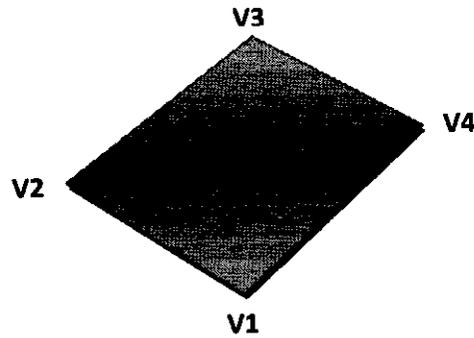


Figure 1.8 : Une face, avec ses sommets (vertices) exposé.

Une Subface (ou la face emboîtée) est une face fixée à une autre face dans la hiérarchie. Subfaces peut également être les parents des subfaces. Chaque subface devrait se trouver dedans, et sur le même plan que son parent. Les Subfaces fournissent des moyens utiles de spécifications des commandes de dessin dans les systèmes zbuffered, parce qu'en mode de dessin z-buffered, chaque subface est dessiné sur son parent.

Un nœud de face avec une subface pour un enfant a un petit carré dans le coin supérieur gauche du rectangle qui le représente dans la vue de hiérarchie. [8] [10]

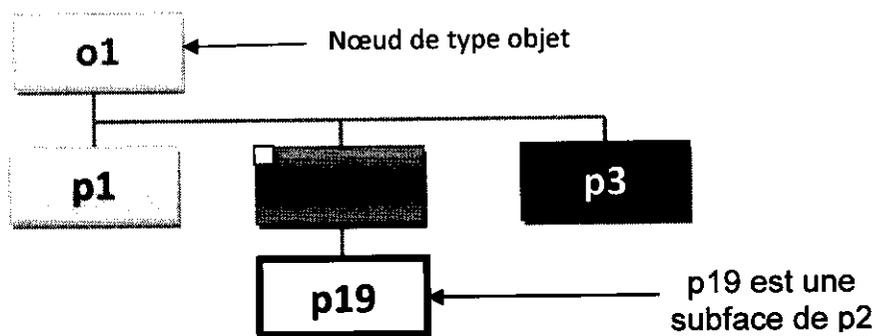


Figure 1.9 : Représentation d'une subface dans une hiérarchie.

En graphique, nous pouvons la trouver de la sorte :

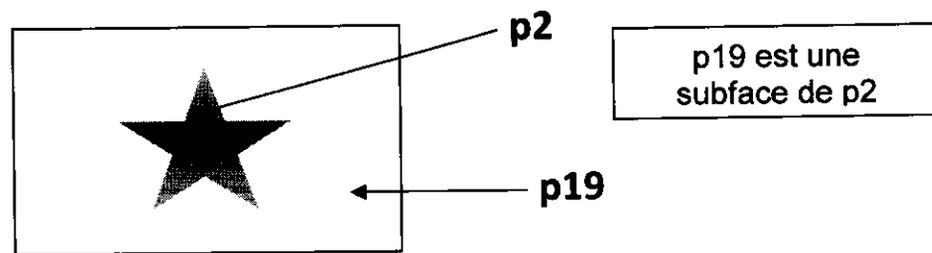


Figure 1.10 : Aspect graphique d'une subface.

Les subfaces sont utilisées dans le but de résoudre le problème que rencontre Z-buffering lors du dessin de faces, quand il trouve une face au dessus d'une autre face (Ils sont à la même distance de point de vue), ce type de problème est appelé Z-fighting, le Z-buffer ne sait pas laquelle des faces doit être dessinée en premier. [10]

5. **Vertex (Sommet)** : Les sommets sont des coordonnées de points dans la base de données. L'unité de mesure des coordonnées système de la base de données, pieds (feet) ou mètres, est déterminée à l'aide de l'attribut unité du nœud d'en-tête (db) de la base de données.

Par exemple, les coordonnées (X=0.Y=0.Z=0) définissent le point central dans l'espace 3D, qui s'appelle également l'origine de base de données.

Les sommets sont produits pendant le processus de création de faces.

Un nœud sommet est représenté par des coordonnées dans la base de données. Chaque coordonnée de point est définie par un ensemble de trois nombres. [8]

6. **LOD (Level Of Detail « Niveau de détail »)** : Les niveaux de précision (LODs) sont des versions d'un modèle avec des divers niveaux de complexité.

Le nœud de LOD définit la portée dans laquelle le LOD est visible :

- Switch in : la distance maximale d'où on peut voir la descendance du nœud LOD.
- Switch out : la distance minimale d'où on peut voir la descendance du nœud LOD).

Il joue le rôle d'interrupteur en fonction de la distance entre le modèle et l'observateur. Ils permettent d'afficher ou non la descendance de ce nœud.

Nous allons définir tous les détails concernant l'utilisation des LODs par la suite. Les IDs de LODs sont bleu de code à couleurs dans la vue de hiérarchie. Les IDs de LODs par défaut commencent toujours par un I (Level Of Detail). [8] [10]

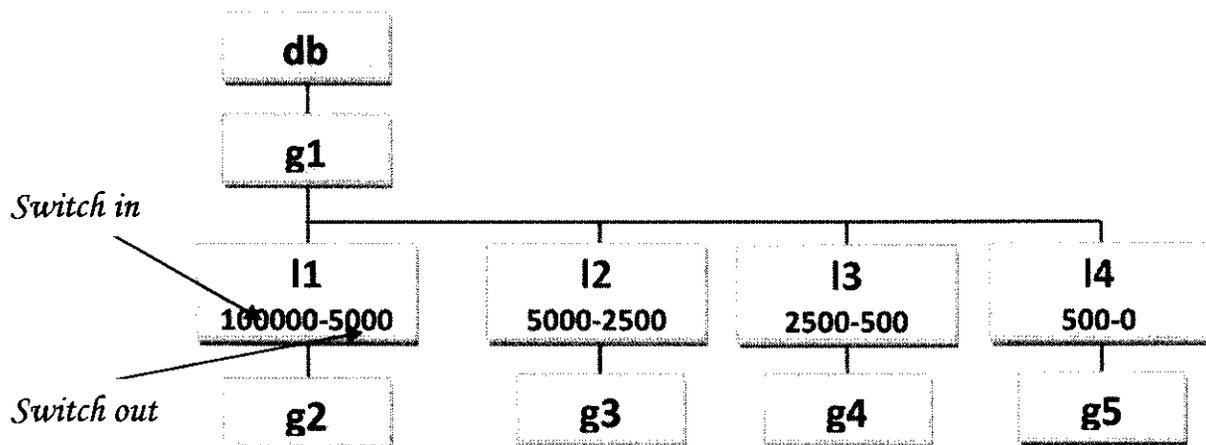


Figure 1.11 : Représentation hiérarchique d'un objet avec 4 niveaux de détail.

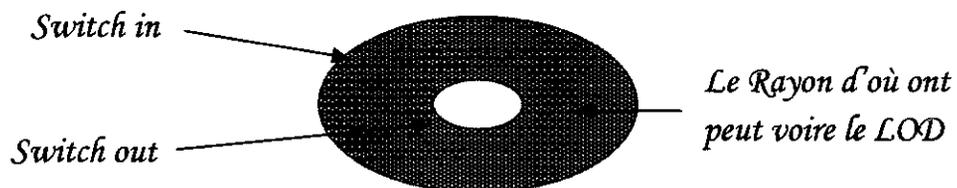


Figure 1.12: La zone de visionnement d'un LOD.

7. **Switch « interrupteur »**: Un interrupteur (Switch) contient les masques qui contrôlent l'affichage de ses enfants.

Les masques du Switch sont des attributs de chaque nœud Switch. Quand un nœud Switch est crée, il maintient un masque unique (masque 0) pour chaque enfant du nœud Switch.

Les IDs de Switch sont Violet de code à couleurs dans la vue de hiérarchie. Les IDs de Switch par défaut commencent toujours par un **SW (Switch)**.

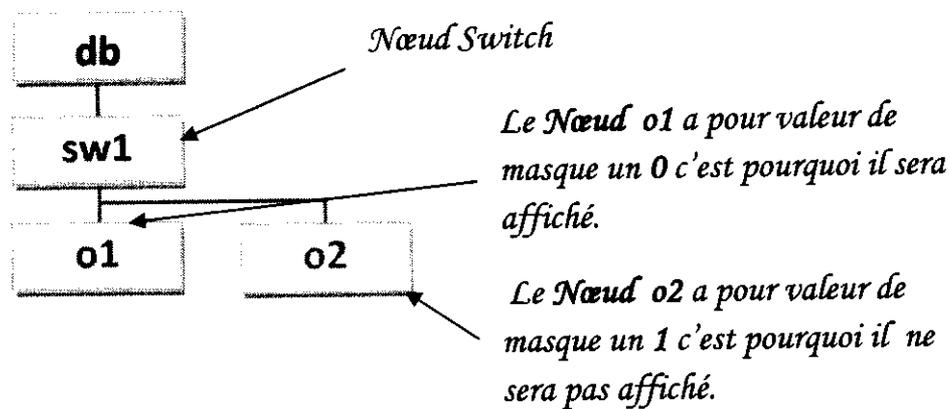


Figure 1.13 : Représentation hiérarchique d'un Switch.

8. **Light source « Source lumineuse » :** Les sources lumineuses illuminent l'ensemble ou une partie de la base de données. Le nœud de source lumineuse définit la position ou le sens de la source lumineuse et affecte ses descendants dans la hiérarchie de la base de données.

On peut trouver 3 sortes de sources lumineuses :

- ✓ Source lumineuse infinie : produit l'éclairage général, tel que le soleil, au-dessus de la base de données entière. Les sources lumineuses infinies ont un sens que vous pouvez changer mais aucune position que vous pouvez régler dans la base de données.
- ✓ Source lumineuse locale : rayonne la lumière dans tous les sens, tels qu'une lampe, qui se fait d'une position particulière que vous réglez.
- ✓ Source lumineuse d'endroit : rayonne la lumière dans un sens particulier, tel qu'une lampe-torche, d'une position particulière que vous réglez.

Note : Les sources lumineuses sont utilisées par la suite pour simuler les projecteurs ou les poteaux de lumière dans l'aéroport. [8] [10]

9. **Light point « Point lumineux » :** Les points lumineux sont des sommets (Vertices) avec des caractéristiques et des couleurs qui les rendent plus visibles la nuit ou dans le brouillard. Ils ne sont pas considérés en tant que sources lumineuses. Les IDs des points lumineux commencent toujours défaut par un lp (light point). [10]

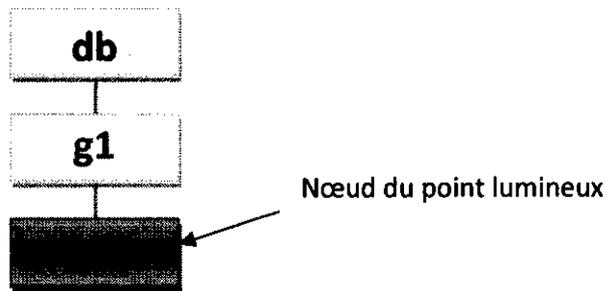


Figure 1.14 : Représentation hiérarchique d'un point lumineux.

10. Les différents types de points lumineux :

Dans la vue graphique on peut rencontrer différents types de points lumineux, qu'on peut différencier par leurs sens de visionnement. Ils sont au nombre de 3 :

- ✓ Omnidirectionnel : visible de tous les côtés.
- ✓ Unidirectionnel : visible de seulement un côté.
- ✓ Bidirectionnels : visible seulement de l'avant et arrière.

- a. Omnidirectionnel : Les lumières omnidirectionnelles manifestent une couleur de tous les sens de visionnement. La couleur qui manifeste est la couleur d'avant-garniture, qui est la couleur que vous choisissez lors de la création du point. Ce type de point lumineux est utile pour les feux de piste, qui sont visibles de tous les sens, comme montré ci-après. [10]

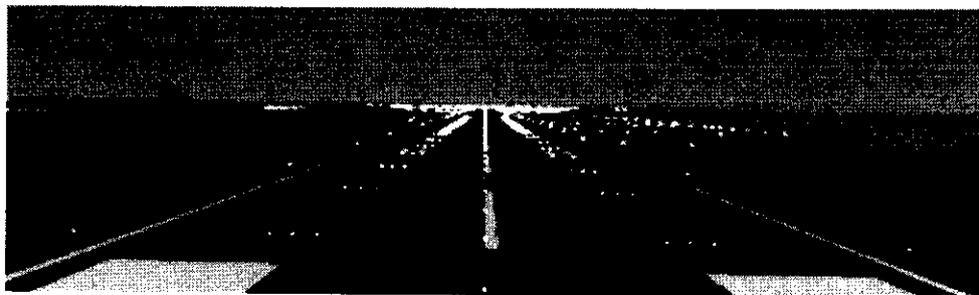


Figure 1.15 : Une piste avec des feux de piste.

- b. Unidirectionnel : Les lumières Unidirectionnelles manifestent une couleur d'avant-garniture sur l'aspect positif du vecteur de sens d'un point lumineux et l'intensité ambiante du côté négatif. Ils définissent les valeurs i, j, k pour le vecteur de sens de la lumière du point lumineux.

L'intensité ambiante qu'on peut définir (entre 0 et 1) est la valeur de brillance qui tombe en dehors du cône du point lumineux. Les cônes définissent le domaine de visibilité de la lumière.

Une intensité ambiante 0 indique que la lumière est éteinte complètement et 1 indique que la lumière est à l'intensité normale en dehors du cône du point lumineux. L'intensité ambiante ne se manifeste pas dans le créateur, cependant, mais cette intensité va être exprimée lors du rendu de la scène.

Le cône du point lumineux a une forme angulaire qui représente les points lumineux unidirectionnels et bidirectionnels. Il est plus facile de régler le sens du point lumineux avec la norme et l'angle du cône auxquelles un point lumineux est visible. [10]

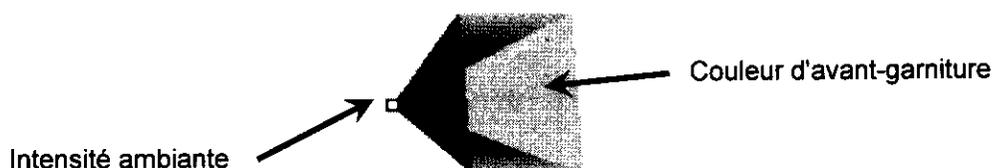
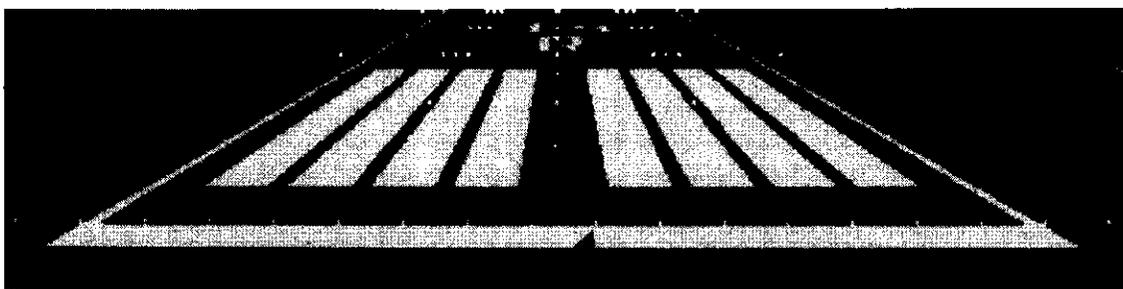


Figure 1.16 : Aspect d'un point lumineux unidirectionnel.

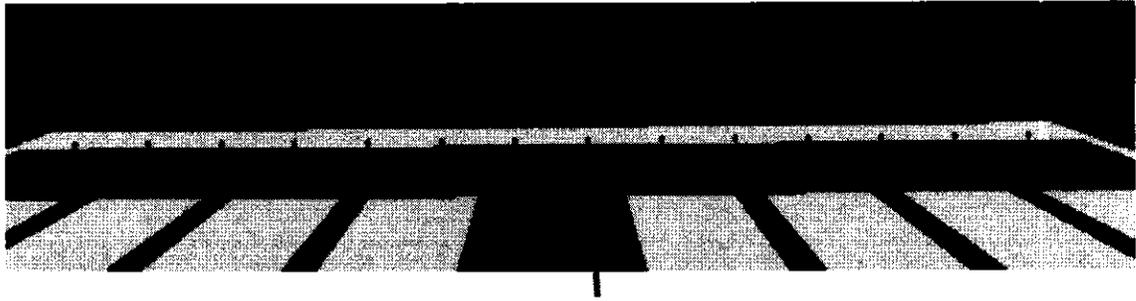
- c. **Bidirectionnel :** Les lumières bidirectionnelles manifestent une couleur d'avant-garniture sur l'aspect positif du vecteur de sens d'un point lumineux, une couleur arrière du côté négatif, et l'intensité ambiante en dehors des cônes des points lumineux. Ils définissent les valeurs i, j, k pour le vecteur de sens. [10]

Les lumières bidirectionnelles sont utiles en tant que feux d'extrémité de piste, qui sont verts (couleur d'avant-garniture) sur le côté d'approche et le rouge (couleur arrière) sur le bord opposé, suivant les indications de cet exemple :



Les feux d'extrémité de piste sont verts du côté d'approche (la face avant)

Figure 1.17 : Les feux verts d'extrémité de piste.



Les feux d'extrémité de piste sont rouges sur le bord opposé (la face arrière)

Figure 1.18 : Les feux rouges d'extrémité de piste.

Les caractéristiques du cône bidirectionnel sont les mêmes que le cône unidirectionnel à la différence qu'il a une couleur pour chaque face.

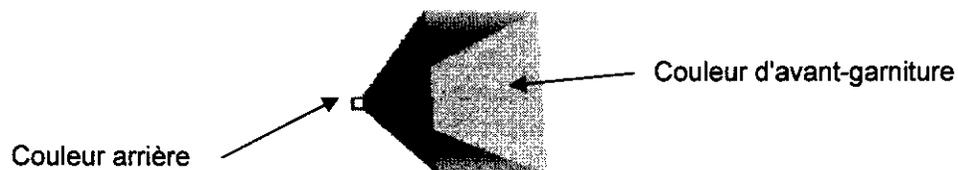


Figure 1.19 : Aspect d'un point lumineux bidirectionnel.

Il existe d'autres types de nœud mais nous n'aurons pas l'occasion de les manipuler ou de les utiliser par exemple :

DOF (Degrees of Freedom « Degrés de Liberté») : Les degrés de liberté (DOFs) sont des nœuds dont les attributs définissent une portée du mouvement de translation et/ou de rotation pour la géométrie fixée au nœud de DOF. [8]

External reference « référence externe » : Une référence externe est une manière de mettre la géométrie dans une base de données en mettant en référence la géométrie d'une autre base de données. Les caractéristiques d'une référence externe, y compris le chemin du modèle externe, sont enregistrées dans les attributs de référence externe. [8]

VIII. Conclusion :

La présentation de la société nous a permis de nous situer par rapport aux objectifs visés, et l'étude du simulateur et sa base de données 3D nous a permis de connaître les principales lignes qui faut suivre pour concevoir une scène 3D qui peut être exploitée sans anomalies sur ce simulateur.

Chapitre II :

*Conception
d'une plate forme
aéroportuaire*

I. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons définir les caractéristiques des objets qui peuvent être présents dans une plate forme aéroportuaire en se basant nécessairement sur les dimensions de ces objets, leurs formes et leurs positions géographiques. Aussi nous allons proposer une conception d'une plate forme aéroportuaire en suivant une forme hiérarchique, nous allons donc définir une hiérarchie pour chaque objet ensuite nous allons donner une hiérarchie globale d'une scène 3D d'aéroport, cette hiérarchie de graphe suivra les normes du format de fichier Openflight.

II. Une plate forme aéroportuaire :

Il est possible de construire une scène 3D d'une plate forme aéroportuaire a l'aide de 3 grandes catégories de donnés :

- ✓ Les donnés topographiques : Elles constituent le terrain où se trouve l'aéroport (Montagnes, végétation...);
- ✓ Les donnés aéronautiques : Ce sont les objets qui ont une relation directe avec la navigation des avions (Radar, pistes, taxiways) présents dans l'aéroport ;
- ✓ Les donnés bâtiments : Ce sont les bâtis présents dans l'aéroport et aux alentours comme la tour(s), l'aérogare(s), les blocs techniques, terminaux, etc.

Donc pour une structure hiérarchique, on peut définir 3 grands groupes après le nœud principal : Un groupe nommé **Terrain** (Pour les objets de la topographie), un groupe nommé **Aéroport** (Pour les objets aéronautiques) et un autre nommé **Building** (Pour les bâtiments).

Pour chaque type de donnés, nous avons une multitude d'objets alors nous allons dire comment nous allons les modéliser un par un.

1. Les donnés topographiques :

Dans ce type de données on peut trouver un terrain (Montagnes, plaines et des déformations de sol) et de la végétation (ex : arbres, buissons).

On organise les données topographiques comme suit :

- a. Le Sol : le sol représente la plaine et les montagnes qui entourent l'aéroport et aussi des portions non bâties qui sont présentes à l'intérieur de la clôture qui limite l'aéroport.

Le sol représente la majeure partie de notre scène avec des dimensions importantes mais sa dimension sera limitée selon notre besoin.

Dans notre cas nous allons prendre une limite de 100 km (100.000 m) de longueur et 100 km de largeur ce qui représente une superficie de 100 km². Pour faciliter la manipulation de cette grande surface dans notre scène, nous allons la décomposer en plusieurs parties et représenter ces parties en objets qui seront ensuite regroupées dans un seul Groupe qui va être nommé Sol.

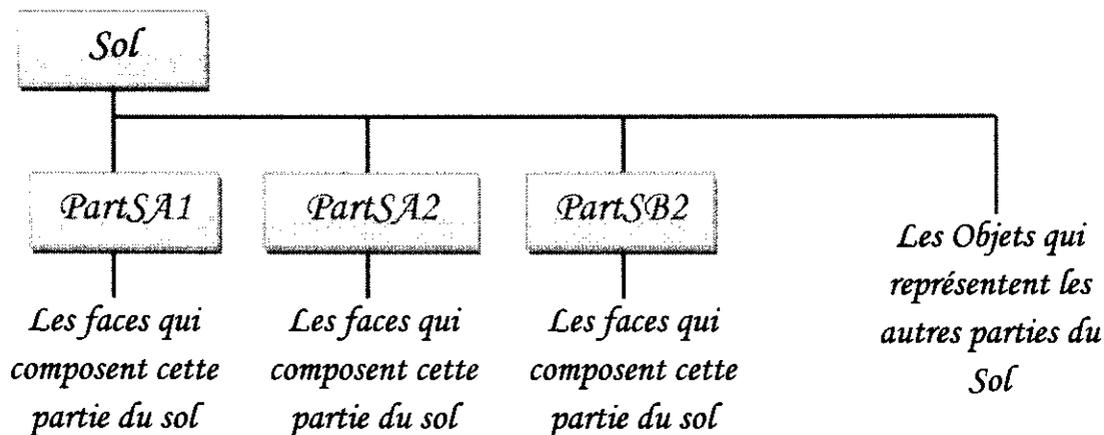


Figure 2.1 : Représentation hiérarchique du sol.

- b. La végétation : la végétation se compose de plusieurs types de flore, chaque catégorie de flore sera représentée à part.
 - ✓ Les arbres : On peut trouver différents types d'arbres dans une scène plus ou moins urbaine donc nous allons les représenter en Objet, ces Objets seront nommés selon le type d'arbres et si on a le même type d'arbre alors nous allons les numéroter de façon séquentielle pour qu'on n'ait pas 2 noms d'objet semblables. Ensuite, ils seront groupés en une seule LOD qui portera le nom **Arbres** en définissant la distance minimale par 0 m et la distance maximale par 45000 m. Ces distances représentent le cercle d'où on peut voir les Lisières regroupées dans ce LOD.

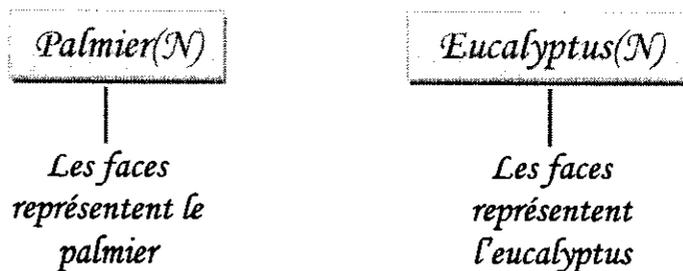


Figure 2.2 : Représentation hiérarchique de chaque type d'arbre.

N : Numéro séquentiel de l'arbre.

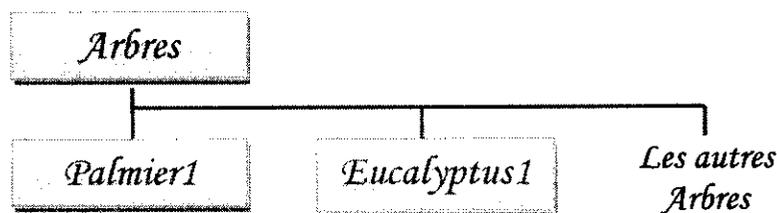


Figure 2.3: Représentation hiérarchique des arbres.

- ✓ L'herbe : Pour représenter les différents types d'herbes nous allons nous contenter de les représenter par des textures, car ce sera sans utilité si nous les modélisons surtout avec leurs petite dimensions, ces textures sont une sorte de photos qui servent de modèles de végétations.
- ✓ Les lisières : Les différentes lisières seront représentées en un objet qui porte pour nom Lisière, suivie du numéro séquentiel. Ensuite, ils seront groupés en une seule LOD qui portera le nom **Lisières**. La distance minimale est 0 m et la distance maximale 5500 m. Ces distances représentent le cercle d'où on peut voir les Lisières regroupées dans ce LOD.

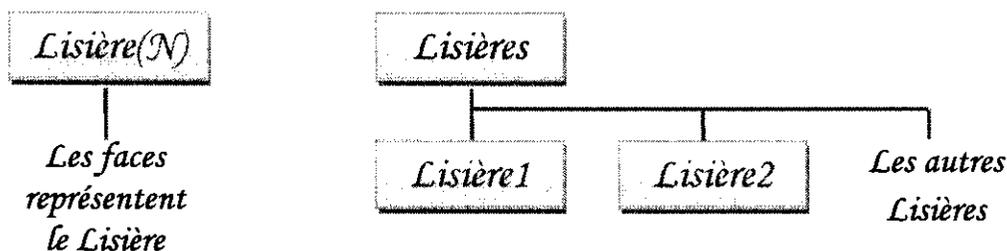


Figure 2.4 : Représentation hiérarchique des lisières.

N : Numéro séquentiel du Lisière.

- ✓ Les Buissons : Les différents buissons seront représentés en un objet qui porte pour nom Buisson suivie du numéro séquentiel. Ensuite ils seront groupés en une seule LOD qui portera le nom **Buissons** en définissant la distance minimale par 0 m et la distance maximale par 3000 m, ces distances représentent le cercle d'où ont peut voir les buissons regroupés dans ce LOD.

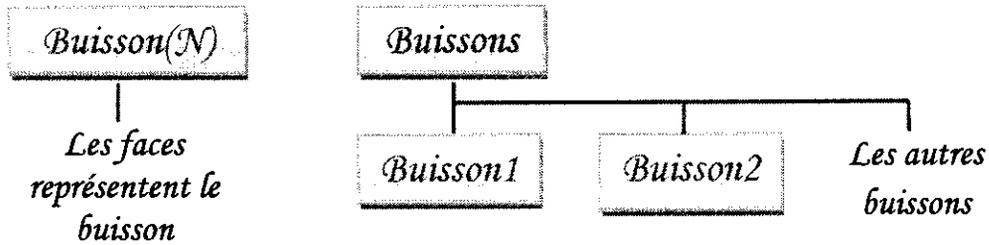


Figure 2.5 : Représentation hiérarchique des buissons.

N : représente le numéro séquentiel du buisson.

c. Graphe hiérarchique des données topographique : Notre hiérarchie globale des données topographiques aura comme forme le graphe suivant :

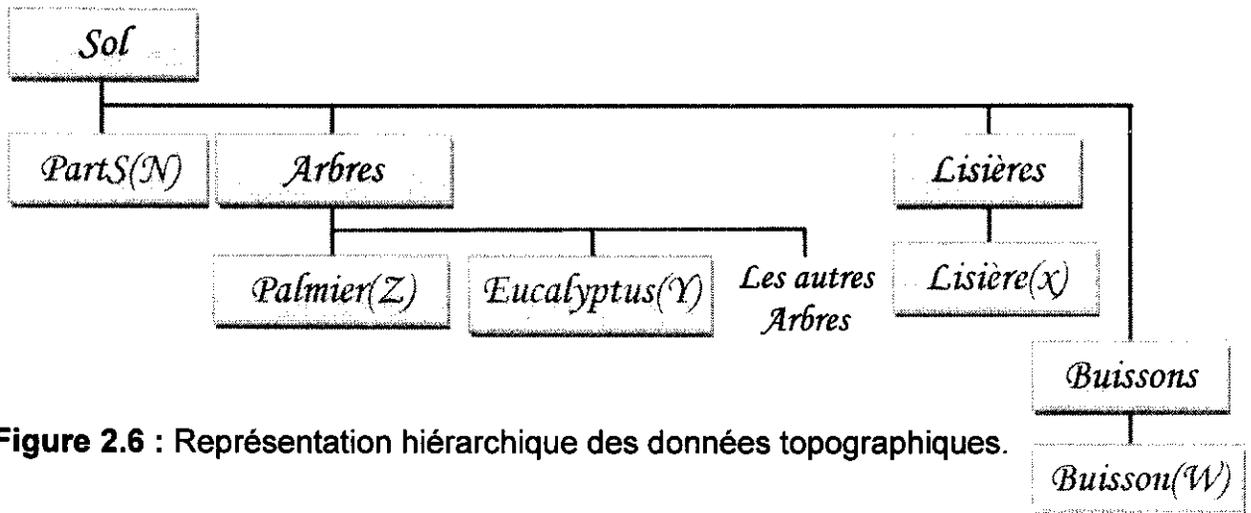


Figure 2.6 : Représentation hiérarchique des données topographiques.

N, Z, Y, X, W : Représentent les numéros séquentiels de chaque nœud.

2. Les données aéronautiques :

a. Présentation introductive d'un aéroport : Dans l'aviation civile un aéroport c'est tout terrain ou plan d'eau spécialement aménagé pour l'atterrissage, le décollage et les manœuvres des aéronefs y compris les installations annexes qu'il peut comporter pour les besoins du trafic et le service des aéronefs. Chaque aéroport est classé dans une catégorie désigné par une lettre de code ou un chiffre de code (Pour plus de détaille voire Annexe 1). [3]

b. Organisation générale :

b.1. Composantes de l'aire de manœuvre :

b.1.1. Les pistes : Les pistes d'un aéroport sont construites en dur, en général le revêtement est en bitume, La plupart des pistes servent à la fois à l'atterrissage et au décollage. Les pistes sont normalement orientées dans le sens des vents dominants, de manière à faire profiter les avions des

courants aériens, qui vont faciliter le décollage et améliorer le freinage lors de l'atterrissage, les avions se présentant toujours face au vent.

- i. Longueur de la piste : La longueur de la piste est calculée pour chaque aéroport selon sa catégorie, elle est donc différente d'un aéroport a un autre.
- ii. Largeur de la piste :
- ✓ Piste revêtue : la largeur d'une piste revêtue ne doit pas être inférieure à la dimension spécifiée dans la figure 2.7.

Code Chiffre	Code Lettre					
	A	B	C	D	E	F
1 (a)	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2 (a)	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Figure 2.7 : Largeurs de piste en fonction des codes chiffre et lettre.

(a) : La largeur d'une piste avec approche de précision ne doit pas être inférieure à 30 m lorsque le chiffre de code est 1 ou 2.

Les code de chiffre et code lettre sont plus détaillée dans l'annexe 1. [3]

- ✓ Piste non revêtue : la largeur minimale d'une piste non revêtue est de 50 m ou de 80 m selon qu'il s'agit d'une piste pour avions ou d'une piste pour planeurs. [3]

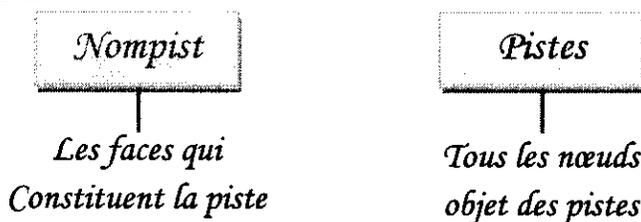


Figure 2.8 : Représentation hiérarchie des pistes.

b.1.2. Les voies de circulation (Taxiway) : Les voies de circulation sont des voies délimitées qui permettent aux appareils de se déplacer sur l'aire de stationnement et les pistes. Elles sont également construites en bitume ou composées de plaques de béton et repérables par une signalisation jaune. Une bande jaune délimite le centre de la voie, une double bande jaune en délimite les extrémités. Chaque voie de circulation porte un nom qui débute par une lettre de l'alphabet (A, B, C....) et si la voies est une voie de relation la lettre sera suivie d'un numéro (1, 2, 3...). [3]

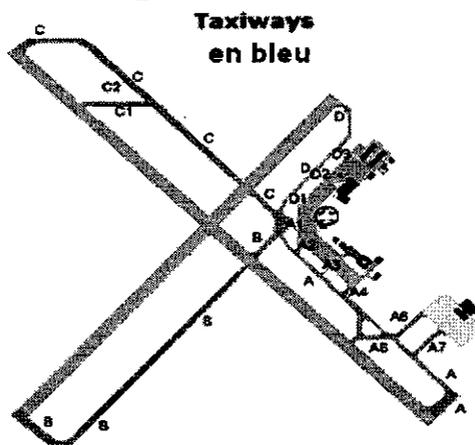


Figure 2.9 : Aéroport avec taxiways.

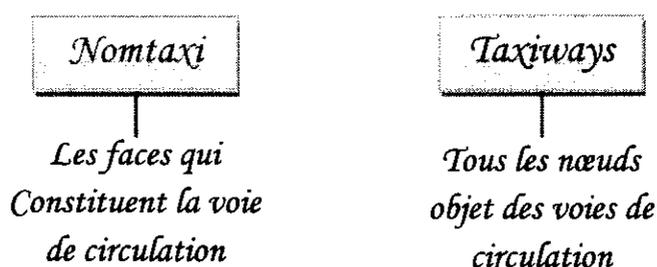


Figure 2.10 : Représentation hiérarchique des voies de circulation.

Chaque voie de circulation sera représentée par un nœud objet qui portera pour nom le nom du taxiway ensuite. Nous avons regroupé tous les nœuds objets dans un seul group nommé **taxiway**.

b.1.3. Les aires de stationnement (Parking) : Les parkings sont les parties de l'aéroport où les avions stationnent, que ce soit pour le transbordement des passagers et du fret, soit pour l'entretien.

Les parkings destinés aux opérations de maintenance des avions (inspection technique, entretien) sont plutôt situés aux abords des hangars, dans une partie éloignée de l'aérogare.

Chaque parking a un nom commençant par un **P** suivie du numéro séquentiel du parking.

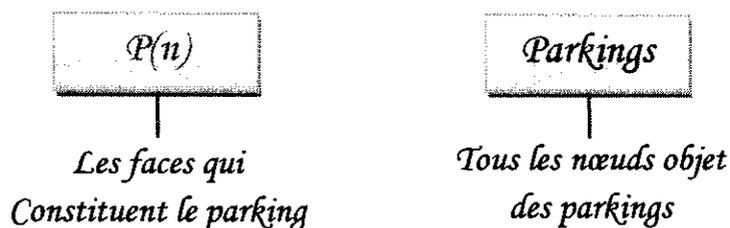


Figure 2.11 : Représentation hiérarchique des parkings.

Nous avons représenté le parking avec un nœud objet qui porte le nom du parking **P(n)** (n : représente le numéro séquentiel du parking) ensuite nous avons regroupé tous les parkings dans un seul nœud group nommé parkings.

b.2. Equipements de l'aire de manœuvre :

b.2.1. Le balisage :

i. Balisage non lumineux: Le balisage non lumineux peut être réalisé soit par des marques, soit par des balises et marques suivant qu'il s'agit de parties revêtues ou non revêtues. Les marques ne sont pas saillies sur la surface qui les porte et sont visibles en vol. Les balises sont saillies au-dessus du sol, émergent de la végétation éventuelle et sont visibles pendant le roulement, en cas de voisinage d'aires revêtues et d'aires non revêtues. [3]

i.1. Balisage des pistes et voies de relation revêtues : Les marques de balisage sont de couleur blanche sur la piste et de couleur jaune sur les voies de circulation et les postes de stationnement d'aéronef. Toutefois, les marques sont de couleur jaune même sur une piste :

- ✓ Sur les aires à portance réduite, prolongement d'arrêt en particulier,
- ✓ Lorsqu'elles matérialisent les raccordements aux axes des voies de circulation,
- ✓ sur les raquettes de retournement, lorsqu'elles matérialisent le raccordement à l'axe de piste après que l'avion a effectué un demi-tour. [3]

i.1.1. Marque de piste :

i.1.1.1. Marques d'identification : Les marques d'identification de piste doivent être apposées aux seuils des pistes revêtues.

Les marques d'identification de piste sont constituées sur chaque seuil par un nombre à deux chiffres.

Fixé par l'autorité aéronautique, ce nombre de deux chiffres est le nombre entier de 01 à 36 le plus proche du dixième de l'azimut magnétique de l'axe de la piste pris dans le sens de l'atterrissage

sur ce seuil et mesuré en degrés à partir du nord magnétique dans le sens des aiguilles d'une montre. Dans les cas où le nombre obtenu est inférieur à dix, ce nombre est précédé d'un zéro. [3]

Dans le cas de pistes parallèles, le numéro d'identification de la piste est accompagné d'une lettre qui est, de gauche à droite pour un observateur regardant dans le sens de l'approche :

Nombre de pistes parallèles	Letres
deux	L puis R
trois	L puis C puis R
quatre	L puis R puis L puis R
cinq	L puis C puis R puis L puis R Ou R puis L puis C puis R puis L
six	L puis C puis R puis L puis C puis R

Figure 2.12 : Disposition des lettres d'identification des pistes.

Et en voici les formes et dimensions des lettres et des chiffres des marques d'identification de piste (valeurs exprimées en mètres) :

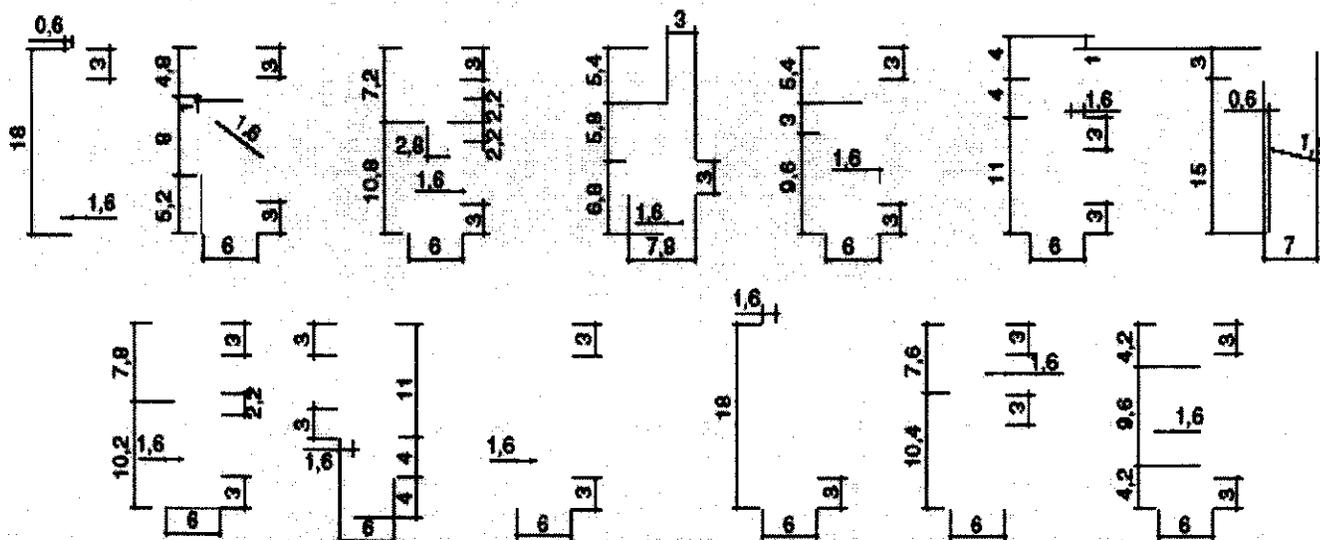


Figure 2.13 : La forme et les dimensions des chiffres et des lettres.

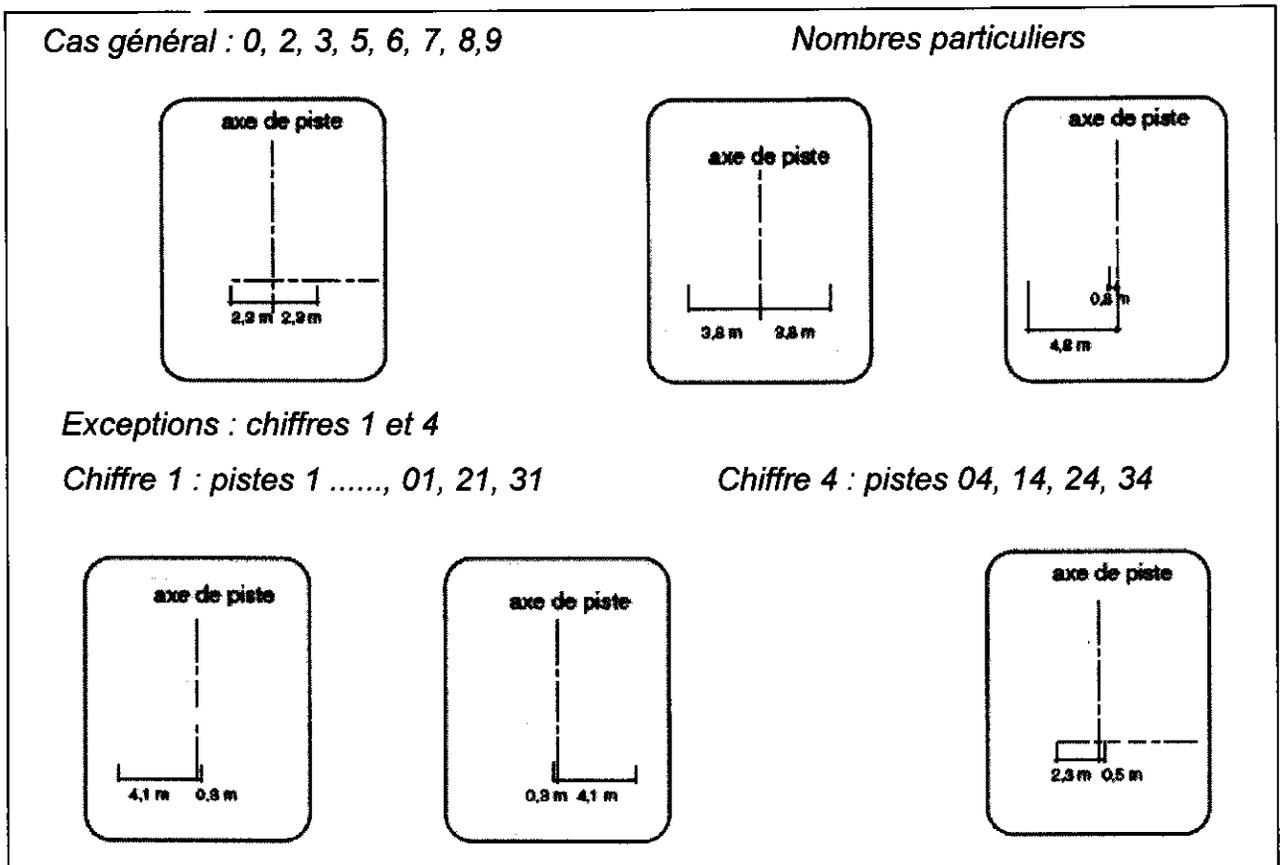


Figure 2.14 : La position à donner au numéro d'identification par rapport a l'axe de la piste.

Pour les pistes dont la largeur est inferieure a 30 m, les dimensions indiquées sur les figures 2.13 et 2.14 peuvent être réduites de moitié.



Figure 2.15 : Représentation hiérarchique des Marques d'identification.

Nous les représentant chaque numéro et chaque lettre par un objet qui va porter le nom d' $ID(n)$ (n : représente la valeur de l'identificateur) si nous avons des identificateurs de mêmes valeurs on ajoute un numéro séquentiel pour les différenciés. Ensuite en regroupe tous les identificateurs en un seul nœud groupe qui porte le nom **IDMI**.

i.1.1.2. Marques de seuil : Toutes les pistes revêtues doivent être dotées de marques de seuil.

Les marques de seuil commencent à 6 m en aval du seuil et sont constituées par des bandes de 30 m de longueur, parallèles a l'axe de la piste et disposées symétriquement par rapport a cet axe. La largeur de la piste détermine le nombre de bandes, leur largeur et l'espacement entre deux bandes consécutives.

Seront ainsi disposées (2n) bandes de largeur (a), espacées de (a), sauf au centre ou cet espacement est porte a (2a). Les deux bandes extrêmes se trouvent ainsi à une distance (d) du bord de piste (Comme indique dans la figure 2.16).

Le nombre de bandes ainsi que leurs largeurs et espacements exprimes en mètres sont donnees dans la figure 2.17.

La figure 2.18 indique notamment les positions relatives des marques d'identification et des marques de seuil.

A noter que le graphisme donne par la figure 2.13 pour le chiffre <<9>> conduit, lorsqu'il entre dans un numéro d'identification, à réduire de 1m sa distance au seuil.

A noter également qu'indépendamment de l'existence ou non d'un balisage lumineux, des feux à éclats peuvent encadrer le marquage de seuil afin d'en renforcer la visibilité. [3]

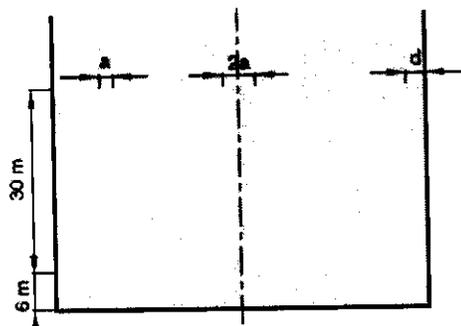


Figure 2.16 : Disposition des marques de seuil d'une piste de 45 m (2 x 6 bandes).

Largeur de piste	2n	a	d
18 m	4	1,5 m	3 m
23 m	6	1,5 m	2,5 m
30 m	8	1,5 m	3 m
45 m	12	1,7 m	2,1 m
60 m	16	1,7 m	2,8 m

Figure 2.17 : Nombre de bandes, largeur et espacement d'une marque de seuil.

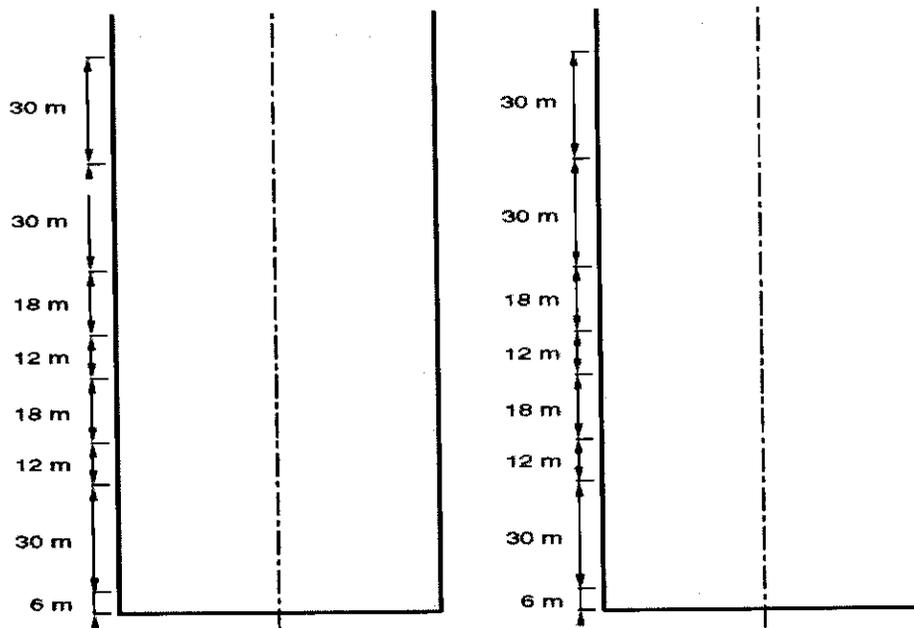


Figure 2.18 : Marques de seuil, d'identification et d'axe de piste (Distances exprimées en mètres).

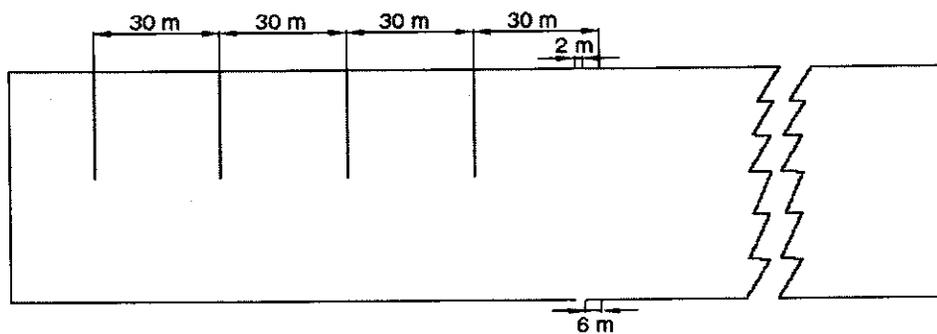
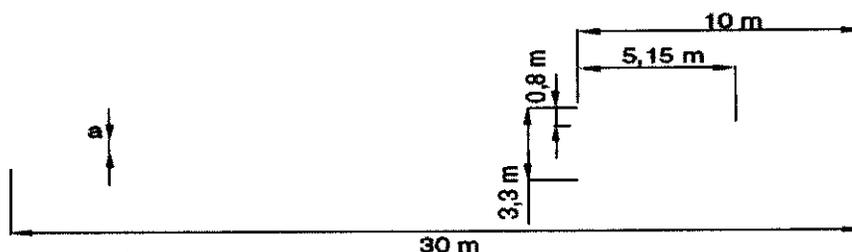


Figure 2.19 : Marquage d'un seuil décalé en permanence.

En cas de seuil décalé en permanence, le marquage précédent est, comme indique sur la figure 2.19, complète par :

- ✓ une bande transversale de 2 m de largeur sur toute la largeur de piste a l'emplacement du seuil décale, le début de la marque étant au nouveau seuil.
- ✓ des flèches de 30 m de longueur, axées sur l'axe de la piste et régulièrement disposées tous les 30 m jusqu'a l'extrémité de la piste afin d'indiquer que cette partie de la piste est utilisable comme tiroir pour le roulement au décollage. [3]

La figure 2.20 donne le détail de cette flèche.



$a = 0,45 \text{ m}$ si la largeur du trait d'axe de piste est de $0,90 \text{ m}$;
 $a = 0,30 \text{ m}$ si la largeur du trait d'axe de piste est de $0,45 \text{ m}$;
 $a = 0,20 \text{ m}$ si la largeur du trait d'axe de piste est de $0,30 \text{ m}$.

Figure 2.20 : Flèche d'axe en amont d'un seuil décalé.

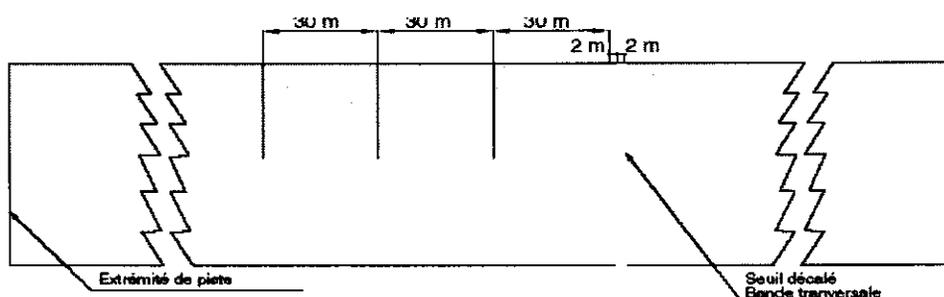


Figure 2.21 : Marquage d'un seuil décalé temporairement.

En cas de seuil décalé temporairement, c'est-à-dire à l'occasion de travaux effectués sur l'aérodrome ou à l'extérieur de son enceinte, deux configurations peuvent être adoptées selon l'importance des travaux et leur durée, mais aussi selon qu'il est nécessaire ou non de fournir des indications visuelles complètes.

La figure 2.21 décrit la première de ces deux configurations possibles. [3]

Cette première configuration ne peut être adoptée que dans le cas de travaux de courte durée du fait de sa simplicité et de sa rapidité de mise en œuvre.

Une bande transversale de 2 m de largeur est apposée sur toute la largeur de la piste ; elle est précédée de flèches espacées de 30 m et de pointes de flèches dont les extrémités sont placées à 2 m du seuil. Identique à celle à adopter en cas de seuil décalé en permanence, la seconde configuration est celle qu'il convient de retenir pour des travaux de longue durée. [3]

Afin qu'il ne puisse y avoir de confusion pour les pilotes, le balisage de piste précédant le seuil décale doit, dans chacune des deux configurations temporaires, ou bien être effacé, ou bien être caché, ou bien encore voir son information occultée par celle d'un dispositif fournissant des indications adéquates plus voyantes. Dans tous les cas, une étude doit être effectuée pour permettre de déterminer la configuration et le balisage approprié.

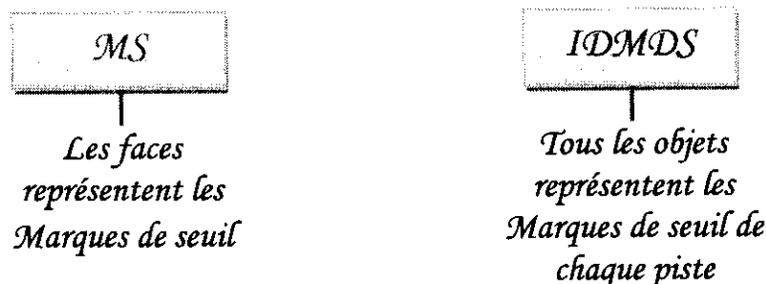


Figure 2.22 : Représentation hiérarchique des marques de seuil.

Nous avons représenté les marques de seuil par un nœud objet qui porte le nom **MS**, si nous rencontrons une scène avec plusieurs pistes nous allons ajouter avec le nom **MS** le nom de la piste où ce trouve ce marquage ensuite nous allons regrouper tout les nœuds objet dans un seul nœud group qui aura pour nom **IDMDS**.

i.1.1.3. Marques d'axe : Toutes les pistes revêtues doivent être dotées de *marques d'axe*. Ces marques sont constituées par une ligne discontinue de traits, de 30 m de longueur, espaces de 30 m et centres sur l'axe de la piste. La largeur des traits est fonction de la catégorie d'exploitation de la piste, les valeurs suivantes étant à adopter :

- ✓ 0,30 m pour les pistes a vue.
- ✓ 0,45 m pour les pistes avec approche classique et les pistes avec approche de précision de catégorie I.
- ✓ 0,90 m pour les pistes avec approche de précision de catégorie II ou III. Comme indique précédemment sur la figure 2.18, les marques d'axe de piste débutent à une distance du seuil de piste qui dépend du nombre de pistes, a savoir :

- ✓ 78 m pour une piste unique, étant alors observe que le premier trait ne mesure que 18 m.
- ✓ 126 m pour des pistes parallèles.

Lorsque la position des seuils ne permet pas un ajustement normal a mi-piste, un trait de longueur différente, mais qui ne doit pas excéder 60 m, peut être utilise pour effectuer cet ajustement. [3]



Figure 2.23 : Représentation hiérarchique des marques d'axes.

Nous avons représenté les Marques d'axe par un nœud objet qui porte le nom *Maxe*, si nous rencontrons une scène avec plusieurs pistes nous allons ajouter avec le nom **Maxe** le nom de la piste où ce trouve ce marquage ensuite nous allons regrouper tout les nœuds objet dans un seul nœud group qui aura pour nom **IDMaxe**.

i.1.1.4. Marques Latérales : Des marques latérales de piste doivent être apposées entre les seuils d'une piste revêtue lorsque le contraste entre les bords de la piste et les accotements ou le terrain environnant n'est pas suffisant.

Tel est également le cas lorsque l'on réduit la largeur d'une piste.

Les marques latérales de piste se présentent sous la forme d'une ligne continue tracée entre les deux seuils le long du bord de piste de telle sorte, en général, que la limite extérieure de cette bande coïncide avec ledit bord de piste. Sortent du cas général les pistes dont la largeur est supérieure à 60 m, pour lesquelles les marques latérales sont apposées à 30 m de l'axe de la piste.

Pour les pistes dont la largeur est supérieure ou égale à 30 m, les marques latérales auront une largeur de 0,90 m. Pour les autres, cette largeur est ramenée a 0,45 m. [3]



Figure 2.24 : Représentation hiérarchique des marques latérales.

Nous avons représenté les Marques latérales par un nœud objet qui porte le nom **Mlat**, si nous rencontrons une scène avec plusieurs pistes nous allons ajouter avec le nom **Mlat** le nom de la piste où ce trouve ce marquage ensuite nous allons regrouper tout les nœuds objet dans un seul nœud group qui aura pour nom **IDMlat**.

i.1.1.5. Marques de point cible : Utilisées à l'atterrissage en liaison avec les marques de seuil, les marques de point cible ont pour objet d'aider le pilote à suivre une trajectoire normale de descente. Des marques de point cible doivent être apposées sur toutes les pistes de longueur supérieure ou égale à 1 500 m.

Comme indique sur la figure 2.29, les marques de point cible sont constituées d'une paire de marques rectangulaires disposées longitudinalement et symétriquement par rapport à l'axe de la piste.

Chacun de ces deux rectangles a une longueur de 45 m et une largeur dépendant de celle de la piste, a savoir de :

- ✓ 9 m, lorsque la largeur de la piste est supérieure ou égale a 45 m.
- ✓ 6 m dans le cas contraire.

L'écartement entre cotes intérieurs de ces deux rectangles est de 18 m. La distance longitudinale entre le seuil de piste et la limite amont de la marque de point cible est égale a :

- ✓ 300 m lorsque la longueur disponible a l'atterrissage est inférieure ou égale à 2 400 m.
- ✓ 400 m lorsque celle-ci est supérieure a 2400m. [3]

Ça représentation dans la hiérarchie aura la forme suivante :

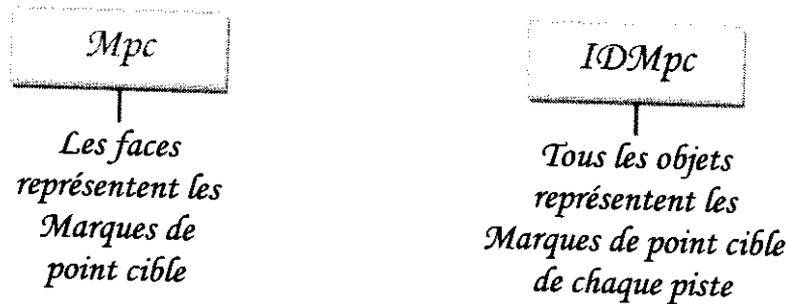


Figure 2.25 : Représentation hiérarchique des marques de point cible.

Nous avons représenté les Marques de point cible par un nœud objet qui porte le nom **Mpc**, si nous rencontrons une scène avec plusieurs pistes nous allons ajouter avec le nom **Mpc** le nom de la piste où ce trouve ce marquage ensuite nous allons regrouper tout les nœuds objet dans un seul nœud group qui aura pour nom **IDMpc**.

i.1.1.6. Marques de zone de toucher des roues : Les *marques de zone de toucher des roues* fournissent au pilote les éléments de guidage pour la prise de contact avec la surface de la piste et des indications de distance par rapport au seuil. Comme indique sur la figure 2.27, les marques de zone de toucher des roues sont constituées de paires de marques rectangulaires de 22,50 m de longueur, disposées parallèlement a l'axe de la piste, symétriquement par rapport a cet axe et a une distance de 18 m entre cotes intérieurs des marques d'une même paire.

Ces paires de marques sont disposées a intervalles longitudinaux de 150 m a partir du seuil de piste, le début de la marque étant pris comme référence de position. Ne doivent cependant pas être apposées les paires qui coïncident avec une marque de point cible ou en sont éloignées de moins de 50 m. Dans ces deux derniers cas, la distance entre les deux marques de toucher des roues encadrant la marque de point cible est de 300 m.

Lorsqu'une piste n'est ouverte que dans un seul sens aux approches de précision, la distance utilisable à l'atterrissage dans ce sens détermine le nombre de paires de marques à apposer.

Lorsqu'une piste est ouverte dans les deux sens aux approches de précision, c'est la distance entre seuils qui détermine ce nombre.

Dans un cas comme dans l'autre, le nombre de paires sera de :

- ✓ Trois paires quand la longueur (ou la distance) est supérieure ou égale à 1 200 m et inférieure à 1500m.
- ✓ Quatre paires quand la longueur (ou la distance) est supérieure ou égale à 1 500 m et inférieure ou égale à 2 400 m.
- ✓ Six paires quand la longueur (ou la distance) est supérieure à 2 400 m.

Sur les pistes avec approche de précision de longueur inférieure ou égale à 2 400 m, chaque paire est formée d'une simple bande de part et d'autre de l'axe de piste.

Sur les pistes de longueur supérieure à 2 400 m, les marques comportent un codage de distance tel qu'à partir du seuil :

- ✓ Les deux premières paires soient chacune formées de 3 bandes de part et d'autre de l'axe de la piste.
- ✓ Les deux paires intermédiaires soient chacune formées de deux bandes de part et d'autre de l'axe de la piste.
- ✓ Les deux dernières paires soient chacune formées d'une simple bande de part et d'autre de l'axe de la piste.

Chaque bande mesure 1,80 m de largeur et deux bandes voisines sont séparées de 1,50 m. [3]

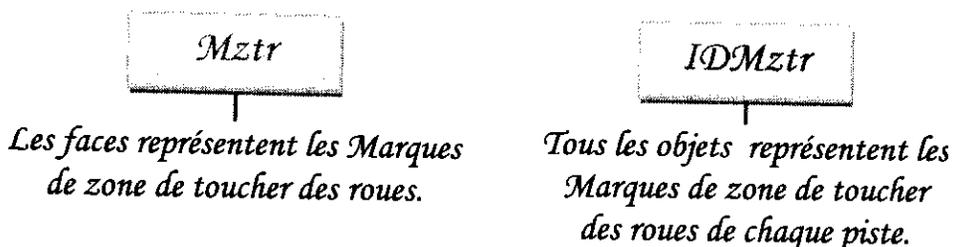


Figure 2.26 : Représentation hiérarchique des Marques de zone de toucher des roues.

Nous avons représenté les marques de zone de toucher des roues par un nœud objet qui porte le nom Mztr, si nous rencontrons une scène avec plusieurs pistes nous allons ajouter avec le nom **Mztr** le nom de la piste où ce trouve ce marquage ensuite nous allons regrouper tout les nœuds objet dans un seul nœud groupe qui aura pour nom **IDMztr**.

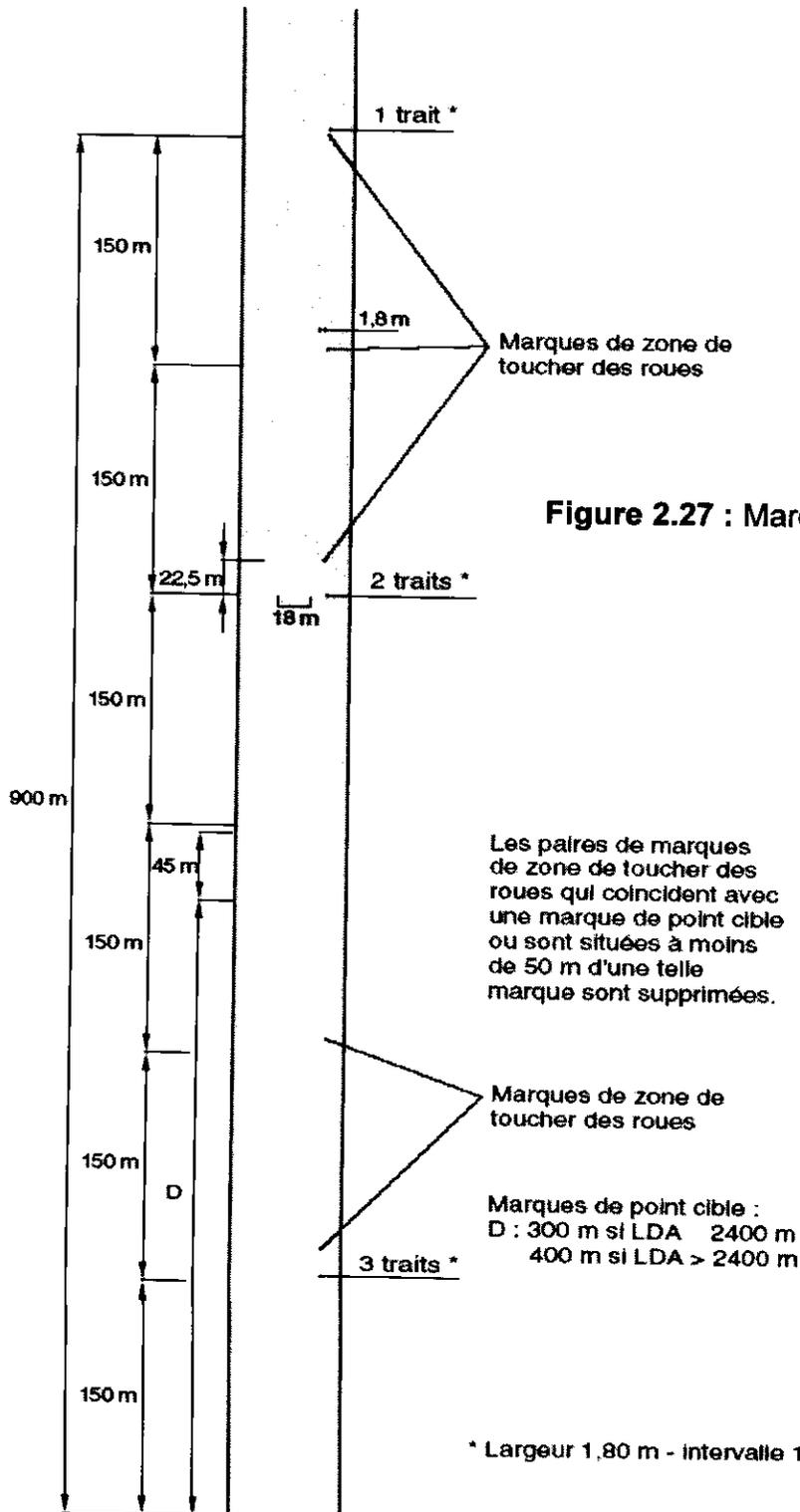


Figure 2.27 : Marques axiales de voies de relation.

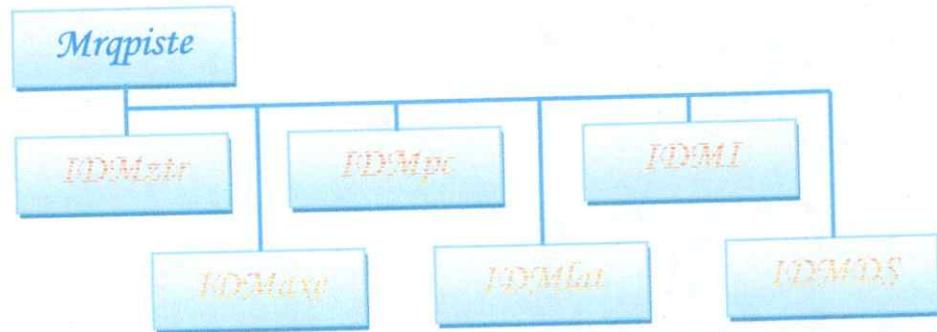


Figure 2.28 : Représentation hiérarchique des marques de piste.

Nous avons regroupé toutes les marques de piste par un nœud LOD qui porte le nom de **Mrqpiste**. Ce nœud LOD aura pour valeur de Switch in 5000, et 0 pour le Switch out.

i.1.2. Marques de voies de circulation :

i.1.2.1. Marques axiales : Toutes les voies de circulation des pistes doivent être dotées de marques d'axes. Une marque axiale de voie de circulation est constituée par une ligne d'une largeur minimale de 0,15 m.

Cette ligne est continue sauf lorsque :

- ✓ Elle coupe une marque de point d'arrêt, sur laquelle elle s'interrompt comme indiqué sur la figure 2.33.
- ✓ Elle aboutit sur une marque de seuil de piste, auquel cas elle s'interrompt à 3 m de la bande la plus excentrée de celle-ci comme indiqué sur la figure 2.29.

La marque axiale est apposée le long de l'axe de la voie de relation dans ses parties rectilignes. Dans les courbes, la marque axiale prolonge la ligne tracée en partie rectiligne, en demeurant à une distance constante du bord extérieur du virage.

A l'intersection d'une voie de circulation et d'une piste, la marque axiale de la voie de circulation est raccordée à celle de la piste et est prolongée parallèlement à celle-ci sur une distance de 30 m (pour les codes lettres A, B et C) ou de 60 m (pour les codes lettres D, E et F) au-delà du point de tangence, la distance entre axes des deux marques étant de 0,90 m. [3]

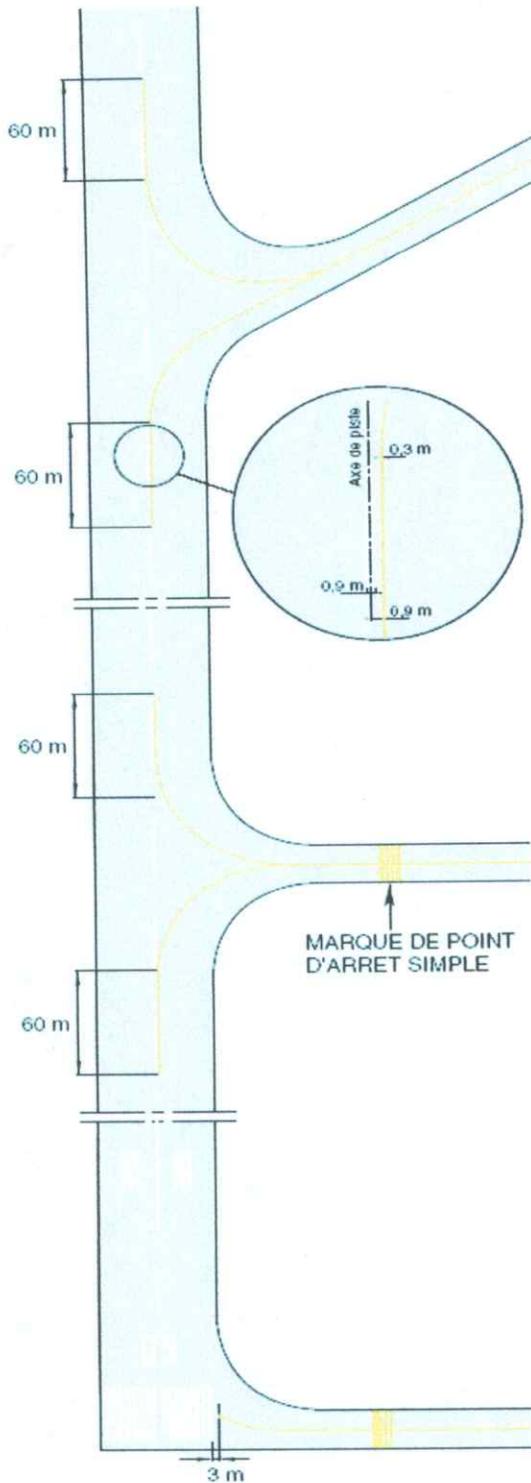


Figure 2.29 : Marques axiales de voies de circulation.

Maxevr(n)

Les faces
représentent les
Marques axiales

NDMaxevr

Tous les objets représentent
les Marques axiales de
chaque voie de circulation

Figure 2. 30: Représentation hiérarchique des marques axiales.

Nous avons représenté les marques axiales de chaque voie de relation par un nœud objet qui porte le nom **Maxevr (n)** (le n entre parenthèses représente le nom de la voie de circulation), ensuite nous avons regroupé tous les nœuds objet dans un seul nœud group qui aura pour nom **IDMaxevr**.

i.1.2.2. Marque d'intersection : Des marques d'intersection de voies de circulation doivent être apposées lorsque :

- ✓ Les caractéristiques de l'intersection sont telles qu'un pilote peut éprouver des difficultés à apprécier sa séparation latérale avec le trafic croise.
- ✓ Les impératifs du contrôle de circulation au sol conduisent à utiliser très souvent ces marques.
- ✓ Une des voies de relation est considérée comme prioritaire.

Placée perpendiculairement a l'axe de la voie de relation, a une distance de la voie sécante assurant la marge de sécurité nécessaire, une marque d'intersection est, comme indique sur la figure 2.31, constituée par une ligne simple discontinue, éléments ont une longueur de 0,90 m, une largeur de 0,30 m et sont espacés de 0,90 m. [3]

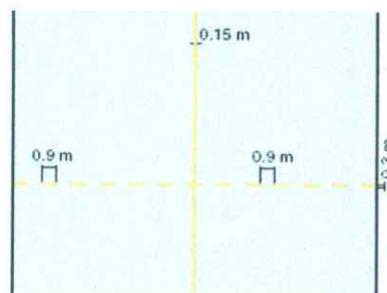


Figure 2.31: Marque d'intersection de voie de circulation.



Figure 2.32 : Représentation hiérarchique des Marques.

Nous avons représenté les marques d'intersection de chaque voie de relation par un nœud objet qui porte le nom **Mintvr (n)** (le n entre parenthèses représente le nom de la voie de relation), ensuite nous avons regroupé tous les nœuds objet dans un seul nœud group qui aura pour nom **IDMintvr**.

i.1.2.3. Marques de point d'arrêt: Des marques de point d'arrêt doivent être apposées sur les voies de relation a certains emplacements déterminés, au-delà desquels un aéronef ou un véhicule ne doit pas passer sauf a en avoir reçu l'autorisation de l'organisme de contrôle ou, en l'absence de contrôle, a avoir assure lui-même sa sécurité. Il existe deux types de marques de point d'arrêt. Le premier consiste en quatre bandes, disposées perpendiculairement a l'axe de la voie de circulation, larges de 0,15 m et espacées de 0,15 m ; comme indique sur la figure 2.33, deux de ces quatre bandes sont continues et les deux autres sont constituées d'éléments de 0,90 m de longueur espaces de 0,90 m.

[3]

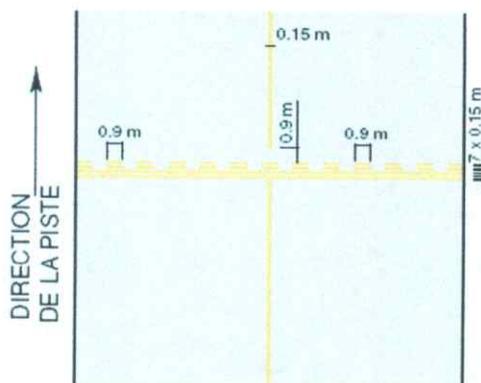


Figure 2.33 : Marque de point d'arrêt simple.

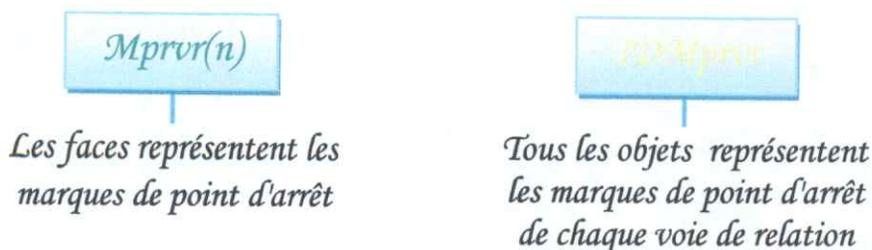


Figure 2. 34: Représentation hiérarchique des marques de point d'arrêt.

Nous avons représenté les marques d'intersection de chaque voie de relation par un nœud objet qui porte le nom **Mprvr (n)** (le n entre parenthèses représente le nom de la voie de relation), ensuite nous avons regroupé tous les nœuds objet dans un seul nœud group qui aura pour nom **IDMprvr**.

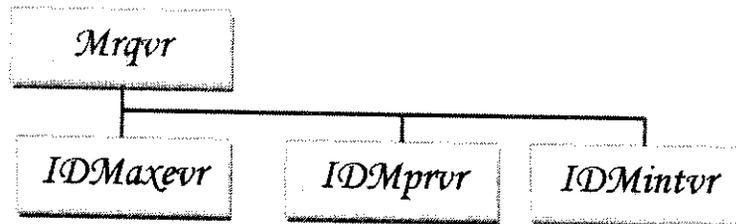


Figure 2.35 : Représentation hiérarchique des marques de voies de relation.

Nous avons regroupé toutes les marques des voies de relation par un nœud LOD qui porte le nom de **Mrqvr**.

Ce nœud LOD aura pour valeur de Switch in 3500, et 0 pour le Switch out.

- ii. Balisage lumineux : Le balisage lumineux permet de reconstituer artificiellement les références visuelles minimales nécessaires aux manœuvres d'approche, d'atterrissage, de circulation au sol et de décollage.

Les dispositifs de **balisage lumineux de la piste** comportent :

- ✓ **Le balisage de bord de piste** constitue par des feux de couleur blanche. Ça représentation dans la hiérarchie aura la forme suivante :

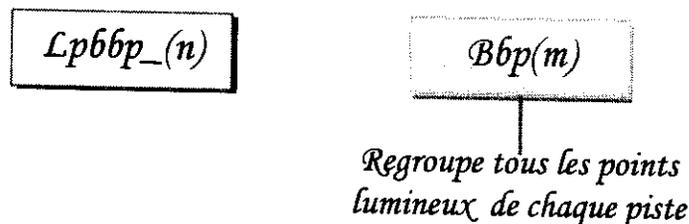


Figure 2.36 : Représentation hiérarchique du balisage de bord de piste.

Chaque balise sera représentée par un nœud point lumineux blanc bidirectionnel qui aura pour nom **Lpbbp_(n)**(le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux). Ensuite en regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé **Bpb(m)** (le m

entre parenthèses représente le nom de la piste qui contient ce balisage).

- ✓ **Le balisage d'extrémité de piste** constitue par des feux de couleur rouge. Ça représentation dans la hiérarchie aura la forme suivante :

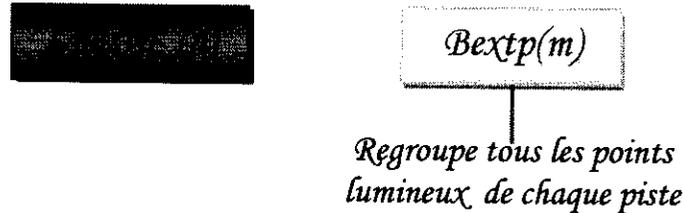


Figure 2.37 : Représentation hiérarchique du balisage d'extrémité de piste.

Chaque balise sera représentée par un nœud point lumineux rouge unidirectionnel qui aura pour nom $Lpextp(n)$ (le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux).

Ensuite en regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé $Bextp(m)$ (le m entre parenthèses représente le nom de la piste qui contient ce balisage).

- ✓ **Le balisage de seuil de piste** constitue par des feux de couleur verte.

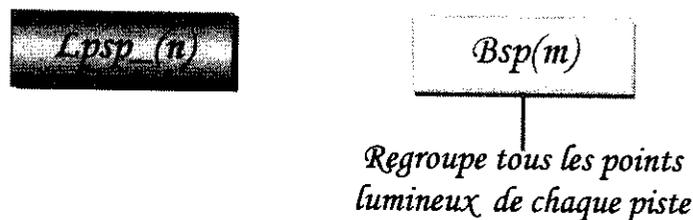


Figure 2.38 : Représentation hiérarchique du balisage de seuil de piste.

Chaque balise sera représentée par un nœud point lumineux vert unidirectionnel qui aura pour nom $Lpsp(n)$ (le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux).

Ensuite en regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé $Bsp(m)$ (le m entre parenthèses représente le nom de la piste qui contient ce balisage).

- ✓ **Le balisage d'axe de piste** constitue par des feux espaces de 15 m. Ils sont de couleur blanche a partir du seuil amont jusqu'a un point situe a 900m de l'extrémité aval au delà duquel ils alternent avec des

feux de couleur rouge jusqu'à un point situe a 300 m de l'extrémité aval a partir duquel ils sont de couleur rouge.

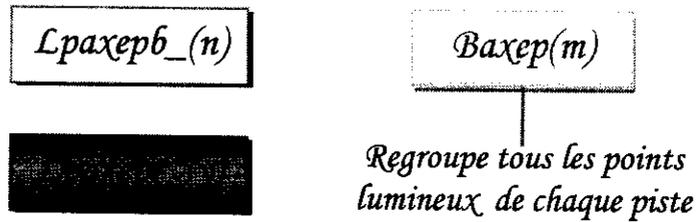


Figure 2.39 : Représentation hiérarchique du balisage d'axe de piste.

Chaque balise de lumière blanche sera représentée par un nœud point lumineux blanc bidirectionnel qui aura pour nom **Lpspb_(n)** (le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux).

Chaque balise de lumière rouge sera représentée par un nœud point lumineux rouge unidirectionnel qui aura pour nom **Lpspr_(y)** (le y c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux).

Ensuite on regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé **Bsp(m)** (le m entre parenthèses représente le nom de la piste qui contient ce balisage).

- ✓ **Le balisage des zones de toucher de roues** constitue par des barrettes de couleur blanche.

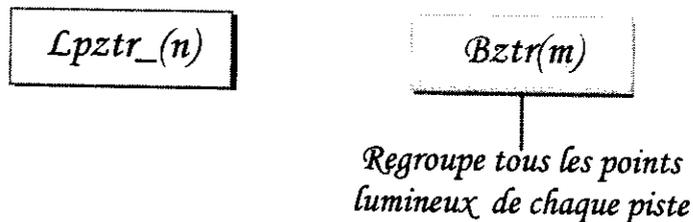


Figure 2.40 : Représentation hiérarchique du balisage des zones de toucher de roues.

Chaque balise sera représentée par un nœud point lumineux blanc bidirectionnel qui aura pour nom **Lpztr_(n)** (le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux).

Ensuite en regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé **Bztr(m)** (le m entre parenthèses représente le nom de la piste qui contient ce balisage).

- ✓ **Le balisage de prolongement d'arrêt** destine a être utilise de nuit est constitue par des feux unidirectionnels fixes, visibles en rouge dans le sens d'utilisation, dispose latéralement dans l'alignement des feux de bords de piste et en extrémité perpendiculairement a son axe (les indications données par la figure 2.45 quant a l'emplacement et l'espacement des feux de bords et d'extrémité de piste s'appliquent a ceux de prolongement d'arrêt).

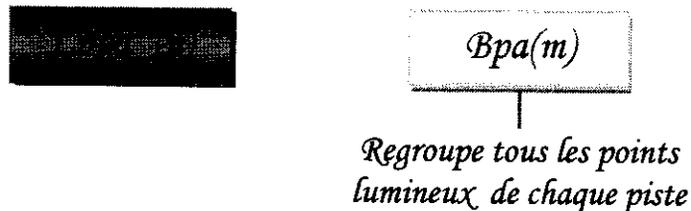


Figure 2.41 : Représentation hiérarchique du balisage de prolongement d'arrêt.

Chaque balise sera représentée par un nœud point lumineux rouge unidirectionnel qui aura pour nom **Lppa_(n)** (le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux).

Ensuite en regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé **Bpa(m)** (le m entre parenthèses représente le nom de la piste qui contient ce balisage).

- ✓ **Le dispositif lumineux d'approche** constitué par une ligne de feux ou de barrettes de couleur blanche prolongeant l'axe de piste et de barres transversales également équipées de feux de couleur blanche.

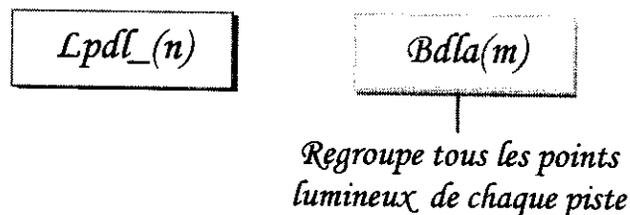


Figure 2.42 : Représentation hiérarchique du dispositif lumineux d'approche.

Chaque balise sera représentée par un nœud point lumineux blanc bidirectionnel qui aura pour nom **Lppa_(n)** (le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux). Ensuite en regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé **Bdla(m)** (le m

entre parenthèses représente le nom de la piste qui contient ce balisage).

- ✓ **Le balisage lumineux des voies de circulation** constitué de feux de couleur bleue.

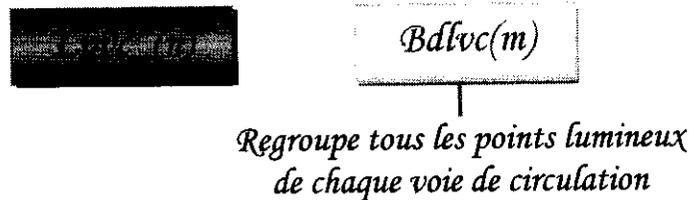


Figure 2.43 : Représentation hiérarchique du balisage lumineux des voies de circulation.

Chaque balise sera représentée par un nœud point lumineux bleu bidirectionnel qui aura pour nom **Lpvc_(n)** (le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux).

Ensuite en regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé **Bdla(m)** (le m entre parenthèses représente le nom de la voie de circulation qui contient ce balisage).

- ✓ **Le balisage lumineux des parkings** constitué de feux de couleur bleue.

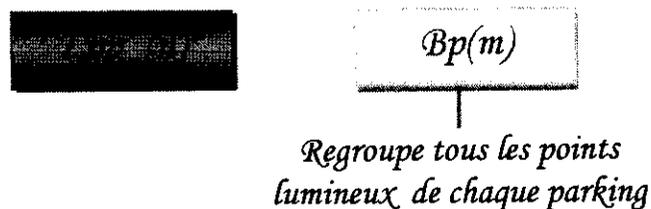


Figure 2.44 : Représentation hiérarchique du balisage lumineux des parkings.

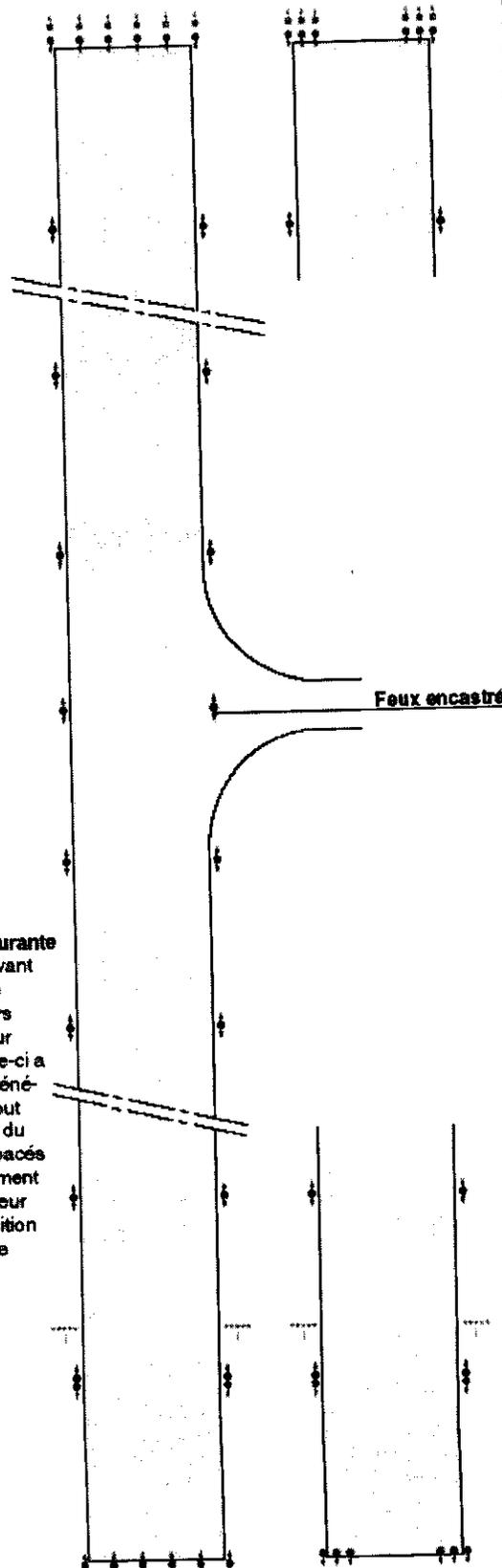
Chaque balise sera représentée par un nœud point lumineux bleu bidirectionnel qui aura pour nom **Lpp_(n)** (le n c'est un numéro séquentiel donné pour chaque point lumineux).

Ensuite en regroupe les nœuds point lumineux dans un seul Switch appelé **Bp(m)** (le m entre parenthèses représente le nom du parking qui contient ce balisage). La figure 2.45 rassemble les éléments ci-dessus dans la configuration minimale correspondant à une piste utilisable dans des

conditions de vol a vue de nuit ou offrant au mieux des conditions d'approche classique aux instruments.

Seuil en extrémité de piste
 - feux de couleur verte destinés à être vus dans le sens de l'approche et couplés avec les feux d'extrémités de piste.

Extrémité de piste
 - feux de couleur rouge éclairant en direction de la piste,
 - au moins au nombre de 6, ces feux sont disposés perpendiculairement à l'axe de la piste et à 3 m au plus au delà de son extrémité selon deux configurations possibles :
 - à intervalles réguliers de l'une à l'autre des deux lignes de balisage de bords de piste,
 - répartis en deux groupes espacés régulièrement de part et d'autre d'une porte de longueur égale à la moitié de la distance séparant les deux rangées de feux de bord de piste.



Bords de piste en section courante
 - feux de couleur blanche (pouvant être remplacés par des feux de couleur jaune sur le dernier tiers de la longueur de la piste ou sur ses 600 derniers mètres si celle-ci a plus de 1800 m de longueur) généralement alignés à 1,5 m (en tout état de cause à moins de 3 m) du bord de piste et également espacés de moins de 60 m (leur écartement uniforme est dicté par la longueur de la piste ainsi que par la position des raccordements de voies de relation ou celle éventuelle de seuils décalés).

Bords de piste en amont d'un seuil décalé
 - feux de couleur rouge vus du côté de l'approche.

Seuil décalé
 - la configuration d'extrémité de piste est naturellement adaptable ; les feux disposés alors sur le seuil décalé doivent toutefois être encastrés de manière à préserver l'utilisation au décollage de la partie de la piste située en amont du dit seuil décalé,
 - en dispositif simplifié utilisant des balises non encastrées, la configuration normale, utilisée en extrémité de piste, étant alors remplacée, au droit d'un seuil décalé, par deux barres de flanc composées chacune de 5 feux répartis perpendiculairement à l'axe de la piste sur au moins 10 m à partir de l'alignement du balisage de bord de piste.

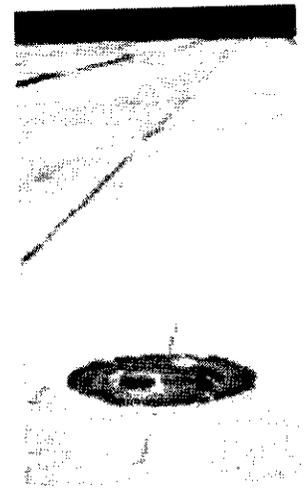


Figure 2.45 : Balisage lumineux minimal d'une piste utilisable dans des conditions de vol à vue de nuit.

ii.1. Aérodromes non équipés pour l'approche aux instruments : Le but du dispositif est de fournir au pilote les informations visuelles complémentaires (localisation et délimitation de la piste) nécessaires à la conduite des évolutions, des manœuvres d'approche et d'atterrissage effectuées de nuit par conditions de bonne visibilité. Tel qu'il est schématisé sur la figure 3-83, le **balisage lumineux BI**, dont doit au moins être équipée une piste utilisable dans des **conditions d'exploitation de vol à vue de nuit**, comprend :

- ✓ Un **balisage de bord de piste** symétrique dont les feux blancs, généralement alignés à 1,50 m du bord de la piste et en tout état de cause à moins de 3,00 m de celui-ci, sont également espacés de moins de 60 m.
- ✓ Un **balisage d'extrémité de piste** comprenant au moins 6 feux rouges directionnels disposés perpendiculairement à l'axe de la piste et à 3,00 m au plus au-delà de son extrémité et ce selon deux configurations possibles :
 - À intervalles réguliers de l'une à l'autre des deux lignes de balisage de bord de piste.
 - Répartis en deux groupes espacés régulièrement de part et d'autre d'une porte de largeur égale à la moitié de la distance séparant les deux lignes de feux de bord de piste.
- ✓ Un **balisage de seuil de piste** dont les 6 feux verts directionnels sont associés à ceux du balisage d'extrémité de piste lorsque seuil et extrémité sont confondus; en cas de **seuil décalé**, le même schéma reste possible pour les feux de seuil mais implique que les feux soient encastres de manière à préserver l'utilisation du **tiroir** (la configuration ménageant une porte peut être considérée comme étant alors adaptée*) ; un dispositif simplifié consiste à remplacer les balises de seuil encastres par deux barres de flanc composées chacune de 5 feux répartis perpendiculairement à l'axe de la piste sur au moins 10 m à partir de chaque alignement du balisage de

bord de piste ; deux feux a éclats simultanés peuvent encore encadrer et renforcer le balisage de seuil de piste.

S'agissant d'une configuration minimale, aucune règle n'est énoncée ci-dessus qui concernerait le **balisage lumineux des voies de circulation**.

Leurs représentation hiérarchique sera la même que la représentation des balises précédente.

Tous les balisages lumineux seront regroupés dans un seul noeud group nommé balisage :

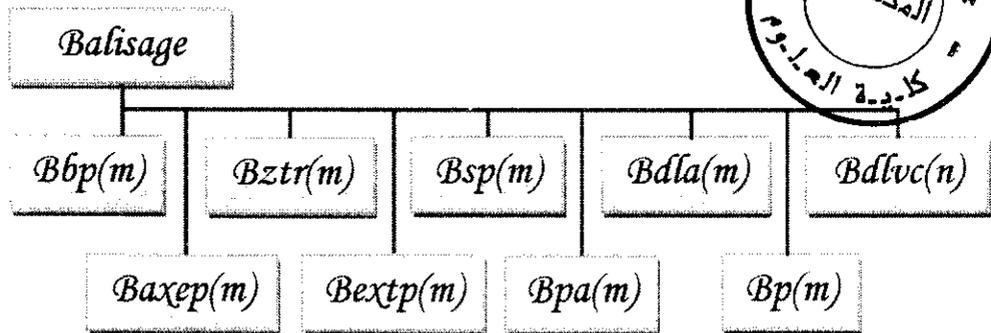


Figure 2.46 : Représentation hiérarchique du balisage lumineux.

b.2.2. Indicateurs visuels de pente d'approche : La fonction des indicateurs visuels de pente d'approche est de fournir une aide visuelle au pilote dont l'appareil est en approche finale. Ils lui permettent de savoir si sa trajectoire est dans un plan de descente plus ou moins pentu que celui qui est considéré comme nominal.

La trajectoire nominale est l'une des trajectoires possibles des aéronefs, qui est prise comme référence. Elle n'est définie que là où l'organisation de la navigation des aéronefs le nécessite. Les éléments de cette organisation sont alors conçus pour que les aéronefs suivent cette trajectoire nominale. L'implantation d'indicateurs visuels de pente d'approche est nécessaire lorsque les conditions particulières d'environnement rendent, pour le pilote, ou bien difficile le contrôle visuel de sa pente d'approche (survol d'un plan d'eau ou d'un terrain sans source lumineuse de nuit), ou bien dangereux un écart vertical inhabituel par rapport au plan nominal de descente.

Normalisé par l'O.A.C.I, le dispositif P.A.P.I. (Precision Approach Path Indicator) a fait l'objet de la part du Ministère des Transports d'une instruction relative a son implantation et son installation sur les aérodromes.

Le système A.P.A.P.I. (Precision Approach Path Indicator) est une version simplifiée du P.A.P.I., a laquelle il ne peut être recouru que si l'implantation d'un P.A.P.I. est physiquement impossible. Ces deux dispositifs sont les seuls indicateurs visuels de pente d'approche que l'on installe désormais sur les aérodromes français. Le système V.A.S.I.S (Visual Approach Slope Indicator System) auquel se substitue totalement aujourd'hui le système P.A.P.I n'est pour cette raison pas traite dans la présente instruction.

L'alignement des quatre éléments lumineux du dispositif P.A.P.I est place à une distance du seuil de piste déterminée comme indique précédemment. Cet alignement est perpendiculaire a l'axe d'approche et il est horizontal. Il peut être nécessaire d'effectuer des terrassements si le profil en travers l'y oblige.

L'axe de l'élément lumineux le plus proche de la piste est situé a 15 mètres (± 1 m) du bord de celle-ci. Les axes des différents éléments lumineux sont distants de 9 mètres (± 1 m). Ces distances sont respectivement de 10 mètres et 6 mètres dans le cas d'un A.P.A.P.I. [3]

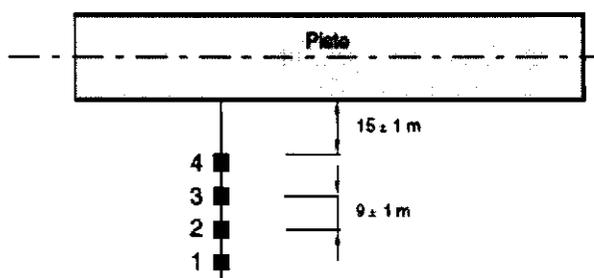


Figure 2.47 : Ensemble P.A.P.I.



Figure 2.48 : Photo d'un P.A.P.I.

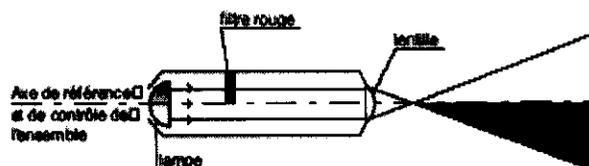


Figure 2.49 : Schéma d'une unité lumineuse.

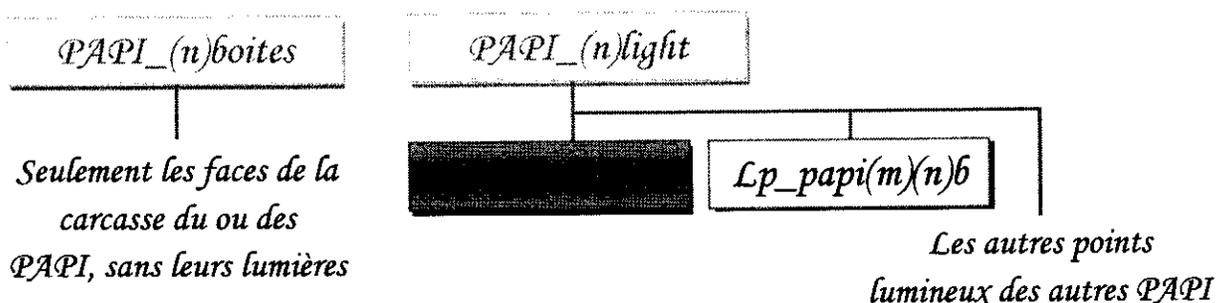


Figure 2. 50: Représentation hiérarchique du P.A.P.I.

La structure du P.A.P.I est mise dans un seul objet.

On peut faire chaque P.A.P.I a part et lui affecté un numéro qui le référence ou simplement mettre tout les P.A.P.I d'une piste dans un seul objet.

Les lumières du P.A.P.I seront dans un autre nœud objet qui porte le nom de **PAPI_(n)light**.

Pour chaque P.A.P.I on a représenté ces lumières par deux nœuds de type point lumineux unidirectionnel une avec une lumière rouge et qui port le nom de la forme **lp_papi(m)(n)r**, et l'autre avec une lumière blanche qui porte un nom de la forme **lp_papi(m)(n)b** où m représente un numéro séquentiel du PAPI et n le numéro séquentiel du groupe des P.A.P.I.

Il est préférable de donner un numéro semblable pour la structure du P.A.P.I a et a ces points lumineux par exemple.

Si ont met la structure dans le nœud objet **PAPI_01boites** ces points lumineux seront dans le nœud objet qui porte le nom **PAPI_01light**.

La lettre n qui est entre parenthèses représente un numéro séquentiel attribuer aux P.A.P.I, car ont peut avoir plusieurs P.A.P.I ou plusieurs groupes de P.A.P.I dans une plateforme aéroportuaire.

b.2.3. Aides Radioélectriques : Ils sont des dispositifs utilises pour permettre aux aéronefs d'exécuter des approches finales dites de précision. Sont traitées ensuite les autres aides radioélectriques, qui permettent notamment, dans des conditions de vol aux instruments, le ralliement de

l'aérodrome et le début de la procédure d'approche, que celle-ci soit ou non de précision.

i. Le V.O.R. : Le système V.O.R. (V.H.F. Omnidirectionnel Range) a pour vocation de fournir aux pilotes, qui volent avec un plan de vol I.F.R., des signaux radioélectriques leur permettant de maintenir leur aéronef sur sa route, de rallier l'aérodrome de destination, et d'exécuter le début de la procédure d'approche. Les V.O.R. utilisés pour le ralliement et la procédure d'approche d'un aérodrome sont installés à l'intérieur de son emprise, ou à proximité.

Les V.O.R. qui balisent les itinéraires en route sont installés en pleine campagne, sur des sites choisis pour leur situation par rapport aux itinéraires à baliser et leur aptitude à la diffusion d'ondes radioélectriques. [3]

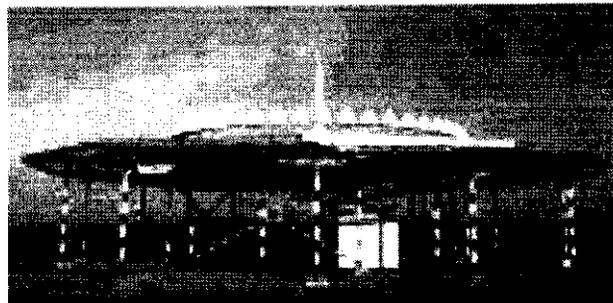


Figure 2.51 : Photo de V.O.R.

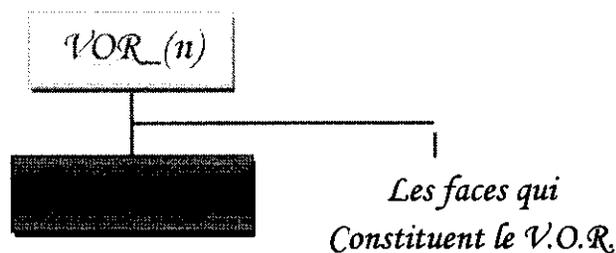


Figure 2.52 : Représentation hiérarchique du V.O.R.

V.O.R. est représenté en un nœud objet qui porte le nom **VOR_(n)**, ce nœud a pour fils :

Un nœud point lumineux qui porte le nom de **Lp_vor(n)** et qui a pour propriété une lumière rouge omnidirectionnelle.

La lettre n entre parenthèses représente un numéro séquentiel donnée aux V.O.R. pour les différencier entre eux.

ii. L'I.L.S. : Le système d'approche aux instruments I.L.S (Instrument Landing System) est presque le seul à être aujourd'hui utilisé par les aéronefs qui exécutent des approches finales de précision. Ultérieurement, un dispositif utilisant des informations satellitaires sera vraisemblablement développé.

Le système I.L.S est constitué par un ensemble d'émetteurs radioélectriques, qui émet dans la direction de la trajectoire d'approche finale. Le signal radioélectrique émis n'est pas le même dans toutes les directions, il est une fonction de l'azimut et du site de la direction d'émission.

L'aéronef en approche est équipé d'un récepteur qui analyse le signal reçu et en déduit l'azimut et le site de sa position par rapport à ceux de la trajectoire nominale d'approche finale. Le dispositif comprend aussi un système donnant au pilote une indication de distance à parcourir jusqu'à la piste. [3]



Figure 2.53 : Photo de l'I.L.S.

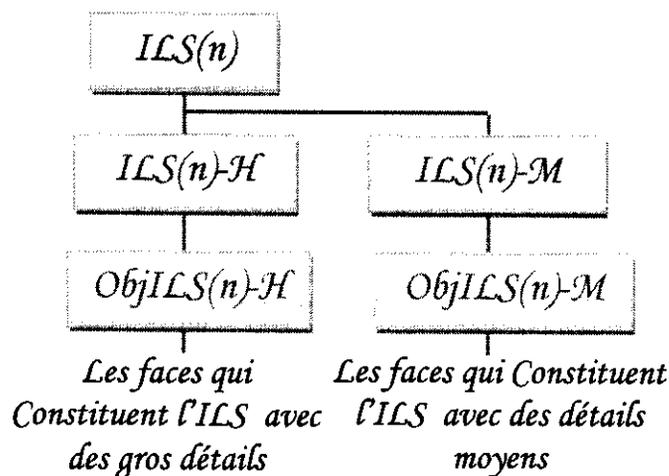


Figure 2.54 : représentation hiérarchique de l'I.L.S.

Nous avons représenté l'ILS en un nœud groupe qui a pour nom ILS(n) et qui a pour fils :

- ✓ ILS(n)-H entre 0 et 800 mètres exclus il représente le niveau de détail le plus élevé.
- ✓ ILS(n)-M entre 800 et 4000 mètres il définit un niveau de détail moyen avec moins des aces à représenter par rapport au précédent.

La lettre n qui est entre parenthèses représente un numéro séquentiel attribué a l'ILS, car on peut avoir plusieurs ILS dans une plateforme aéroportuaire.

Notre hiérarchie globale (avec 2 niveaux hiérarchiques) des données aéronautiques aura comme forme le schéma suivant :

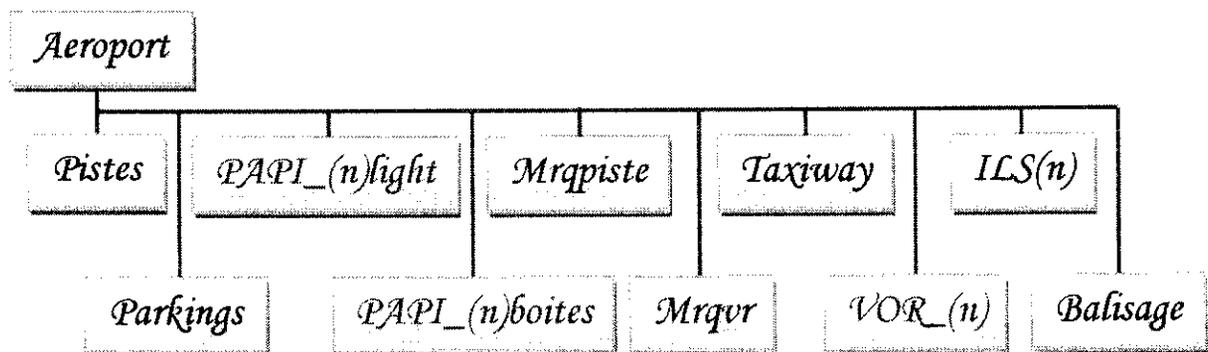


Figure 2.55 : Représentation hiérarchique des données aéronautique.

3. **Les bâtiments** : Ont distingue deux catégories de bâtiments :

- ✓ Les bâtiments de l'aéroport qui sont présents en son sein.
- ✓ Les bâtiments civils qui constituent aussi le paysage de la ville où se situe l'aéroport.

a. **Les bâtiments de l'aéroport** :

a.1. **L'aérogare** : L'aérogare est l'ensemble des bâtiments par lesquels transitent les passagers et leurs bagages, où sont également situés : les guichets des compagnies aériennes, les services administratifs de l'aéroport, les services de douane ainsi que les services de sécurité. Selon la taille de l'aérogare, on peut aussi y trouver une zone de vente détaxée, des bars et restaurants.

Du fait que chaque aérogare a ces spécifications on va le représenté come suit :

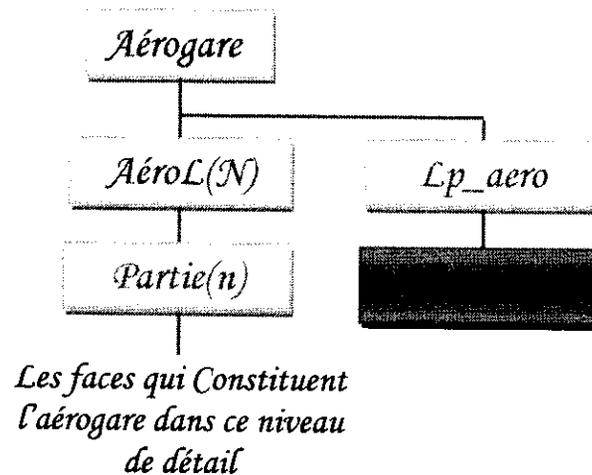


Figure 2.56 : Représentation hiérarchique de l'aérogare.

L'aérogare sera représenté par un nœud groupe nommé **Aérogare** qui aura pour fils :

- ✓ Des nœuds de type niveaux de détail avec chacun aura pour nom **AéroL(N)** (le N entre parenthèses représente un numéro séquentiel pour chaque niveau de détail allant du niveau le plus bas vers le niveau le plus haut).
- ✓ Un nœud objet qui porte le nom **Lp_aero** et qui a pour fils les points lumineux rouges omnidirectionnelles qui vont porter le nom **Lp_aero(m)** avec m le numéro séquentiel du point lumineux.

a.2. Les tours de contrôle : Tours de contrôle et vigies ne représentent pas tout à fait la même chose : il convient de définir ces entités.

On appelle vigie le local dans lequel se trouve l'agent chargé du contrôle d'aérodrome.

L'agent pourra n'effectuer que l'information de vol ou même simplement diffuser les paramètres météorologiques. Par commodité, on le désignera sous le nom de contrôleur.

Le support est une construction, habitable ou non, au sommet de laquelle est placée la vigie. Lorsqu'il est indépendant on l'appelle le fût.

La tour de contrôle est, ne serait-ce que par sa hauteur, le bâtiment le plus caractéristique sur un aérodrome. Elle est facilement reconnaissable,

même intégrée à un bloc technique ou à l'aérogare. La structure et la fonction de ce bâtiment lui confèrent une image de sceptre de l'aéroport.

[4]



Figure 2.57 : Photo d'une tour de contrôle.

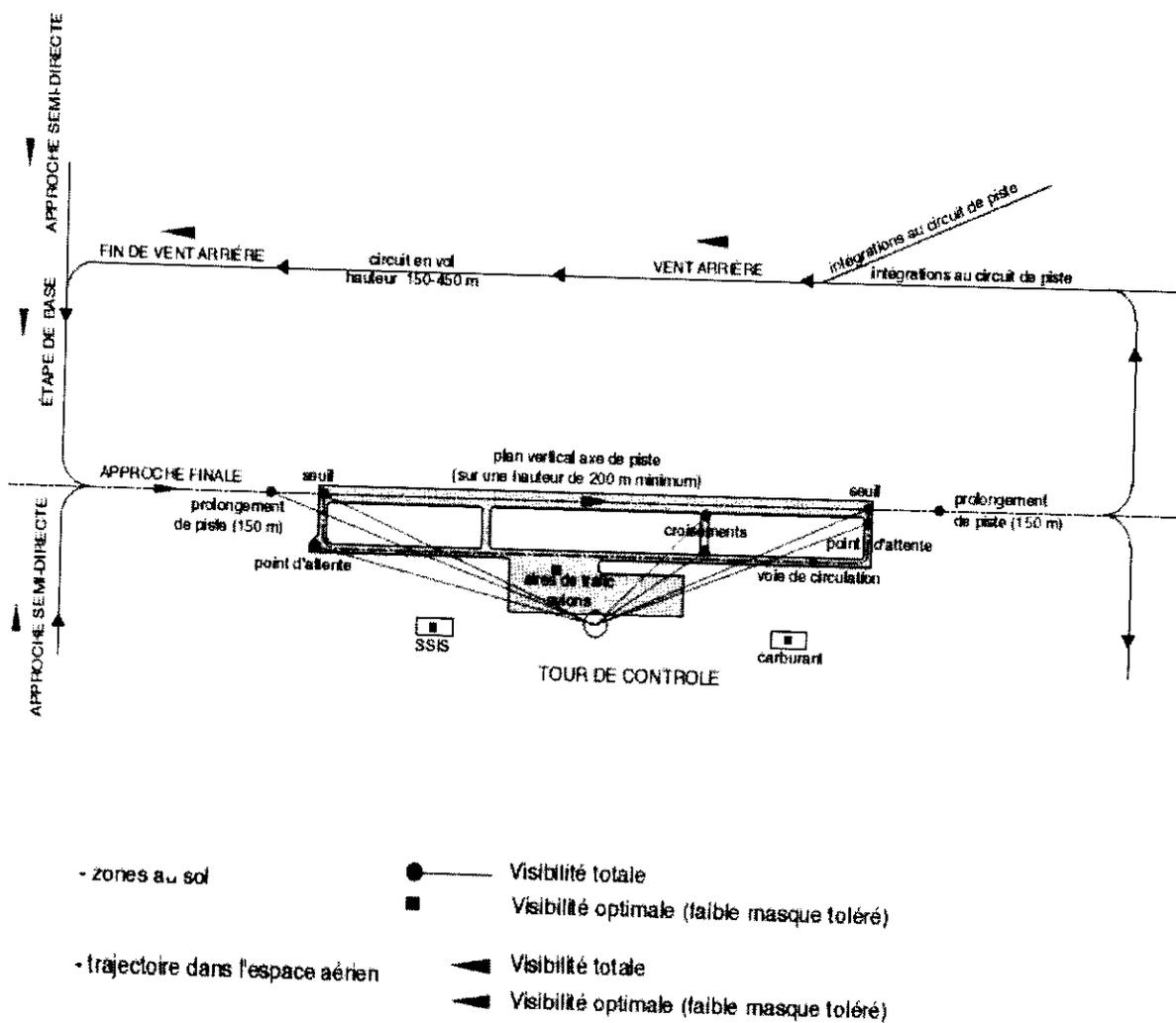


Figure 2.58 : Plan des zones et trajectoires à voir depuis la tour de contrôle.

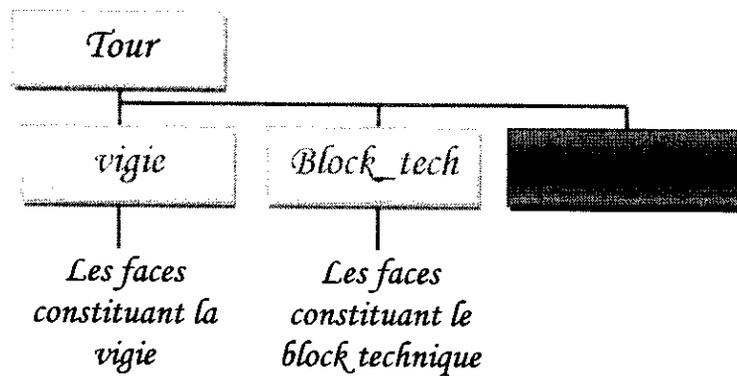


Figure 2.59 : Représentation hiérarchique de la tour de contrôle.

La Tour est représentée par un nœud groupe qui comporte les fils suivants :

- ✓ La Vigie est représenté par un nœud objet qui porte le nom **vigie** et qui à comme descendances des faces qui constituent la vigie ;
- ✓ Le block technique ou la structure sur la quelle ce trouve la Vigie est représenté par un nœud objet qui porte le nom **Block_tech**, ce nœud contient les faces qui constituent la structure ;
- ✓ Un point lumineux de type omnidirectionnel appelé **Lp_tour**.

a.3. Les Passerelles : Les passerelles de liaison aéroport-avions pour passagers constituent un mode de desserte des aéronefs de plus en plus répandu dans les aéroports.

a.3.1. Les différents types de passerelles :

i. **Les passerelles semi-fixes (ou à piédestal) :** Le déplacement principal de la passerelle est vertical sur un piédestal fixe.

Un déplacement secondaire horizontal, de la partie terminale, permet l'accostage aux avions.

Par principe, c'est donc l'avion qui vient se positionner à proximité de la passerelle.

Le type le plus répandu est la passerelle semi-fixe non télescopique :

- ✓ La galerie principale est parallèle à l'axe de l'avion.
- ✓ La partie terminale est perpendiculaire à celui-ci.

Suivant les types, elles ont une ou deux têtes d'accostage. [5]

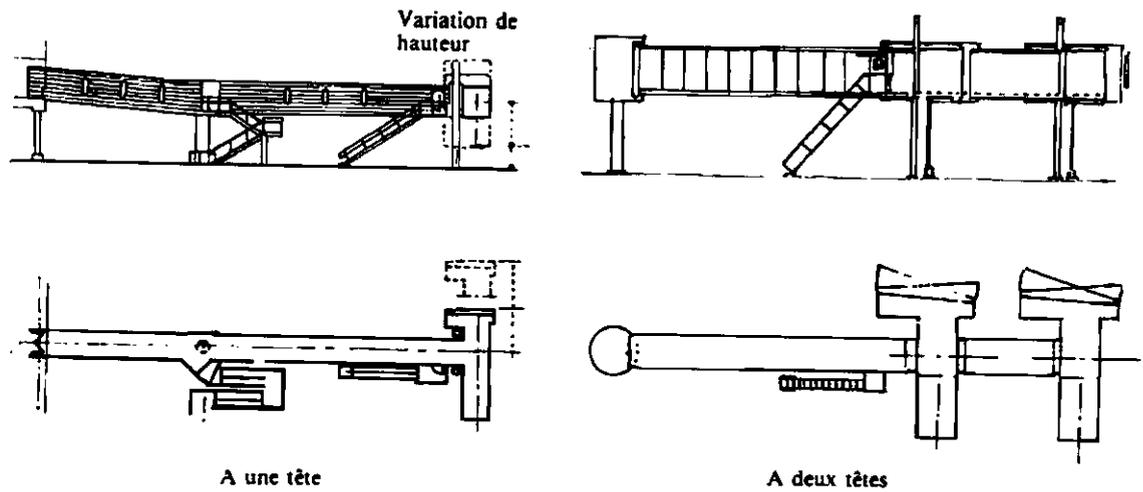


Figure 2.60 : Les passerelles semi-fixes.

ii. Les passerelles mobiles : Le déplacement est omnidirectionnel sur un train de roulement mobile. Par principe, c'est donc la passerelle qui vient se placer au contact de l'avion.

Généralement la galerie comporte des éléments télescopiques permettant d'adapter la passerelle suivant le positionnement de l'avion, la passerelle est alors dite mobile télescopique. [5]

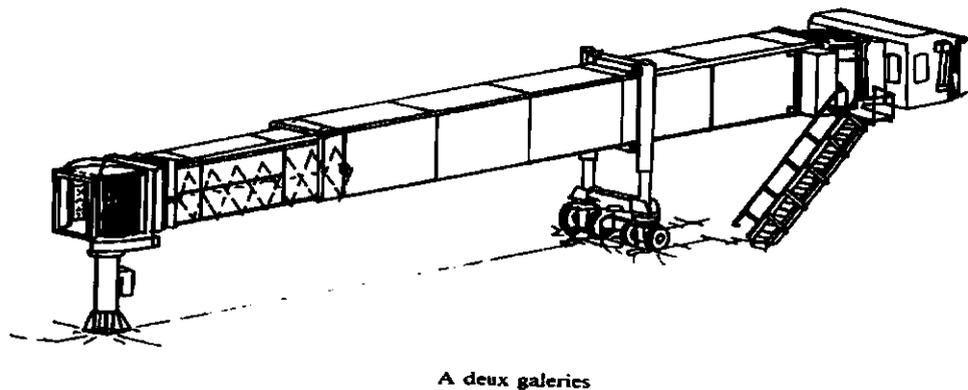


Figure 2.61 : Passerelle mobile a deux galeries.

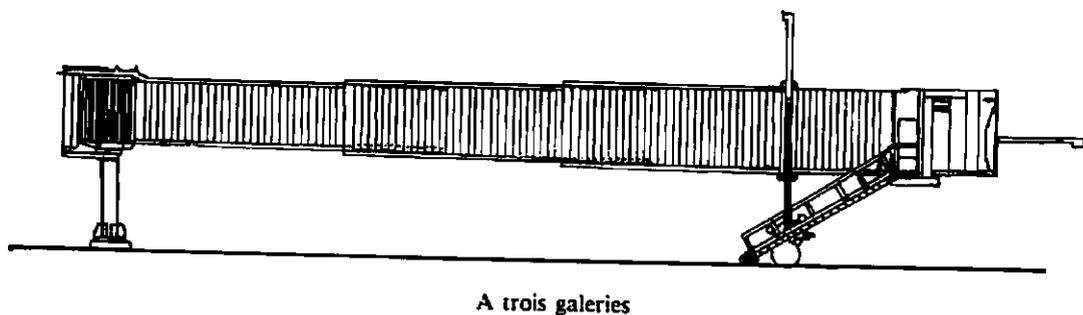
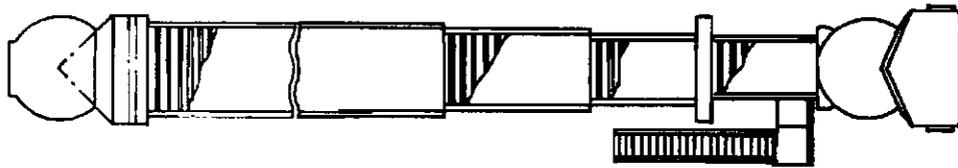


Figure 2.62 : Passerelle mobile a trois galeries.

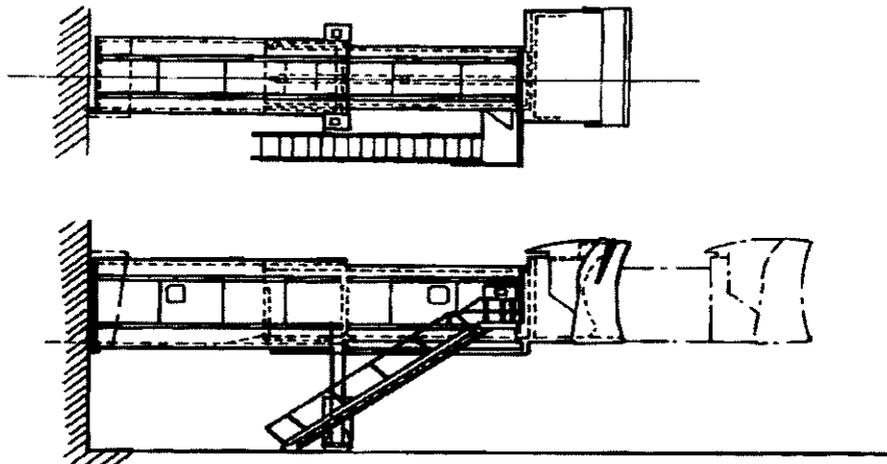


A quatre galeries

Figure 2.63 : Passerelle mobile a quatre galerie.

iii. Les passerelles particulières : Il existe d'autres types dérivés des deux catégories principales répondant à des conditions particulières d'utilisation ou d'exploitation. Nous en citerons trois exemples :

iii.1. La passerelle semi-fixe télescopique : Les déplacement horizontal se fait grâce à une galerie télescopique, perpendiculaire à l'avion. [5]

**Figure 2.64 :** passerelle semi-fixe télescopique .

iii.2. La passerelle radiale : C'est une passerelle mobile dont le train de roulement se déplace sur un arc de cercle. Elle peut être :

- ✓ Non télescopique : la galerie est composée d'un seul élément de longueur constante.
- ✓ Télescopique : la galerie comporte des éléments télescopiques permettant de faire varier la distance entre l'essieu et l'avion. [5]

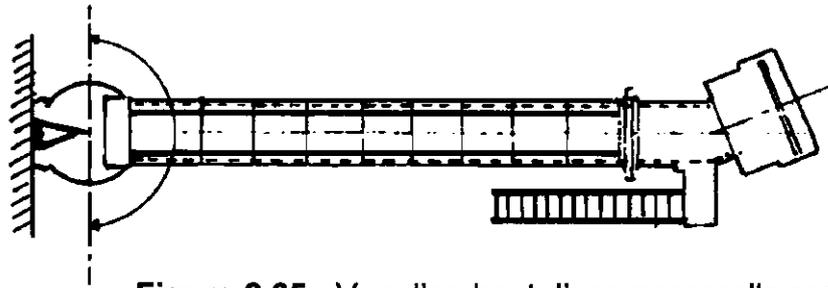


Figure 2.65 : Vue d'en haut d'une passerelle radiale.

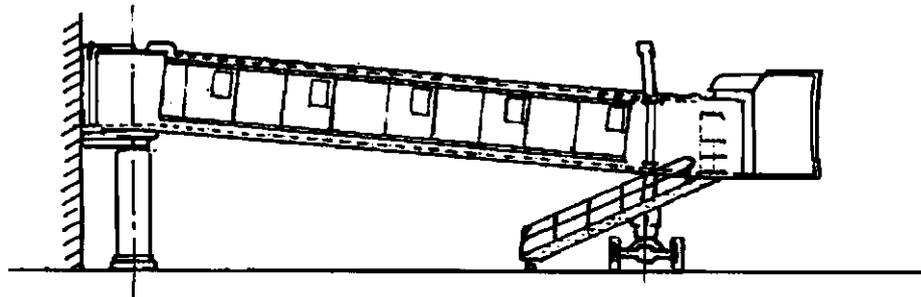


Figure 2.66 : Vue d'en face d'une passerelle radiale.

iii.3. La passerelle « au-dessus de l'aile » : C'est une passerelle semi-fixe et télescopique, dont la partie télescopique est en porte-à-faux au-dessus de l'aile de certains gros-porteurs pour atteindre la porte arrière, dans la configuration de stationnement « nez dedans ». [5]

a.3.2. Les principales parties constitutives des passerelles : Sans entrer dans le détail technique des nombreux types de passerelles, se rattachant aux grands types définis précédemment, il sera tout d'abord indiqué les principaux éléments dont est constituée une passerelle semi-fixe puis ceux spécifiques d'une passerelle mobile. [5]

i. Éléments particuliers d'une passerelle semi-fixe :

i.1. Antichambre ou cadre : C'est la partie fixe qui assure le raccordement de la passerelle, soumise aux efforts et charges d'exploitation, au bâtiment de l'aérogare ou à la pré-passerelle.

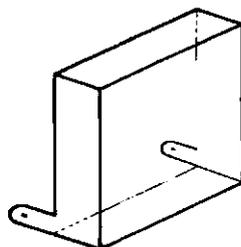


Figure 2.67 : Antichambre.

i.2. Galeries : On distingue :

- ✓ La galerie principale, de longueur constante, située entre l'antichambre et le piédestal.
- ✓ La galerie secondaire, se déplaçant perpendiculairement à l'avion et située entre le piédestal et la tête d'accostage. [5]

Suivant le cas, cette galerie secondaire est perpendiculaire à la galerie principale ou forme un ensemble télescopique avec celle-ci.

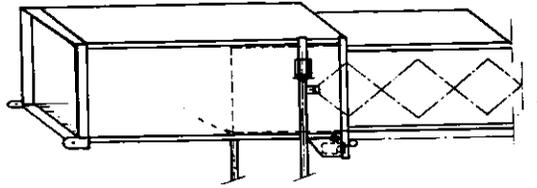


Figure 2.68 : Galerie.

i.3. Piédestal ou portique élévateur : Les piédestaux sont les supports des extrémités des galeries principales. Ils sont munis de systèmes élévateurs, le plus souvent hydrauliques. [5]

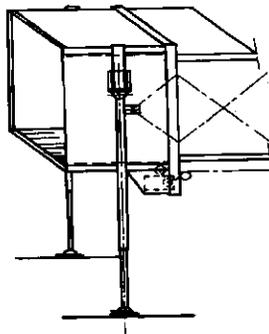


Figure 2.69 : Piédestal.

i.4. Cabinet ou tête d'accostage : De conception simplifiée par rapport à celle équipant l'extrémité de la galerie d'une passerelle mobile, cette cabine est fixe en rotation.

Le besoin de déplacement angulaire s'effectue par des secteurs angulaires situés à droite et à gauche de la cabine.

En revanche, les caractéristiques d'extrémité de la cabine et le système d'isonivelage permettant de maintenir un écart constant entre les planchers de la cabine et de l'avion, sont identiques pour les deux types de passerelles.

Un bourrelet contact en caoutchouc fixé à l'extrémité du plancher de la cabine et un contacteur d'arrêt automatique évitant d'endommager le fuselage .

La cabine est complétée par un auvent flexible et des rideaux souple latéraux qui s'ajustent parfaitement au fuselage des avions. [5]

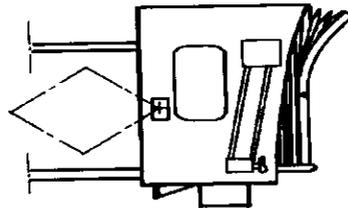


Figure 2.70 : Cabinet.

ii. Elément d'une passerelle mobile et élescopique : De l'aérogare ou de la pré-passerelle vers l'avion ces éléments sont les suivants :

ii.1. La rotonde : Elle relie la passerelle à l'aérogare (ou à la pré-passerelle) et comporte deux parties :

- ✓ Une partie fixe, supportant la passerelle et assurant la liaison avec l'aérogare.
- ✓ Une partie mobile, pivotant à l'intérieure de la partie fixe autour d'un axe vertical pour permettre la rotation horizontale de la passerelle (selon une secteur d'au moin 180°).

La galerie de la passerelle est fixée et articulée sur cette partie mobile. Ces deux éléments réalisés en acir ou en aluminium supportent un bardage métallique, un système de volets enrrouleurs assurant la fermeture de la rotonde lors des rotations de la partie mobile.

L'ensemble est fixé sur une colonne en acier ancrée au sol dans un massif en béton. [5]

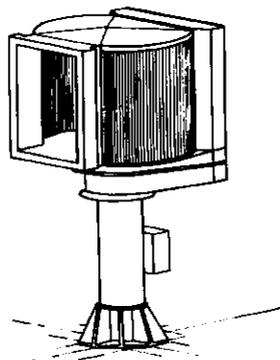


Figure 2.71 : Une rotonde.

ii.2. Le train de roulement : Il assure la manœuvre de la passerelle dans les plans horizontal et vertical en étant solidaire de la galerie télescopique d'extrémité par une fixation articulée. Il comporte deux parties :

- ✓ Le portique elevateur constitué le plus souvent par deux colonnes télescopiques conjuguées permettant un réglage en hauteur. Le mouvement vertical des colonnes télescopiques est généralement assuré par un ensemble vis-roulement hélicoïdal.
- ✓ Le boggie-moteur, ou train, possède deux ou quatre roues équipées de pneumatiques. Ce train pivote de +/- 90°. [5]

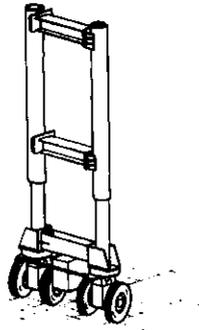


Figure 2.72 : Le train de roulement.

ii.3. La cabine ou tête d'acostage : Elle comporte deux parties :

- ✓ Une partie fixe, solidaire de l'extrémité du dernier tronçon de la galerie.
- ✓ Une partie mobile, pivotant sur la partie fixe selon un axe vertical (Rotation j'usqu'à 60° de part et d'autre de l'axe longitudinal de la galerie). [5]

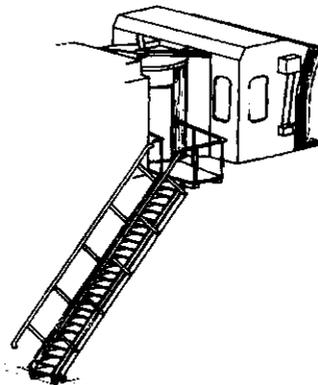


Figure 2.73 : Une cabine.

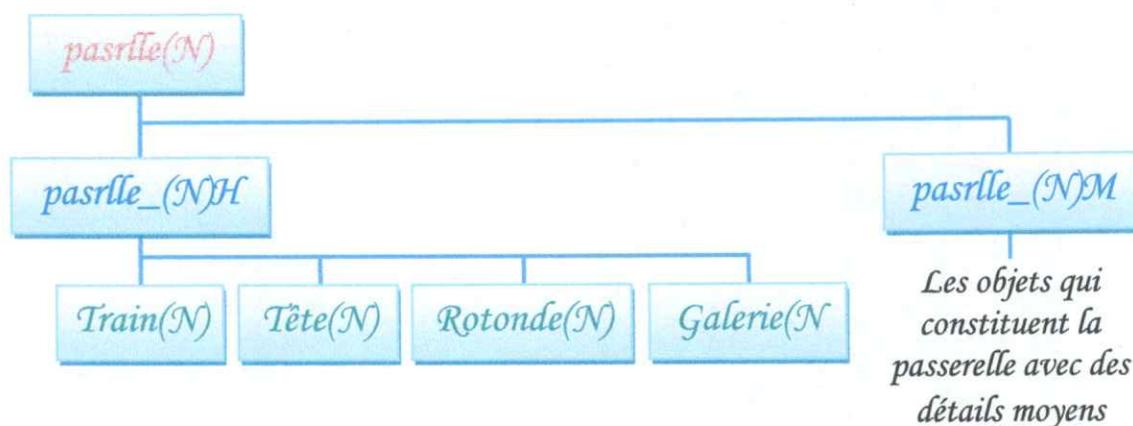


Figure 2.74 : Représentation hiérarchique des passerelles.

Chaque passerelle est représentée par un nœud groupe qui porte le nom de **passrllle(N)**. Chaque nœud groupe a deux nœuds LOD comme fils. Ces deux LOD représentant deux niveaux de détail des passerelles, l'un avec un niveau de détail moyen nommé **passrllle_(N)M** et l'autre avec un niveau élevé de détail nommé **passrllle_(N)H**.

Chaque niveau de détail contient des nœuds objets qui constituent cette passerelle. Ces objets portent le nom propre de cet objet concaténé au numéro de la passerelle.

Si nous avons plusieurs objets du même nom (plusieurs galeries) dans une passerelle nous ajoutons un nom au nœud objet un numéro séquentiel.

(N : représente un numéro séquentiel donné à chaque passerelle).

a.4. Hangars d'aviation : On distingue un nombre important de hangars et d'autres structures métalliques, qui sont destinés à satisfaire les besoins tant de l'aviation civile que de l'aviation militaire.

On distingue les hangars par leurs dimensions, par leurs formes ou par leurs domaines d'utilisation. Nous avons :

- ✓ Hangars léger de 20,00 x 15,30 m, hauteur libre 3,50 m.
- ✓ Hangars standard de 31,00 x 16,00 et 31,00 x 20,00 m, hauteur libre 6,00 m.
- ✓ Hangars de 62,10 x 49,50 m.
- ✓ Hangars de 56,00 x 40,00 m, hauteur libre 11,00 ou 12,00m.

avons jugé inutile d'utiliser les nœud LOD a cause du nombre réduit de faces que contien un hangar.

a.5. Les poteaux lumineux : Les poteaux lumineux sont présents partout dans une scène dans l'aéroport ou dans les alentours.

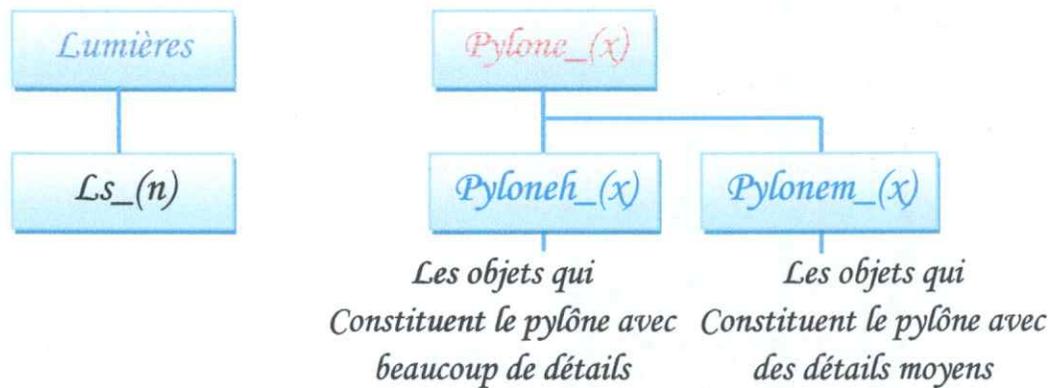


Figure 2.77 : Représentation hiérarchique des poteaux lumineux.

Chaque pylône sera représenté par un nœud groupe qui aura pour nom **Pylone_x** et qui va avoir comme des fils deux nœuds LOD l'un représente le pylône avec des gros détails qui porte le nom **pyloneh_x** et l'autre nœud LOD le représente avec des détailles moyennes et qui porte **pylonem_x** comme nom.

(Le x entre les parenthèses représente un numéro distinct donné a chaque pylône).

La lumière sera représentée en un source de lumière qui va porter le nom de **Ls_n** (le n représente un numéro séquentiel attribué au nœuds source de lumières) ensuite ils sont regroupé dans un seul switch qui portera le nom **Lumières**.

Le noued LOD qui porte le nom Pyloneh aura une valeur de SwitchON égale a 800 et SwitchOut égale a 0.

Le noued LOD qui porte le nom Pyloneh aura une valeur de SwitchON égale a 10000 et SwitchOut égale a 800.

b. Les bâtis civils : Les immeubles, les châteaux d'eau et les autres objets statiques (voitures, murs, clôtures). Ces objets seront représentés chacun par un nœud groupe qui va porter le nom de cette objet concaténé au

numéro séquentiel attribué à cette objet. Chaque nœud groupe va contenir des nœuds LOD relatifs à l'objet représenté. Si cet objet est de petite taille, il suffira de le représenter sans utiliser des nœuds LOD.

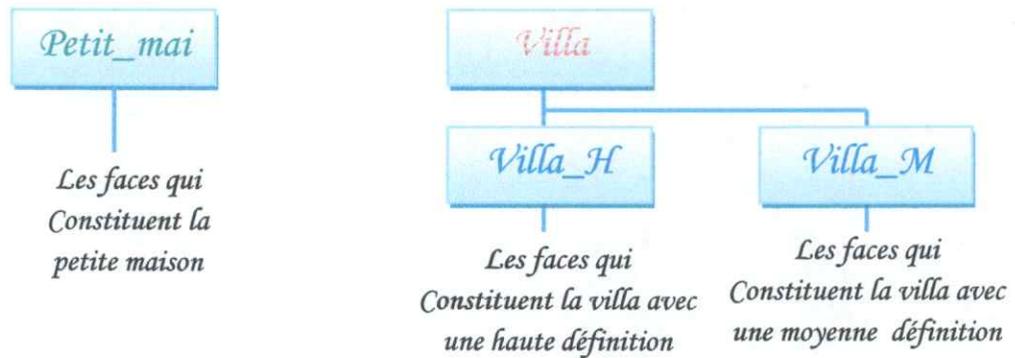


Figure 2.78 : Exemples de représentation hiérarchique de bâtis civils.

Notre hiérarchie globale des bâtiments aura comme hiérarchie modèle la hiérarchie suivante :

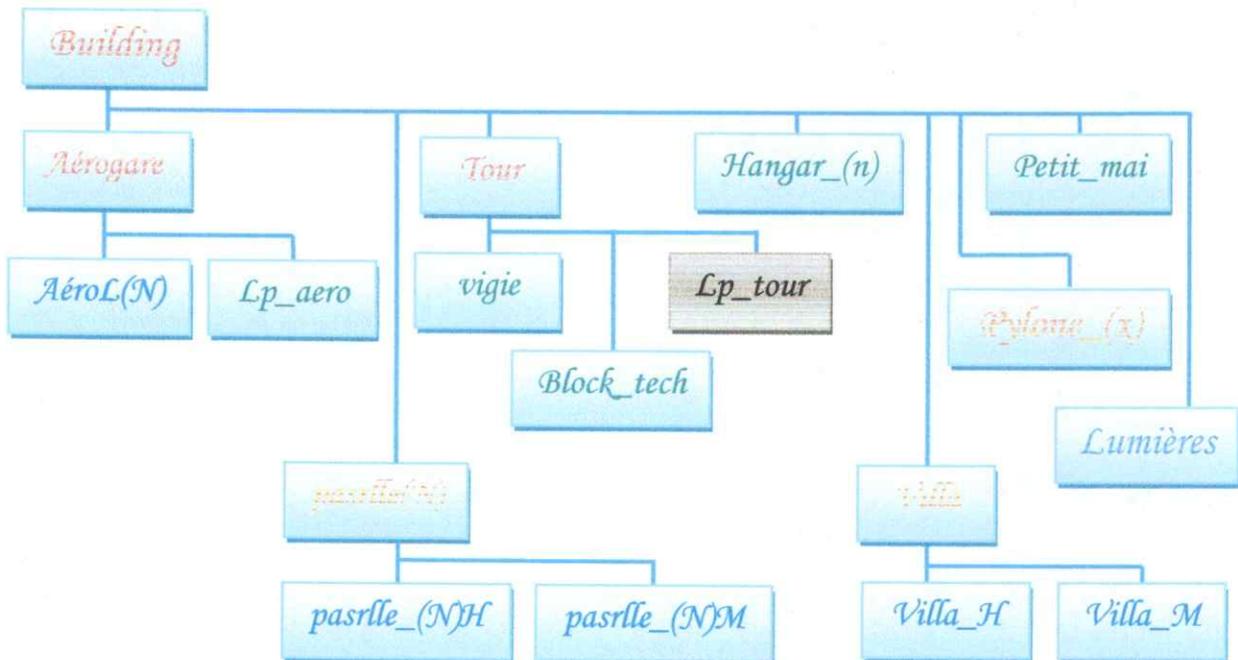


Figure 2.79 : Modèle d'hiérarchie globale des bâtiments.

III. Conclusion :

Ce chapitre est nécessaire dans notre modélisation par le fait qu'il donne la majorité des informations qui vont servir à la modélisation d'une scène aéroportuaire et aussi les grandes lignes pour organiser notre scène suivant le graphe du format OpenFlight. Cette organisation que nous avons proposée donne une souplesse de manipulation des objets dans la scène qui va à l'avenir nous permettre de faire des mises à jour dans la scène sans difficulté comme c'est le cas dans la scène opérationnelle.

Nous avons organisé le sommet de la structure hiérarchique sous l'aspect suivant :



Figure 2.80 : Sommet de la hiérarchie de la scène aéroportuaire.

Chapitre III :

Monographie

des

logiciels

I. Choix des logiciels :**1. Introduction :**

La seconde étape de notre mission consiste en une monographie des logiciels de 3D. Cette monographie doit nous permettre de choisir le logiciel le mieux adapté à l'application qui nous est demandée et aussi qui nous permet de manipuler de manière facile et efficace le format de fichier OpenFlight.

C'est pourquoi nous avons choisi un certain nombre de logiciels qui correspondent à nos attentes, notamment en ce qui concerne leurs domaines d'application. Nos besoins sont précis en termes de 3D et de rendu. En effet, notre objectif est de pouvoir visualiser l'avancement du projet. Plus un logiciel permettra une vision réaliste et esthétique, plus nous aurons de chances de l'utiliser.

Il nous a donc fallu établir une liste exhaustive de critères de comparaison, reflétant au maximum tous nos besoins et exigences. Nos recherches bibliographiques nous ont permis de dégager un certain nombre de logiciels pouvant correspondre à nos attentes.

Nous allons détailler les performances de 8 d'entre eux.

2. Les logiciels proposés par l'INRIA :

Créé en 1967, l'INRIA (Institut National de Recherches en Informatique et en automatique) est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique (EPST) placé sous la double tutelle du ministère de la recherche et du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie.

L'INRIA a l'ambition d'être au plan mondial un institut de recherche au cœur de la société de l'information. Il a pour vocation d'entreprendre des recherches fondamentales et appliquées dans les domaines des Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC). L'INRIA possède 6 unités de recherche et a des partenariats avec le CNRS, les universités, les grandes écoles et le monde industriel. La société INRIA propose quatre logiciels pour l'animation, la simulation et la réalité virtuelle : FlowVR, Graphite, MKM, OpenMask. [21]

2.1. FlowVR :

FlowVR est un intergiciel dédié aux applications de RV distribuées sur grappe de PC.

Un intergiciel est un logiciel central autorisant des applications à communiquer les unes avec les autres par le biais de messages, alors qu'elles n'étaient pas conçues jusque-là pour dialoguer ensemble. Il facilite ainsi l'accès à des données stockées dans des systèmes qui ne sont pas toujours compatibles.

FlowVR permet de créer un environnement de développement et d'exécution pour les applications interactives haute performance allant de la RV à la visualisation scientifique. Il est préconisé pour le développement d'applications de RV complexes. Ce logiciel est utilisé pour des applications qui nécessitent pour leur exécution la puissance de plusieurs dizaines de PC.

Le développement et l'exécution d'une application FlowVR passe par plusieurs étapes.

L'application est décomposée en modules (des programmes) qui sont distribués sur une grappe de PC et échangent des données suivant un schéma défini par l'utilisateur (appelé le réseau FlowVR). La description des propriétés des modules ainsi que celle du réseau

FlowVR utilise XML. Ces fichiers de description sont ensuite analysés et transformés par plusieurs outils pour générer une liste de commandes qui permet de lancer l'application. Au cours de l'exécution, d'autres outils permettent de modifier le réseau

FlowVR ou de récupérer des informations de performance.

Actuellement, l'utilisateur doit assimiler l'utilisation de chacun des outils avec leurs lignes de commandes aux options multiples et doit être vigilant quant à l'ordre dans lequel ils sont utilisés. Il en résulte de nombreuses erreurs qui compliquent l'utilisation de FlowVR.

FlowVR est en particulier un composant logiciel central de la plate-forme Grimage.

La première application développée exploitant toutes les ressources de cette plate-forme fut la parallélisation d'une méthode de reconstruction 3D. L'objectif est de calculer en temps réel l'enveloppe visuelle (volume) 3D d'un objet à partir des images obtenues par plusieurs caméras le filmant. Le mur d'image permet de visualiser les détails du modèle. La précision obtenue peut atteindre 0,5 cm.

FlowVR permet de gérer des collisions entre le modèle reconstruit et les objets rigides de l'environnement virtuel. Ce type d'interaction permet d'obtenir un sentiment de présence dans l'environnement virtuel, du fait que le corps de l'utilisateur ne passe plus au travers des objets mais a une influence réaliste sur eux. Les collisions obtenues entre l'utilisateur et les objets virtuels sont relativement réalistes, toutefois il manque l'information de vitesse de déplacement de l'utilisateur, ce qui fait qu'il n'est pas possible de donner une impulsion aux objets, comme taper dans un ballon. En revanche, quand ce sont les objets qui se déplacent, la collision est réaliste. [21]

Exemple de réalisation pour des données géographiques :

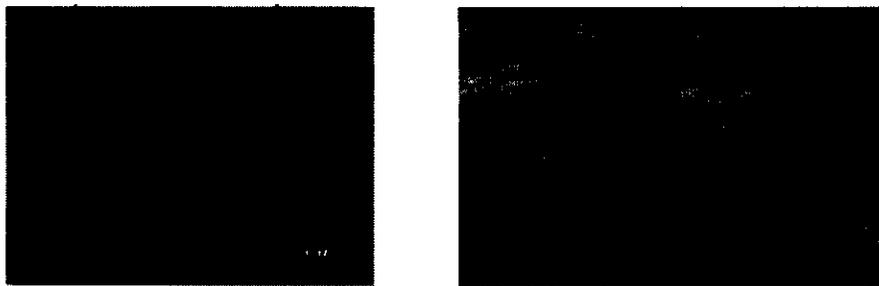


Figure 3.1 : Aperçu de création d'un terrain avec FlowVR.

2.2. Graphite :

Graphite est une plate-forme de recherche en modélisation 3D et texturage. Cette version contient les outils suivants :

- ✓ Textures contraintes interactives pour modèles polygonaux.
- ✓ Analyse multi-résolution, décimation de surfaces triangulées.
- ✓ Rendu volumique et extraction de surfaces de grilles.

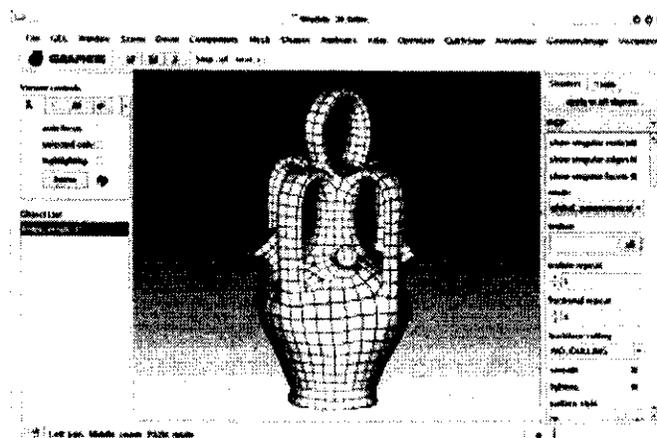


Figure 3.2 : Interface du logiciel.

Graphite est une application multi-plates-formes. Elle fonctionne sous Windows, Linux et IRIX. On peut la télécharger gratuitement sur Internet. [22]

2.3. Remarques sur ces différents logiciels

Ces logiciels semblent créés en particulier pour les spécialistes ou les chercheurs. Ils nécessitent de nombreux PC puissants pour fonctionner et sont utilisés pour des simulations qui requièrent beaucoup de précision. Ce ne sont certainement pas les plus faciles d'accès dans le cadre de notre travail. Ils permettent la réalisation d'objets autonomes en simulation physique et en temps réel, ce qui est un peu perfectionné pour nous.

3. OpenSceneGraph :

L'OpenSceneGraph généralement connu sous le nom d'OSG est une grande plate-forme à outils de graphiques pour le développement des applications de graphiques de haute performance telles que des simulateurs de vol, des jeux, la réalité virtuelle et la visualisation scientifique.

Écrit entièrement C++ standard et OpenGL, il fonctionne sur tous les plates-formes de Windows, d'OSX, de GNU/Linux, d'IRIX, de Solaris, de HP-Ux.

Les forces principales indiquées d'OSG sont : sa performance, évolutivité, portabilité et les gains de productivité liés à employer un graphique entièrement décrit de scène. [7] [12]

3.1. Les formats supportés par OSG :

L'OSG déclare maintenant qu'il inclut 45 plug-ins séparés pour le chargement de divers formats de la base de données 3D et de l'image.

Les chargeurs de la base de données 3D incluent sont :

(.osg) OSG format ASCII Native, (.osg) OSG Format binaire Native, Openflight (.flt) , TerraPage (.txp), Lightwave (.lwo), Alias Wavefront (.obj), Carbon Graphics GEO (.geo), 3D Studio MAX (.3ds), Peformer (.pfb), Quake Character Models (.md2), Direct X (.x), Inventor Ascii 2.0 (.iv), VRML 1.0 (.wrl), Designer Workshop (.dw), AC3D (.ac).

Les chargeurs d'image incluent sont : rgb, .gif, .jpg, .png, .tiff, .pic, .bmp, .dds, .tga, quicktime (sous OSX).

L'OSG est basé autour du concept d'un graph de scène (Scene-Graph).

[7] [12]

3.2. Scène-Graphique (Scene-Graph) :

Un graph de scène est une structure de données hiérarchique d'arbre qui organise des données spéciales pour le rendu efficace. La **figure 3.3** montre un graphique abstrait de scène se composant du terrain, d'une vache, et d'un camion.

L'arbre de graph de scène est dirigé par un nœud de racine supérieur. Sous le nœud de racine, les nœuds de groupe organisent la géométrie et le déclarer de rendu qui commande leur aspect. Les nœuds de racine et des nœuds de groupe peuvent avoir zéro enfants ou plus. (Cependant, nœuds de groupe avec les enfants zéro sont essentiellement des ineffectifs.) Au fond du graph scène, les nœuds de feuille contiennent la géométrie réelle qui compose les objets dans la scène.

Les graphiques de scène offrent habituellement une série de différents types de nœud qui offrent un éventail de fonctionnalité, telle que les nœuds de commutateur (Switch) qui permettent de désactivent leurs enfants, des nœuds de niveau de détail (LOD) que les enfants choisis basés sur la distance de la visionneuse, et transforment nœuds qui modifient l'état de transformation de la géométrie d'enfant. [7]

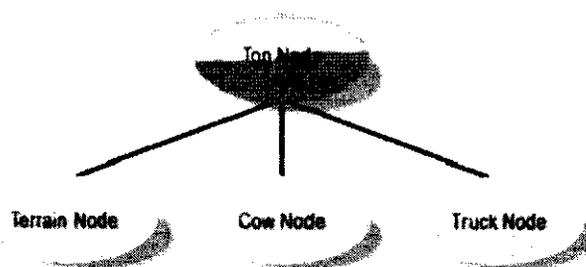


Figure 3.3 : Une scène 3D avec sa représentation hiérarchique.

4. Les logiciels proposés par Autodesk :

La société Autodesk, créée il y a 23 ans, a révolutionné l'industrie du logiciel avec Autocad qui a introduit le dessin sur PC. Ce logiciel lui a permis de se positionner en leader dans les secteurs de l'Architecture et de la Construction, de l'Infrastructure, de l'Industrie manufacturière, des Médias et du divertissement et enfin des technologies mobiles. Autodesk est aujourd'hui une société totalement diversifiée fournissant des solutions ciblées pour la création, la gestion et le partage des données numériques. Elle possède quatre partenaires mondiaux stratégiques — Microsoft, Intel, Hewlett-Packard et IBM — ainsi que 2 500 développeurs.

4.1. Autodesk Maya :

Le logiciel primé Autodesk Maya est une puissante solution intégrée de modélisation, d'animation, d'effets visuels et de rendu 3D. Grâce à son architecture ouverte, tous les projets peuvent être adaptés ou programmés en utilisant une API (interface de programmation) documentée et complète, ou un des deux langages de script intégrés.

De plus, il possède une gamme d'outils 3D parmi les plus performantes de l'industrie.

Maya 8.5 offre le support Macintosh basé sur Intel et des outils d'amélioration de la productivité qui permettent de réaliser plus rapidement des tâches d'animation complexes. Il comprend de nombreuses fonctions :

- ✓ Nouvelle technologie de structuration et d'animation des personnages.
- ✓ Éditeur d'animation non linéaire Autodesk Maya Trax avancé.
- ✓ Système dynamique complet comprenant des dynamiques corporelles souples et rigides.
- ✓ Système de particules complet
- ✓ Maya Paint Effects.
- ✓ Interface de brosse Maya Artisan.
- ✓ Toon Shading Photoshop et connectivité avec Adobe Illustrator.
- ✓ Intégration d'Adobe.
- ✓ Quatre utilitaires de rendu : logiciel, matériel, vecteur et module primordial d'Autodesk Maya ray.
- ✓ Modélisation des surfaces polygonales, NURBS et de subdivision.

✓ Documentation complète. [13] [24]



Figure 3.4 : Exemple de réalisation avec Maya.

Autodesk Maya comporte de nombreuses fonctionnalités. Les plus intéressantes sont :

4.1.1. Shaders mental ray :

La nouvelle fonction Shaders pour le rendu de ciel et de l'ensoleillement permet de créer des ciels d'un parfait réalisme en fonction de la position du soleil et cela avec la puissance de mental ray , le moteur de rendu acclamé basé sur les conditions physiques.

En outre, de nouveaux shaders de conception et d'architecture permettent de créer facilement des effets tels que des sols cirés, du verre givré, de l'argile et des métaux Sablés. [13]

4.1.2. Attributs polygonaux de transfert :

La fonction Transfer Polygon Attributes permet de transférer des informations d'UV, de couleur par vertex (CPV) et de position de vertex entre des points de polygones de topologies différentes, même ceux qui sont séparés dans l'espace ou qui sont de proportions ou d'échelles différentes. Cela signifie que lorsque l'on a deux versions différentes d'un objet ou d'un personnage (par exemple, un objet en haute résolution et l'autre en basse résolution), on peut rapidement transférer des jeux d'UV existants qui ont déjà été conçus dans le modèle en basse résolution. Dans Maya 8.5, on peut

également utiliser l'outil Peinture pour mélanger la source et les déformations de la cible. [13]

4.1.3. Domaines d'utilisation :

Maya Complete est utilisée par les artistes et les animateurs.

La version Autodesk professionnels. Elle possède une conception intuitive, ce qui facilite le travail des créateurs de contenu numérique qui conçoivent des œuvres pour le cinéma, la télévision, les jeux vidéo, le multimédia (magazines et Web) ou la visualisation.

Lors de la réalisation de longs métrages, Autodesk Maya permet la création d'une animation 3D pour la prévisualisation ou pour la modélisation, l'animation et l'éclairage de personnages réalistes générés par ordinateur. Ce logiciel est performant pour la production, extensible, collaborative et hautement compatible avec d'autres jeux d'outils.

Il existe une version qui donne accès gratuitement à Autodesk Maya dans un but non commercial : Autodesk Maya Personal Learning Edition (PLE). Elle offre aux étudiants en graphisme et en animation, aux professionnels du secteur et aux utilisateurs intéressés par le monde de l'infographie, la possibilité d'explorer la plupart des aspects

Maya Complet. Il est disponible pour les systèmes du logiciel primé Autodesk d'exploitation Windows 2000/XP Professionel et Mac OS X. [13]

4.2. 3D Studio Max :

3D Studio Max (ou 3dsmax) est un logiciel de modélisation et d'animation 3D sous licence propriétaire payante, développé par la société Autodesk. Avec Softimage XSI, Lightwave, Houdini et Blender, il est l'un des logiciels de référence dans le domaine de l'infographie 3D.

3dsmax est conçu sur une architecture modulaire et supporte des plug-ins (extensions), ainsi que les scripts écrits dans un langage propriétaire (maxscript). Le logiciel s'est développé rapidement, en étant utilisé principalement dans le cadre du jeu vidéo. Il a également été utilisé dans d'autres domaines, notamment le film d'animation. 3D Studio Max est également utilisé dans un nombre croissant de films dont : X-Men II, Bulletproof Monk, The Core, Final Destination II, Jason vs. Freddy.

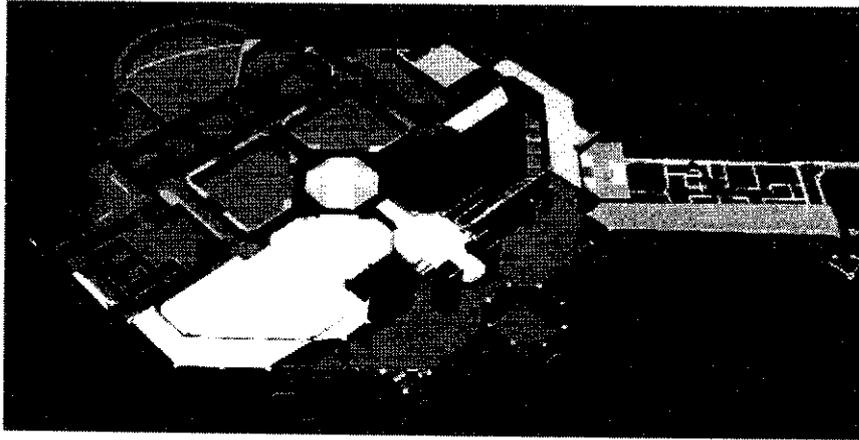


Figure 3.5 : Exemple de réalisation avec 3dsmax.

Le logiciel est actuellement en version 9 et est développé par Autodesk, et intègre de très nombreuses fonctionnalités, comme le moteur de rendu Mental Ray, ainsi que le plugin Shave and HairCut de Joe Alter pour les rendu de cheveux et de poil et un autre pour supporter le format OpenFlight, nouveautés de la version 8 ou le moteur d'animation de personnage Character Studio, associé avec 3D Studio Max sous la forme d'un plugin. [13] [23]

4.2.1 Les caractéristiques :

- ✓ **Performance :** La nouvelle version 64 bits d'Autodesk 3ds Max 9 fait appel aux dernières avancées technologiques pour relever les défis rencontrés dans les pipelines de production de prochaine génération. Elle permet de travailler avec des données plus nombreuses et des scènes de plus en plus complexes.
 - ✓ **Productivité :** Le logiciel permet de modéliser rapidement des formes non organiques avec la fonction ProBooleans, de placer l'animation sur différentes couches pour tordre facilement des animations denses et complexes, de consulter les données sur la complexité des scènes ainsi que le débit d'images par secondes résultant pour mesurer et optimiser les performances des scènes. Les améliorations apportées aux fonctions de 3ds Max 9 (comme le calcul plus rapide des simulations dynamiques de vêtements) permettent d'acquérir la vitesse et la précision voulues pour répondre aux délais de production serrés.
- Efficacité des Pipelines :** Partager des fichiers, effectuer un suivi des données en cours et personnaliser les pipelines de production

facilement permettent d'accélérer le flux créatif. Certaines améliorations pour une meilleure interaction avec les données liées, la prise en charge de chemins relatifs et la fonctionnalité Autodesk Vault permettent aux équipes de production d'optimiser le flux de travail et de gérer la collaboration parmi les membres d'une équipe de création.

- ✓ Amélioration du rendu : Le rendu de 3DS max respire le réalisme. Les nouveaux modules d'ombrage permettent de créer facilement un ciel magnifique avec les ombres du soleil ou simuler une peinture de voiture métallique. En outre, grâce aux nouveaux paramètres prédéfinis pour les occlusions ambiantes, les effets de coins arrondis, les reflets et les réfractions, on obtient facilement des résultats époustouffants de réalisme. [13]

4.2.2. Quelques critiques :

3DS max est certainement le logiciel de 3D le plus puissant. Ce qui explique par ailleurs son prix très élevé (autour de 3000€). Son utilisation reste complexe, surtout aux premiers abords mais une fois la manipulation acquise, les rendus sont spectaculaires. En termes de construction et d'effets spéciaux, certains logiciels s'avèrent plus performants mais le « rendereur », l'animateur et la beauté des interfaces sont certainement meilleurs avec 3DS Max. Ces capacités en termes de capture d'images, de convertisseur d'image sont également limitées. Il est regrettable qu'on ne puisse importer des fichiers de Photoshop. Mais tout comme Autocad, il permet la création de calques, et offre un historique de construction, souvent utile. Son appartenance à Autodesk permet l'importation de fichiers Autocad, ce qui un atout considérable.

5. Virtools :

Virtools est le principal fournisseur de logiciels complets servant à construire des applications 3D interactives, très proche de la vie réelle. Cette entreprise a été créée en 1993 et rachetée par Dassault-Systèmes en juillet 2005.

Nous allons surtout nous intéresser à la dernière version Virtools 4.0, sortie en juin 2006, elle présente une nouvelle plate-forme de développement et de déploiement.

La vision révolutionnaire de Dassault Systèmes apporte la puissance de la 3D pour tous : avec la technologie Virtools, les objets prennent vie dans de riches expériences multimédia novatrices qui améliorent la communication. Model Life permet d'enrichir les objets de comportements interactifs et de voir immédiatement le résultat. On peut s'exprimer en 3D temps réel et maîtriser l'évolution d'un "monde virtuel".

La plate-forme de développement intégrée Virtools est l'indispensable base sur laquelle on peut construire une vaste gamme de jeux attractifs, d'applications de RV et de simulation ainsi que d'applications marketing multimédia. Il s'agit de la meilleure façon de déployer et développer, de manière pénétrante, des expériences 3D sur PC, consoles de jeux, Intranet et Internet.

Virtools Dev est un logiciel facile d'utilisation qui permet de réduire considérablement les temps de développement d'applications 3D Temps réel. Il est très utilisé dans le milieu du jeu vidéo, de la RV et du multimédia en général.

Virtools rassemble plusieurs fonctions, plusieurs technologies qui permettent une excellente visualisation et interaction 3D en temps réel :

- ✓ Application de création : Virtools est une application permettant de créer simplement des contenus 3D interactifs. Il est possible d'intégrer la majorité des standards multimédias, que ce soit les objets 3D, les animations, les images et les sons afin de les rendre vivants grâce à la technologie comportementale de Virtools. Celui-ci ne permet pas de modéliser des objets 3D, par contre il permet facilement de créer des caméras, lumières, courbes, éléments d'interface ainsi que des frames 3D.
- ✓ Un moteur de comportement : un comportement est simplement une description d'une action d'un certain élément dans un environnement. Virtools offre une collection de comportements réutilisables qui permet de créer à peu près tout type de contenu, sans une seule ligne de code, à partir de l'interface graphique de l'éditeur de schéma. Pour les programmeurs, il existe en complément un script "Virtools Scripting Language" (VSL) qui autorise l'accès au Virtools SDK. Un moteur de rendu : Virtools a un moteur de rendu qui permet de dessiner les images visibles dans l'interface 3D de Virtools Dev. Il peut être remplacé par un autre moteur ou être adapté grâce au SDK.

- ✓ Un Web Player : les contenus Virtools peuvent être visualisés sur Internet grâce à un Web Player gratuit qui peut être téléchargé par n'importe qui. (<1MB). Un kit de développement logiciel : Virtools Dev inclut un kit de développement logiciel qui permet d'accéder à certaines parties des processus de comportement et de rendu. Avec le SDK, on peut créer de nouveaux comportements (DLL), modifier les opérations des comportements existants, écrire de nouveaux outils afin d'importer ou d'exporter de nouveaux formats, et enfin de modifier ou remplacer le moteur de rendu. [15] [16] [17]

5.1. Domaines d'utilisation :

La technologie 3D en temps réel Virtools est utilisée dans de larges domaines d'application comme la simulation d'utilisation de produits pour la publicité, les tests ergonomiques, les simulations d'entraînement...

Le meilleur moyen de vaincre la concurrence est de faire vivre aux utilisateurs tous les avantages de son produit, et ce, dans tous les domaines, qu'il s'agisse de vendre un appareil photo, ou bien, en ce qui nous concerne, un projet d'espace public qui doit être choisi par la maîtrise d'œuvre qui lance un concours. Ainsi, de nombreuses grandes entreprises utilisent Virtools et la réalité virtuelle pour promouvoir leurs produits : France Telecom, PSA, Renault, L'Oréal, Sony.

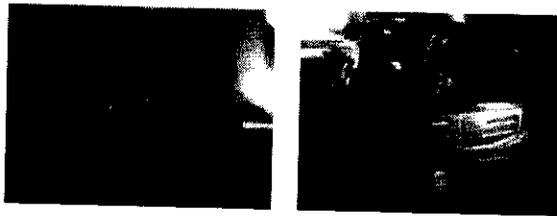


Figure 3.6 : Exemples d'utilisation de Virtools.

Cependant, cette technologie reste trop coûteuse pour les petites entreprises et industries qui ne l'utilisent guère.

Virtools 4 comporte cinq éléments clés que nous avons étudiés :

- ✓ L'Interface Graphique qui permet de développer des applications complexes en assemblant visuellement les objets et leurs comportements.

- ✓ Le Moteur de Comportement qui permet de gérer les applications interactives
- ✓ Le Moteur de Rendu qui donne les graphismes en temps réel Le Langage de Décodage Virtools qui permet de créer des fonctions de base sans aucune ligne de programmation en C++.
- ✓ Le SDK (Software Development Kit) qui permet de créer des comportements nouveaux Virtools est très facile d'utilisation. En effet, il n'est plus question ici de taper du code mais de relier des "building blocks" (BB) entre eux afin de créer le code. Ainsi, pour lancer une action lors de l'appui sur une touche, il suffit de glisser le BB 'Key Event' et de choisir la touche. Lorsque l'on appuie sur la touche, cela active une sortie du BB, au relâchement cela active une autre sortie. Il suffit de tirer des câbles entre ses BB, rien de plus simple.

Cependant, la simplicité laisse malheureusement vite place à un manque cruel de précision, par exemple dans les opérations mathématiques et dans les angles de rotation, et de clarté sur de gros projets où les câbles des BB se mêlent et s'entremêlent très vite.

Grâce à cette facilité d'utilisation, les projets réalisés avec Virtools sont terminés bien plus rapidement qu'avant. En plus, la grande richesse de la bibliothèque Virtools qui compte plus de 450 comportements réutilisables permet, elle aussi un gain de temps non négligeable.

D'un point de vue plus technique Virtools permet une utilisation souple et ouverte de son logiciel, compatible avec les formats standards suivants :

- ✓ Fichiers 3D: 3DXML, 3ds max, maya, XSI, lightwave, OpenFlight, CAD.
- ✓ Images: JPG, PNG, TIFF, TGA, BMP, PCX.
- ✓ Sons: MP3, WMA, WAV, MIDI.

Virtools propose également des scripts capables de "nettoyer" les fichiers CAD : réduction de polygones, suppression de certains groupes d'objets, des objets de petites tailles, correction de normales...) et de leur appliquer des textures. Cet outil devrait faciliter le transfert de données industrielles vers Virtools.

Virtools est aujourd'hui la solution la plus évoluée dans sa gamme de prix et de sa relative facilité d'utilisation. Avec ses atouts, Virtools peut sereinement

s'adresser au milieu industriel pour la conception d'application 3D interactives sur mesure.

Contrairement à la majorité des solutions 3D temps réel pour le web, Virtools permet d'appréhender toute sorte de projets 3D.

N'ayant pas réussi à trouver nulle part, le prix d'achat de la licence ou du logiciel, nous considérons que Virtools 4.0 en peut être vendu qu'à des professionnels.

Cependant, Virtools tente de démocratiser la 3D et la RV, mais leurs projets concernent surtout les consoles de jeux vidéos, comme la Wii par exemple, et ne nous intéresse donc pas pour notre projet.

De plus, ce logiciel reste le plus souvent utilisé soit dans le domaine des jeux vidéo, soit dans le domaine de la mécanique, de la représentation 3D en temps réel de produits nécessitant une bonne publicité. Ainsi, il n'est pas adapté à la création de « décor » pour ces produits : s'il est particulièrement adapté à l'utilisation virtuelle de voitures ou bateaux, il ne convient pas à la réalisation de paysages routiers, urbains, ou même côtiers. [15] [16] [17]

6. Les logiciels proposés par Abvent :

Créé en 1985, le groupe ABVENT est aujourd'hui leader dans les domaines de l'architecture et du design (ArchiCAD et HyperArchi) et incontournable dans l'imagerie (gamme Artlantis) et la photographie (VU' l'Agence & VU' la Galerie).

6.1. Artlantis :

Il existe deux versions principales pour une ligne de produits adaptée aux différents besoins et pratiques. Tandis qu'Artlantis R s'adresse plus particulièrement aux amateurs de rendus de très haute qualité (architectes, architectes d'intérieurs, urbanistes, paysagiste, organisateurs de salons, standistes...), Artlantis Studio est plus adapté pour réaliser des rendus d'image de très haute qualité mais également des animations ou des panoramas RV.

6.1.1. Les caractéristiques d'Artlantis R :

Importation de fichiers : Artlantis R communique directement avec les logiciels leaders de la CAO Architecture (ArchiCAD, VectorWorks, SketchUp, AutoCAD, Arc+...), Artlantis R bénéficie des fonctions d'import pour les principaux formats de CAO : DXF, DWG, 3DS...

- ✓ Facilité d'utilisation : Artlantis R répond aux exigences de vitesse de calcul, de simplicité d'utilisation et de qualité de représentation.



Figure 3.7 : Exemples d'utilisation d'Artlantis R.

- ✓ Textures : Chaque objet, chaque surface, chaque détail de la scène 3D peut être habillé de sa propre matière (appelée shader) par simple glisser/déposer à partir du catalogue que l'on compose et enrichit à volonté.
- ✓ Bibliothèque : En complément de la bibliothèque standard, Abvent propose des cédéroms à thèmes offrant une multitude de matériaux et objets 3D utilisables pour réaliser des images de synthèse. Ils contiennent des textures complétant la bibliothèque standard.
- ✓ Réalisme : Artlantis R possède toutes les sources de lumière (spot, ampoule, soleil, ciel) et les effets aériens (atmosphères, radiativité, turbulences, diffraction) nécessaires au calcul des modèles lumineux les plus réalistes. Pour faciliter une mise en scène toujours plus proche de la réalité, Artlantis R offre un étonnant gestionnaire d'objets. Qu'ils soient des végétaux, des personnages, du mobilier ou de simples bibelots de décoration, leur manipulation s'opère en 3D ou en 2D, et le contrôle graphique de leurs comportements peuvent être rendus dépendants de facteurs propres à la scène (hiérarchisation, accroche, saison), donnant ainsi un confort inégalé dans le réglage des scènes. Très rapide au niveau de la réalisation des calculs, Artlantis permet également de sauvegarder des coupes, des vues projetées et des perspectives. Pour les aménagements paysagers, plus besoin de recourir aux logiciels de retouches d'images pour des montages si souvent complexes et fastidieux et trop souvent insatisfaisants. Artlantis R permet d'intégrer en quelques clics de souris la scène 3D à l'environnement authentique d'une photographie. **[19]**

7. Les logiciels proposés par Google :

7.1. Sketchup :

Développé pour les phases conceptuelles du processus de design, SketchUp est un logiciel 3D puissant tout en restant facile à apprendre. Ce logiciel primé rassemble un groupe d'outils simples et robustes qui modernise et simplifie la conception 3D.

Sketchup est un outil qui semble simple, mais qui est étonnamment puissant pour permettre de créer, de visualiser et de modifier les idées 3D avec facilité et rapidité. Le résultat est une interface qui permet une exploration dynamique et créative de la forme 3D, de la matière et de la lumière. Sketchup combine un jeu d'outils compact mais robuste à un assistant intelligent qui simplifie le processus de dessin en 3D.

Sketchup se veut un logiciel de 3D pour tous. Il tente de réduire le fossé entre l'utilité et le plaisir de conception. Son objectif est de réduire la barrière des fonctionnalités trop complexes. Ce logiciel est utilisé aussi bien par des particuliers que par des professionnels (architectes, urbanistes, industriels...). Pour accroître son nombre d'utilisateurs, Sketchup importe beaucoup de formats différents (les fichiers Autocad sont importés très facilement.) Ce logiciel s'adresse quand même en priorité aux architectes, créateurs de plateaux de cinéma, développeurs de jeux...

Pointer. Cliquer. Glisser. Déplacer. Pousser. Tirer. Des actions et termes ordinaires qui produisent pourtant des résultats extraordinaires. Pousser/Tirer, comme le nom implique, vous permet de cliquer sur une forme et de la pousser ou de la tirer afin de créer la géométrie 3D désirée. Beaucoup plus qu'un simple outil d'extrusion, cela permet de créer vite et efficacement des formes complexes. Le rendu en temps réel de SketchUp vous d'adoucir visuellement vos dessins avec des effets de rendu tels que les arêtes brouillées, les arêtes prolongées et les profils dynamiques.

Les rapports entre la couleur, la texture, la forme et la lumière sont subtils et ne peuvent simplement être inférés des modèles monochromatiques et des échantillons de peinture.

C'est pourquoi SketchUp donne la possibilité d'expérimenter avec la couleur et la texture directement sur le modèle. Et pour ceux qui sont plus

avancés techniquement, la superficie de tout matériau est toujours à disposition pour mieux déterminer la quantité de matériau exigée et estimer le prix. L'outil « bac à sable » permet de modéliser le terrain et des formes organiques, on peut donc construire des collines, des rues, des parkings...

Voici quelques autres outils :

- ✓ Les arêtes avec l'effet de profondeur : rend les lignes au premier plan plus sombres que les lignes à l'arrière plan.
- ✓ Les extrémités : mettent l'emphase sur les extrémités d'une ligne pour souligner les coins d'un objet.
- ✓ Les arêtes désactivées.
- ✓ Plans de transparence : permet de placer les plans de texture avec transparence.

La nouvelle version (Sketchup Pro 5) apporte les améliorations suivantes :

- ✓ Structure : donne une nouvelle vue du modèle (composants de la structure).
- ✓ Verrouillage de groupes.
- ✓ Ombres faire-face : donne la projection d'ombre comme si l'objet faisait face au soleil.

En ce qui concerne les exportations, on peut désormais exporter des fichiers Sketchup vers 3DSMax, tout en gardant la qualité du fichier Sketchup.

[20]

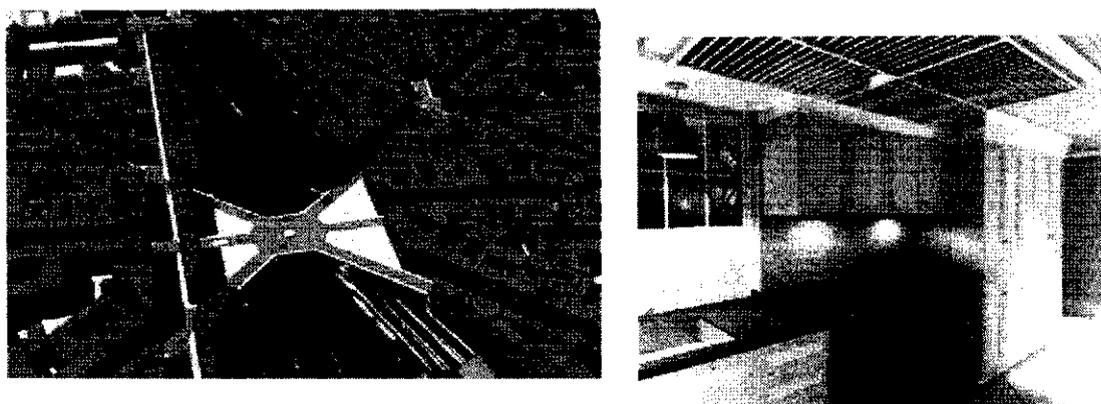


Figure 3.8 : Quelques réalisations Sketchup.

8. Les logiciels proposés par Multigen-paradigme :**8.1. Creator :**

Il est le fruit du travail de la société Multigen-Paradigm. Ce logiciel permet de créer des objets en trois dimensions afin de les intégrer dans un environnement temps réel.

Il est basé sur la notion de polygones, c'est-à-dire que l'élément de base est la face triangulaire composé de trois sommets. De plus, une face (ou polygone) est, quand à elle, composée d'au moins trois sommets (et tous les sommets doivent être coplanaires). Donc un modèle 3D est un ensemble de polygones.

Ce logiciel se différencie notablement de ses cousins 3D Studio Max et Maya dans le sens où il est entièrement orienté vers le temps réel et plus particulièrement vers la simulation. Il est basé sur OpenGL qui gère le rendu direct lors de l'édition. Il n'a en aucune manière un autre moteur de rendu interne. Il assure donc le « WYSIWYG » (what you see is what you get). Il regroupe tous les outils nécessaires et pratiques pour la création de modèles 3D texturés assez complexes. (Annexe 1)

L'optique de Creator est relativement différente des modeleurs connus. Bien sûr, il conserve la notion de sommets, de segments, de faces et d'objets, mais Creator y ajoute la notion de groupes, de niveaux de détail, de références externes, de sons et de lumières sous forme hiérarchisée. La notion de hiérarchie est primordiale pour Creator, elle permet à l'utilisateur d'organiser son modèle comme il le souhaite selon un arbre. [9]

8.1.1. Hiérarchie sous Creator :

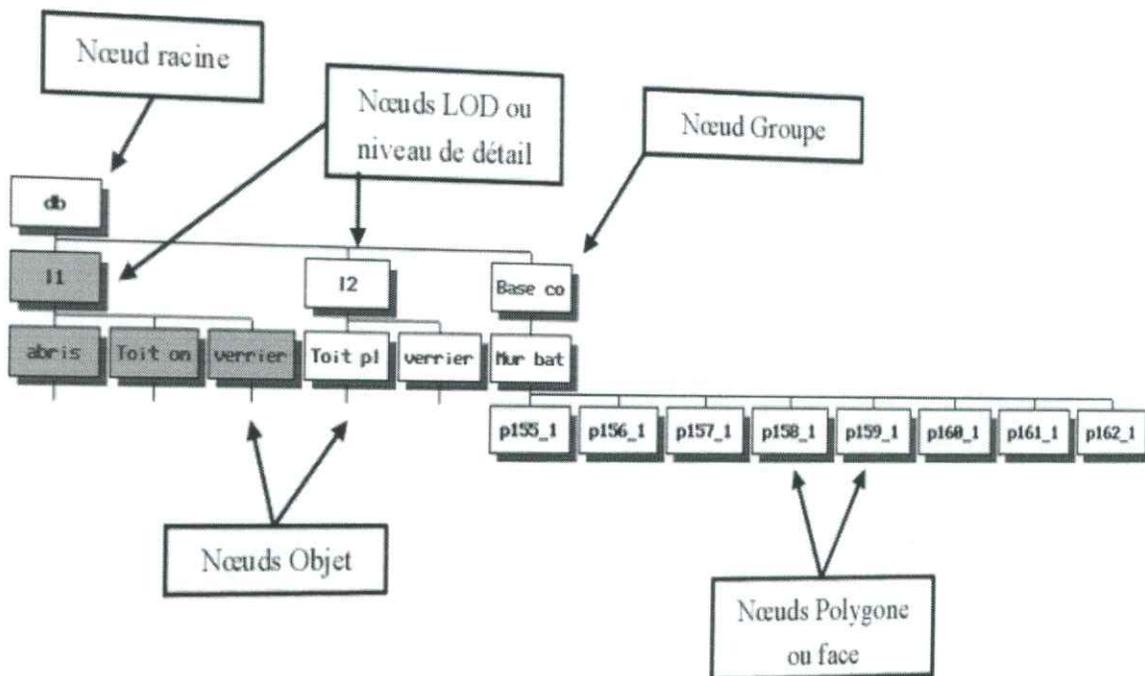


Figure 3.9 : Représentation hiérarchique sous Creator.

Chaque rectangle représente un nœud dans la hiérarchie. Il existe plusieurs types de nœuds chacun possédant des attributs propres, en voici la description des principaux :

- ✓ Le nœud « db » est la racine de l'objet sous Creator, c'est l'acronyme de « database », il est unique, ne peut être supprimé et n'a pas de nœud père. C'est la base du fichier.
- ✓ Les nœuds bleus sont des niveaux de détail (LOD). Ils jouent le rôle d'interrupteur (switch) en fonction de la distance entre le modèle et l'observateur. Ils permettent d'afficher ou non la descendance de ce nœud.
- ✓ Les nœuds rouges sont des groupes. Ils peuvent regrouper en descendance (ou fils) soit d'autres groupes, soit des LODs et aussi des objets.

- ✓ Les nœuds verts sont des objets. Les nœuds descendants (ou fils) des objets ne peuvent être que des polygones.
- ✓ Un polygone est un ensemble orienté de sommets qui définissent une face. Les descendants d'un polygone sont les sommets mais ils n'apparaissent pas dans la fenêtre hiérarchie de Creator pour conserver la lisibilité.

La hiérarchie permet de gérer facilement la structure du modèle, cela permet de sélectionner et les éditer facilement sous Creator. Cela permet aussi de régler l'ordre de rendu des faces. En effet, lorsqu'un moteur de rendu doit afficher le modèle, il ouvre le fichier et lit d'abord le nœud racine (« db ») pour en extraire des informations utiles, il continue ensuite par lire les nœuds fils de gauche à droite et les traite dans cet ordre.

Le format de sauvegarde principal de Creator est le format Openflight (.flt). Il conserve toute la hiérarchie et les données contenues par les nœuds.

Mais il peut importer et exporter d'autres formats comme le 3DS et d'autres.

Creator possède également de puissantes fonctionnalités permettant de créer des terrains très complexes et très vastes et aussi la fonctionnalité de créer des routes. [9]

II. Les critères de comparaison :

Nous avons vu précédemment qu'il existe un très grand nombre de logiciels performants en matière de 3D/RV. Pour nous aider à choisir le logiciel le mieux adapté à nos objectifs, nous allons comparer les logiciels selon les critères ci-après.

- ✓ Critères du marché :
 - Prix d'achat de la licence et du logiciel.
 - Disponibilité.
 - Rapport qualité/prix.
- ✓ Critères d'apprentissage et de formation :
 - Nécessité d'une formation par un professionnel.
 - Facilité d'apprentissage de l'utilisation.
- ✓ Critères d'utilisation propre :
 - Facilité d'utilisation.
 - Rapport qualité/temps de réalisation.
 - Langue d'utilisation.
 - Domaines d'utilisation.
 - Mémoire vive nécessaire.
 - Qualité de l'aide en ligne.
- ✓ Critères de performance des fonctionnalités :
 - Contenu des bibliothèques.
 - Diversité de la palette d'outils.
 - Nombre des outils 3D.
 - Compatible avec les dxf pour importer plans d'architecture.
- ✓ Critères de qualité du rendu :
 - Qualité de la 3D.
 - Qualité du rendu.
 - Qualité de la réalité virtuelle.
 - Réalisme.
 - Niveau d'immersion.
 - Spécialité en architecture.

Logiciels Critères	Flow VR	Graphite	OpenSceneGraph	Maya	3DSMax	Artlantis	Sketchup	Multigen Creator
Prix d'achat de la licence et du logiciel	Gratuit / Téléchargeable	Gratuit / Téléchargeable	Gratuit / Téléchargeable	2099 €	Environ 3000€	999€ HT quand il est vendu avec sketchup	469 €	Environ 3500€
Disponibilité	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Rapport qualité/prix	bon	bon	bon	bon	bon	bon	bon	Moyen
Nécessité d'une formation par un professionnel	Très recommandée	Très recommandée	Très recommandée	Très recommandée	Recommandée	assez intuitif	intuitif	Recommandée
Facilité d'apprentissage de l'utilisation	Complexe	Graphite est une plateforme et non un logiciel	une plateforme et non un logiciel	Complexe	Complexe	Facile	Facile	Pas très complexe
Facilité d'utilisation	Difficile	Difficile	Difficile	Difficile	Difficile	Facile	Facile	Facile
Rapport qualité/temps de réalisation			Moyen		Bon		Bon	Bon
Langue d'utilisation	Anglais	Anglais	Anglais	Anglais / Français	Anglais / Français	Anglais	Anglais / Français	Anglais
Domaines d'utilisation	La RV complexes qui nécessitent la puissance de dizaines de PC		Simulation, Architecture, paysage, différents objets	Création de films ou d'animations	Création de films ou d'animations	Architecture, aménagements d'espace, urbanisme, paysage	Architecture, aménagements d'espace, urbanisme, paysage	Simulation, Architecture, aménagements d'espace, urbanisme, paysage, différents objets
Mémoire vive nécessaire					512Mo min			

Figure 3.10: Tableau de comparaison 1.

Logiciels Critères	Flow VR	Graphite	OpenSceneGraph	Maya	3DSMax	Artlantis	Sketchup	Multigen Creator
Qualité de l'aide en ligne	Aide disponible 251 pages en anglais	Aide disponible en français	Aide disponible en anglais	Aide très complète disponible en anglais	excellente		Aide complète en Français	Rare
Diversité de la palette d'outils	Très bonne		Très bonne	Nombreuses possibilités (textures)	Très bonne	Très bonne	Faible	Excellente
Nombre des outils 3D			Infini	Nombreux (existence de plugs-in)	Infini (plugs-in disponibles)		Peu nombreux	Très nombreux (plugs-in disponibles)
Compatible avec les dxf pour importer plans cadastraux et d'archi			Oui		Oui		Oui	oui
Qualité de la 3D			Bonne		Excellente		Assez bonne	bonne
Qualité du rendu	Très bon mais complexe à réaliser	Très bon mais complexe à réaliser	Très bon mais complexe à réaliser	Très bon mais complexe à réaliser	Excellent		Assez bonne	Très bon
Qualité de la RV			Bonne		Excellent		Pas de RV	Très bonne
Réalisme			Moyen		Excellent		Moyen	Bien
Niveau d'immersion	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Très bon
Spécialité en architecture			Oui		Non		Oui	Oui

Figure 3.11 : Tableau de comparaison 2.

III. Conclusion :

Pour son efficacité pour manipuler le format Openflight et sa hiérarchie, nous utiliserons le logiciel Multigen Creator.. Nous aurons recours aussi à Autocad pour sa précision.

La qualité du rendu est relativement bonne et ces logiciels sont spécialement utilisés dans le domaine du génie urbain et de l'aménagement. Mais le principal atout de Creator est qu'il contient de puissantes composantes pour la génération de vastes terrains avec des données géographiques incluant toute la topographie (des montagnes, des ravins) et il contient aussi le constructeur de route qui va nous permettre de réaliser des pistes des taxiways avec des courbures d'une grande précision et avec une grande facilité (Bien sûr après avoir eu une certaine connaissance de ce composant).

Chapitre IV:

Implémentation

et

réalisation

I. Introduction :

La réalisation passe par plusieurs phases. La première consiste à représenter en 3D les parties manquantes de la scène 3D de l'aéroport de Houari Boumediene existante au sein du simulateur. Ces parties de l'aéroport ont été ajoutées qu'après qu'elles aient été modélisées.

Dans la deuxième phase, sont modélisés certains objets de la plate forme aéroportuaire, dans le but de mettre à la disposition du personnels chargé du développement des autres scènes aéroportuaires une panoplie d'objets 3D, pour permettre de minimiser la duré de modélisation de ces scènes.

Notre travail s'est déroulé en deux grandes étapes. Nous avons tout d'abord reproduit l'état existant ainsi que ce qui existe comme ressources qui facilitent la tâche de représentation en 3D comme les plans Autcad. Nous avons ensuite réalisé sur Multigen Creator les parties manquantes et ajouté ou modifié des textures ainsi que la végétation et l'immobilier urbain, et modélisé certains objets présents dans la pluparts des aéroports.

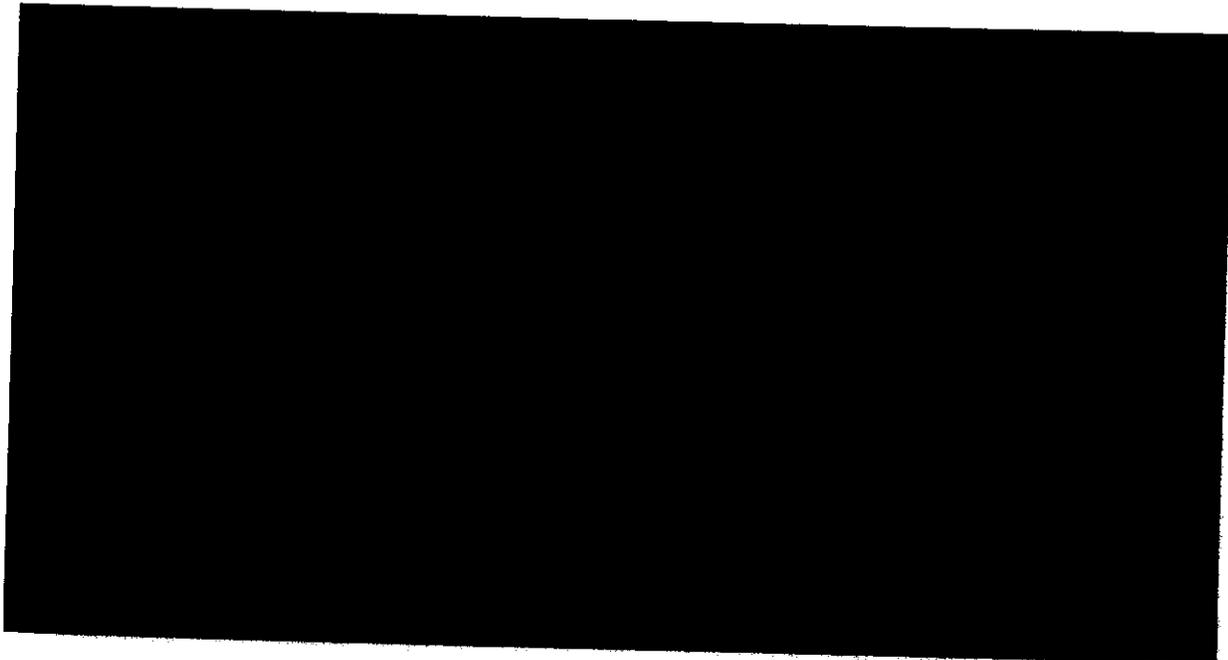
II. La zone d'étude :**1. La mise à jour de la scène existante:****La nouvelle aérogare.**

Figure 4.1 : Aperçu du nouvelle Aérogare.

Les alentours de la nouvelle aérogare :

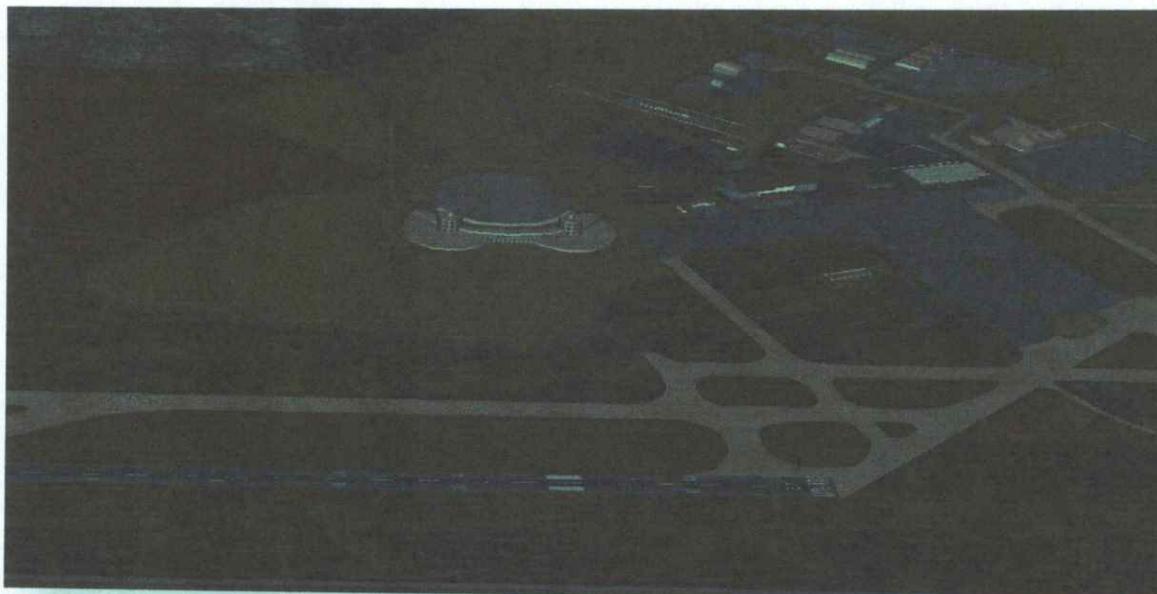


Figure 4.2 : Aperçu des alentours de la nouvelle aérogare.

Le parking au large N°11 :

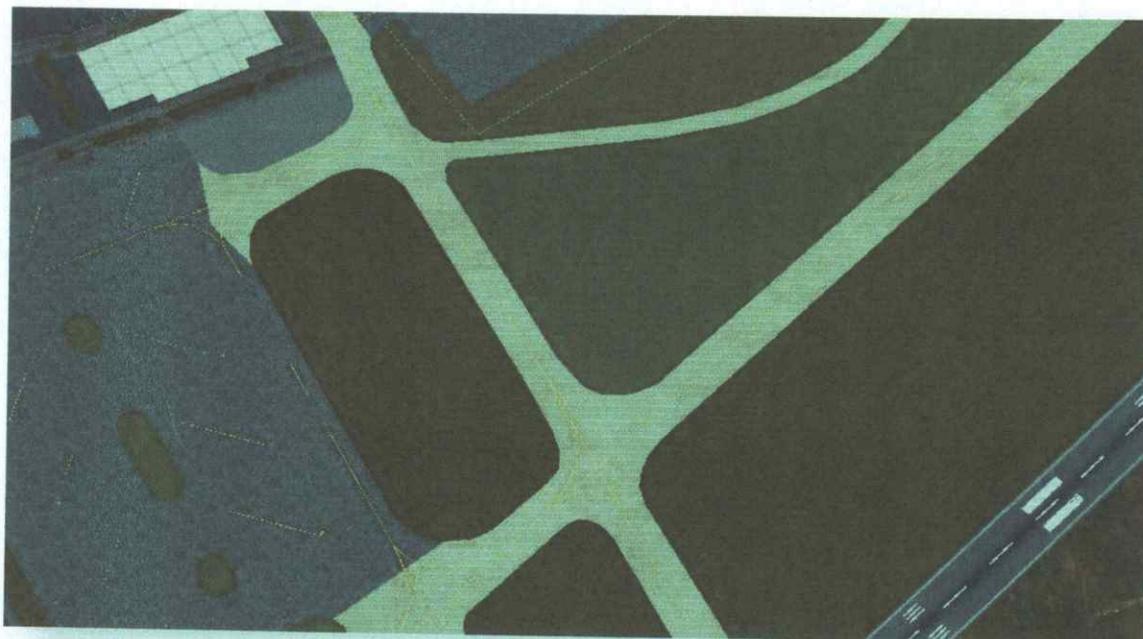


Figure 4.3 : Aperçu de l'emplacement ou sera placé le parking numéro 11.

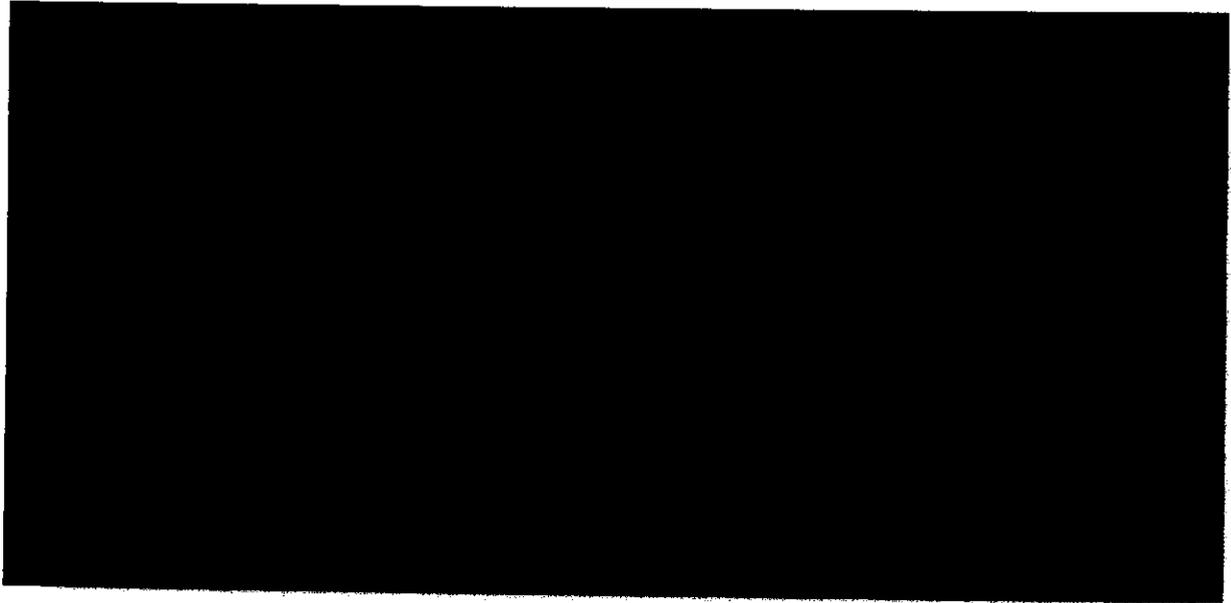
Les alentours de l'aéroport :

Figure 4.4 : Aperçu des alentours de l'aéroport.

2. Diverses composantes de l'aéroport :

Nous avons fait aussi une modélisation d'autres composantes : Marquage au sol, des passerelles, des hangars, des bâtiments, et d'autres objets.

III. Les étapes du projet :

Notre souhait était de travailler uniquement sur Autocad puis sur Creator, pour pouvoir gagner du temps et éviter les problèmes de conformité avec les dimensions réelles.

Autocad nous permet de travailler sur le plan architecturale et d'extruder les principaux bâtis ainsi que donner les traçages au sol. De plus, comme nous l'avons vu dans la monographie, Creator est un logiciel très puissant pour représenter les objets avec leurs dimensions réelles et pour appliquer des textures extra réalistes.

Cependant, il s'est avéré que Creator est un logiciel complexe dont les commandes sont très nombreuses et non intuitives. L'absence de formation à l'utilisation de ce logiciel nous a donc amenées à utiliser Autocad et Google Earth avant de finaliser notre travail sur Creator cequii nous a permis de gagner du temps. L'inconvénient est que l'importation du plan génère beaucoup de nœuds dans notre hiérarchie. Il fallait donc l'organiser selon notre approche vue au chapitre 2, mais la présence d'un nombre très grand de faces nous a rendu la tâche un peu plus difficile.

Nous verrons par la suite que ce ne sont pas les seules difficultés que nous avons rencontrées.

1. Les ressources disponibles :

1.1. Les plans Autocad :

Il n'existe qu'un plan Autocad qui est celui du traçage au sol des postes de stationnement au contact près de l'aérogare avec les limites de la plate forme de béton sur laquelle ils se trouvent.

Ce plan inclut aussi les passerelles en 2D qu'il faut extruder dans Creator et faire des ajouts supplémentaires.

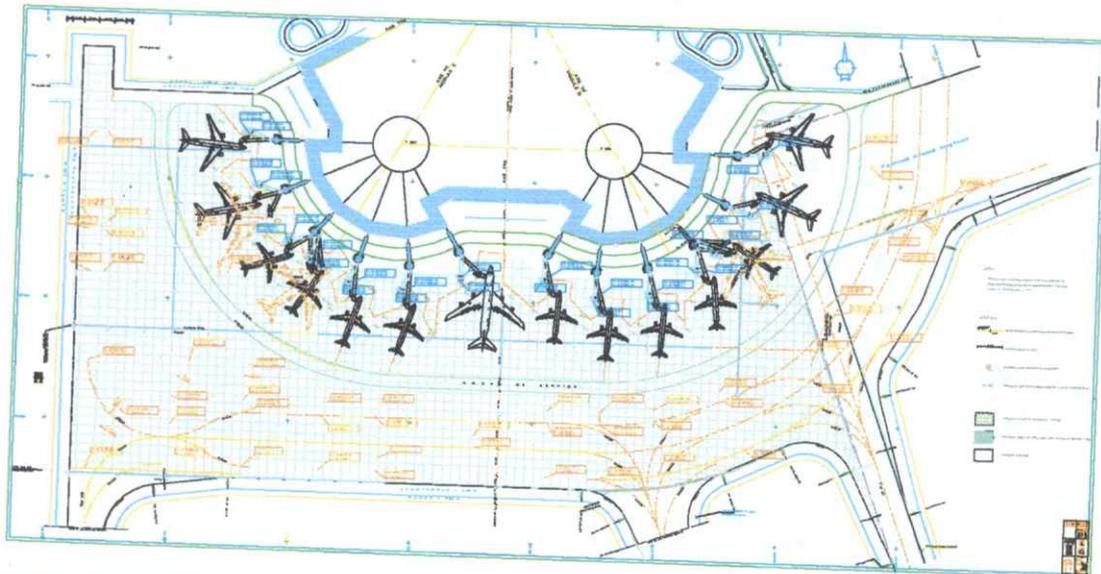


Figure 4.5 : Le plan Autocad existant.

Nous avons considérablement simplifié ce plan pour qu'il soit plus exploitable et nous avons fait une séparation du traçage au sol et des limites de la plate forme en béton du plan des passerelles. Il est possible de travailler directement sous Creator mais nous avons préféré dans un souci de gain de temps simplifier le plan sous Autocad avant de passer à Creator.

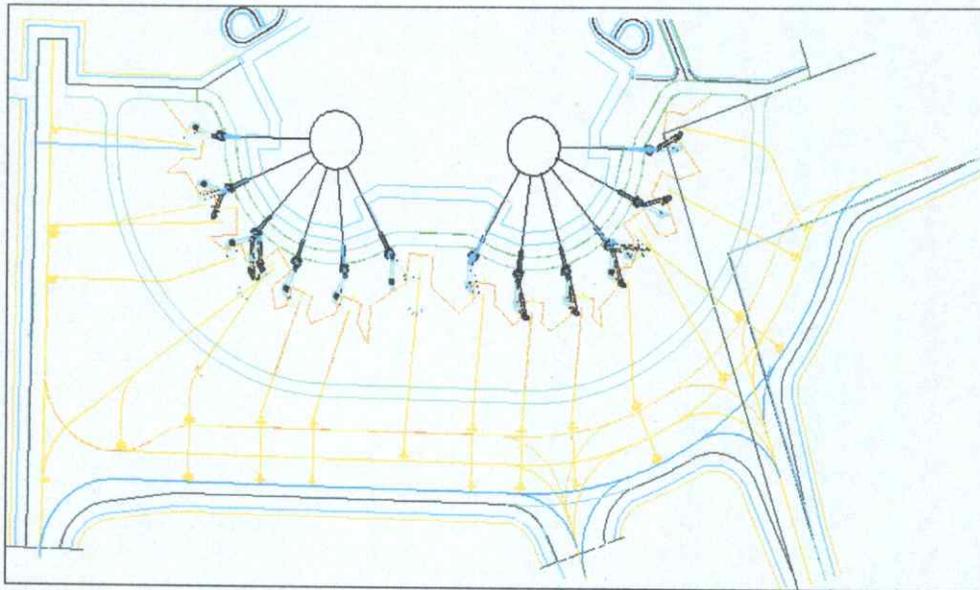


Figure 4.6 : Le plan Autocad affiné.

1.2. Les données de Google Earth :

Nous avons choisi de prendre les données de Google Earth (Annexe 3) plutôt que des données photos aériennes ou autres parce qu'elles sont plus précises et plus facile a obtenir, la facilité et la rapidité d'obtention, car dans une photo prise d'un avion ou d'un autre engin on doit connaitre beaucoup de choses (d'ou cette photo été prise, l'angle par rapport a la vue, le zoom).

Nous avons recours à Google Earth pour obtenir les différentes dimensions des déférentes parties concernées par la mise à jour.

1.3. Les données acquises du chapitre II :

Ces données représentent les normes suivies lors de la construction des aéroports (Longueurs, largeurs, positions). Nous avons recours à ces données que lorsque on ne trouve pas de ressources qui peuvent être exploité directement avec Creator.

2. Le travail sur Creator :

Les fichiers Autocad (.dxf) sont facilement importables sur Creator. Il faut cependant les retravailler pour n'obtenir que les parties visées par notre mise à jour. Notre travail a été de réaliser de la manière la plus fidèle possible l'état actuel

des parties ajoutées et les objets modélisés. Les données Google Earth sont à cette fin d'une grande utilité.

2.1. La mise à jour :

2.1.1. Au niveau de la nouvelle aérogare :

Pour modéliser la plate forme qui accueille les poste au contact nous avons procédé comme suit :

- ✓ Tracer le parking à l'aide du plan Autocad existant.
- ✓ Localiser la position où doit être mis cette plate forme, l'aide la plate forme qui contient les anciens parkings et l'aérogare. On la découpé une portion de la scène ensuite nous avons placé le parking ;
- ✓ Ajouter le nœud objet du parking dans la hiérarchie globale de la scène.

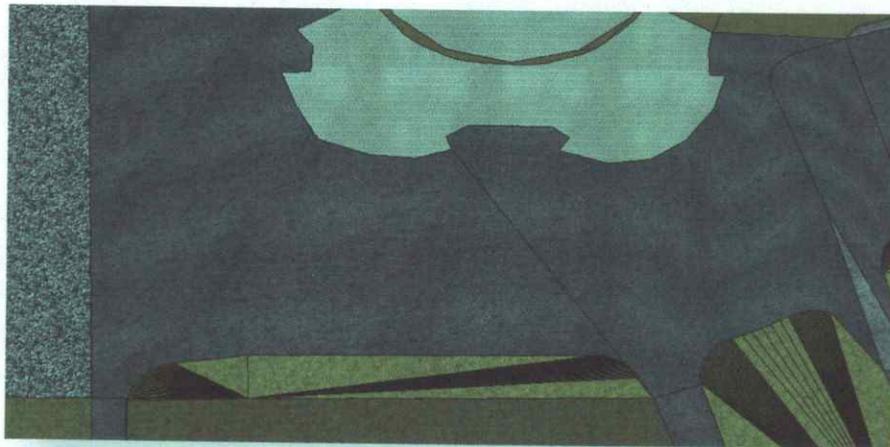


Figure 4.7 : Aperçu de la Plate forme des parkings.

2.1.2. Le marquage au sol au niveau des postes au contact :

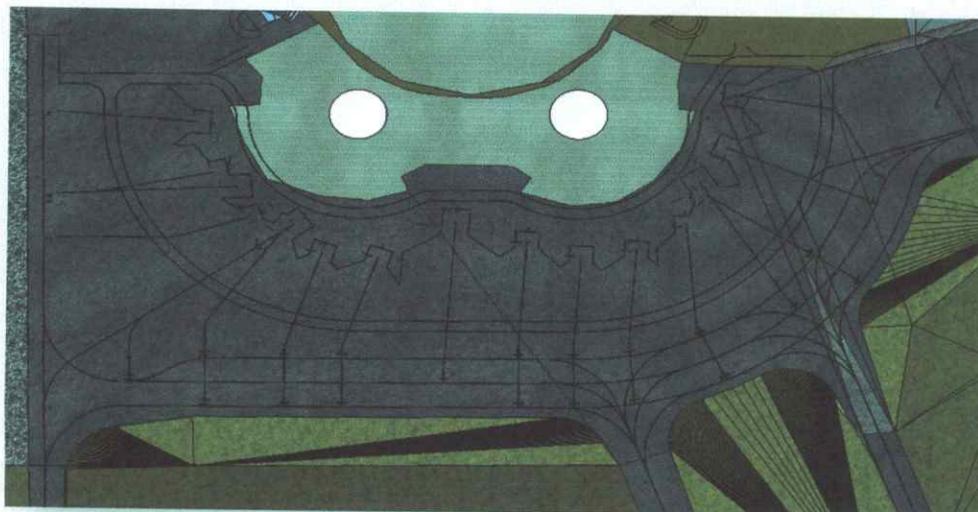


Figure 4.8 : Marquage au sol à côté de la nouvelle aérogare.

Nous avons placés le traçage en se basant sur le marquage déjà existant de l'ancien parking.

La grosse difficulté était lors d'organiser la hiérarchie, lors de l'importation du plan Autocad représenté dans fichier (.dxf). Un nombre important de nœuds, de faces, d'objets et de groupes était généré. Pour une bonne flexibilité et pour faciliter le travail, nous avons regroupé chaque nœud face de marquage de couleur différente dans un seul nœud objet ensuite nous les avons implantés comme des fils du nœud groupe qui contient les marquages qui existait dans la hiérarchie.

2.1.3. Parking P1 et P2 :

Nous avons supprimé le traçage des parkings P1 et P2 à coté de la nouvelle aérogare, car ils ont été supprimé de la réalité.

2.1.4. Les passerelles :

Les passerelles présentes dans l'aéroport sont des passerelles mobiles.



Figure 4.9 : Photo des passerelles existantes.

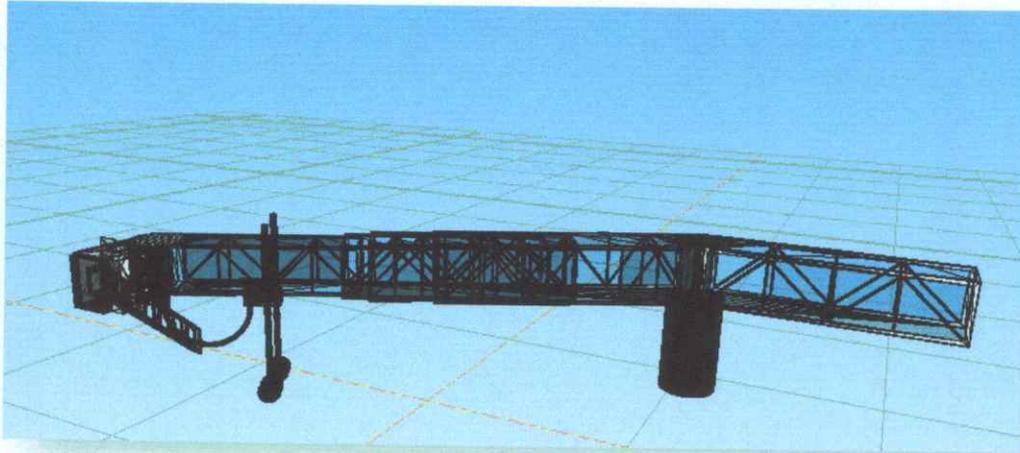


Figure 4.10 : Réalisation 3D d'une passerelle.

Après les avoir modélisées, nous les avons placées dans la scène en respectant leurs places naturelles grâce au plan Autocad et les dimensions définies dans l'annexe 4.

2.1.5. Le taxiway A9 et le taxiway A10 :

Ces taxiways qui relient les poste de stationnement au contact avec des taxiways existant pour les modélisée nous avons procédé comme suit :

- ✓ Tracer manuellement (dessiner) avec l'aide du plan Autocad existant et aussi avec l'aide des données obtenues du chapitre II (35 m de largeur) ;
- ✓ Mettre chacun dans un nœud objet avec pour nom le nom du taxiway ;
- ✓ Localiser la position pour placer ces deux taxiways ;
- ✓ Ajouter ces nœuds objet dans la hiérarchie globale de la scène ;
- ✓ Tracer le marquage au sol selon les standards de construction d'un taxiway ;
- ✓ Donner à ce marquage une couleur jaune semblable aux autres marquages ;
- ✓ Placer les faces dans un nœud objet de la scène qui a pour nom marque où ils sont placés tout le marquage de la scène précédente ;
- ✓ Ajouter les points lumineux tout au long des taxiways puis les intégrer dans la hiérarchie de la scène avec les autres points lumineux.

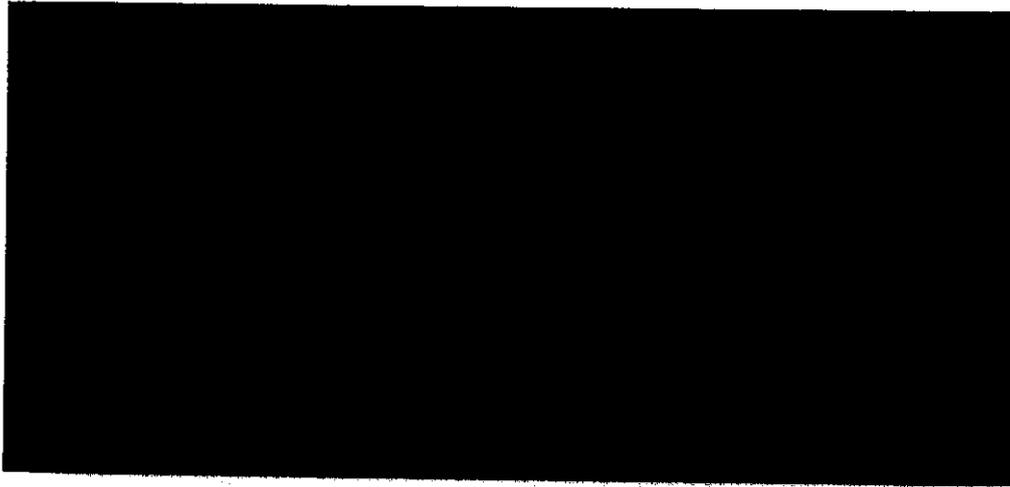


Figure 4.11 : Aperçu des 2 taxiways réalisés.

2.1.6. Au niveau du parking au large :

Pour modéliser le parking au large nous avons procédé comme suit :

- ✓ Prendre de Google Earth les dimensions des postes de stationnement au large, ensuite nous les avons comparé avec les données obtenues des les informations obtenue du chapitre 2, dans le but d'avoir une représentation plus précise et sa position par rapport à la tour de contrôle ;
- ✓ Mettre ces faces dans un seul nœud objet et nous l'avons attribuer le nom de ce parking *P11* ;
- ✓ Localiser la portion où doit être mis le parking puis ajouter le parking ;
- ✓ Ajouter ce nœud objet dans la hiérarchie globale de la scène ;
- ✓ Tracer le marquage au sol selon les standards de construction d'une aire de stationnement ;
- ✓ Donner à ce marquage une couleur jaune semblable aux autres marquages ;
- ✓ Placer les faces dans un nœud objet de la scène qui a pour nom marque ensuite placer ce nœud avec les nœuds qui contiennent les marquages de la scène ;
- ✓ Ajouter les points lumineux de lumière blanche tout au tour du parking puis intégrer dans la hiérarchie de la scène.

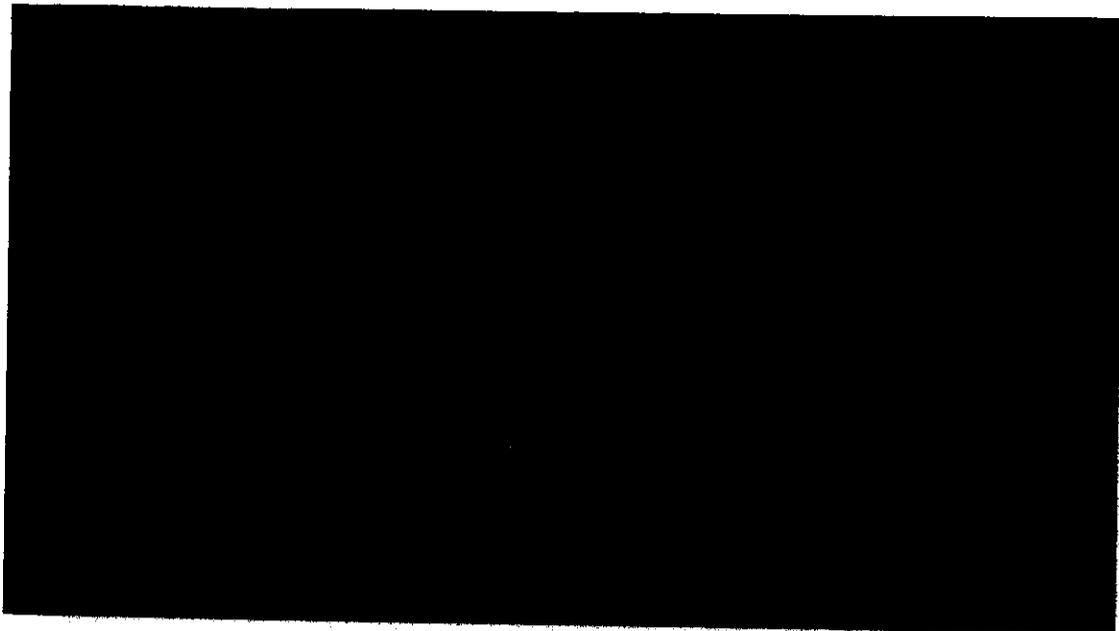


Figure 4.12 : Réalisation du parking au large numéro 11.

2.1.7. La texturation :

Le format OpenFlight (.flt) supporte plusieurs types de textures comme BMP, JPG, RGB, RGBA, GIF, DDS et d'autres types d'images, mais le système d'exploitation de la silicone graphique (IRIX) ne supporte que le format RGB et ses dérivés comme le RGBAAlpha. Dans le cas où la scène est construite en un format inapproprié de textures, cela va nous générer des anomalies lors du rendu de la scène. L'IRIX ne va pas prendre en considération ces textures et il va nous donner à leur place du blanc3. Donc, pour régler ce problème, il faut convertir ces textures dans le format RGB ou dans le format RGBA lors de la phase de construction de la scène. Creator comporte un plugin qui peut nous aider à faire cette conversion de plusieurs formats d'image au format RGB ou RGBA.

Pour notre mise à jour, nous avons fait des changements de textures pour les parkings, la végétation et les voies de circulations pour avoir une interface plus conviviale.

On a eu aussi recours à la texturation de la nouvelle aérogare se rapprochant le plus possible de son aspect réel.

2.1.8. Au niveau des alentours de l'aéroport :

La scène opérationnelle manque de bâtiments civils. Nous avons donc opéré des ajouts aux alentours de l'aéroport pour donner un meilleur aspect esthétique à la scène et la rapprocher un peu plus de la réalité.

- ✓ Nous avons ajouté des bâtiments rassemblés en groupements comme des villes ;
- ✓ Nous avons ajouté des arbres, des buissons, des voitures garées et d'autres objets ;
- ✓ Nous avons aussi amélioré les textures de la topographie (les montagnes avec un ajout d'arbres).



Figure 4.13 : Modèles de bâtiments civils.

2.2. La modélisation des autres objets :

2.2.1. Les marquages au sol :

Les numéros de piste : Nous les avons dessinés (Modélisés) selon les données du chapitre 2.

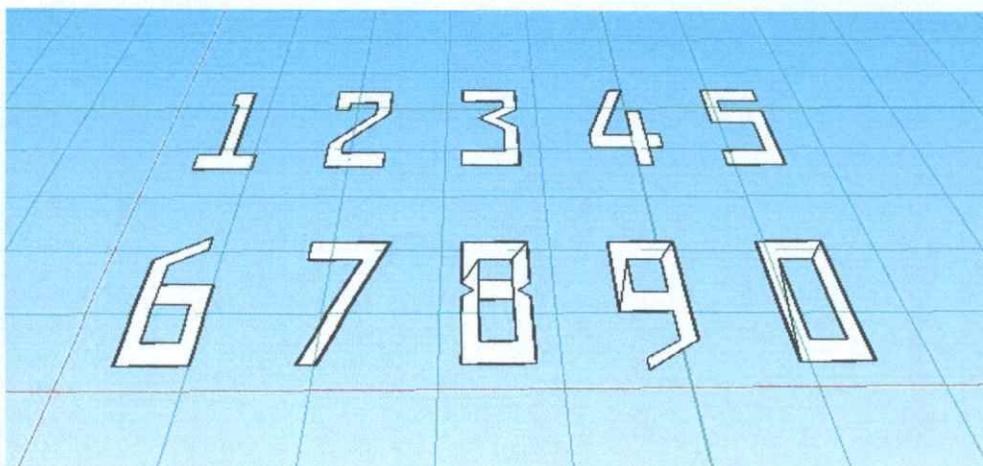


Figure 4.14 : Modèles Numéros de piste.

2.2.2. Les modèles d'hangars :

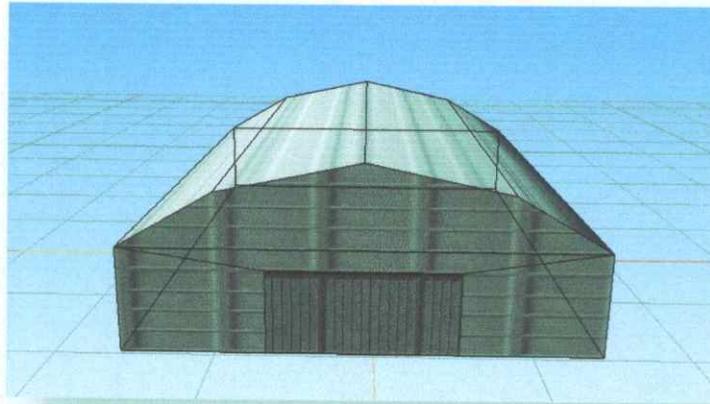


Figure 4.15 : Modèle d'un petit hangar.

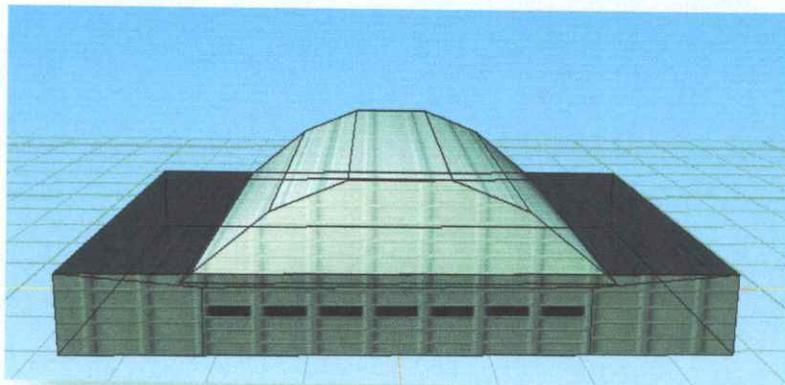


Figure 4.16 : Modèle d'un grand hangar.

2.2.3. Les modèles bâtiments :

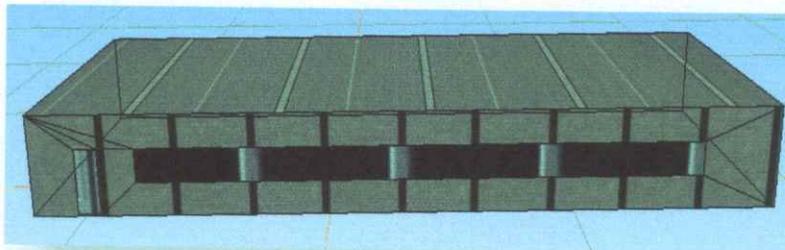


Figure 4.17 : Modèle 3D d'une usine.

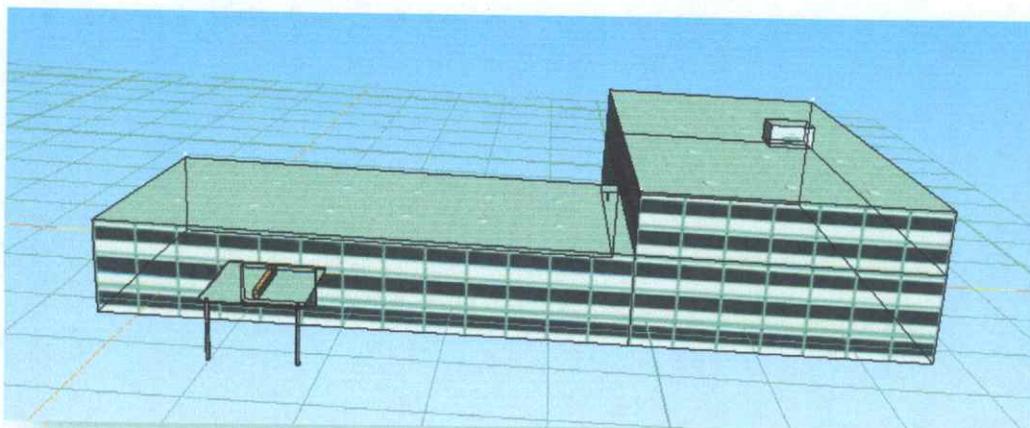


Figure 4.18 : Modèle 3D d'un hôpital.



Figure 4.19 : Modèle 3D d'un bâtiment administratif.

2.2.4. Les passerelles :

- ✓ Une passerelle radiale :

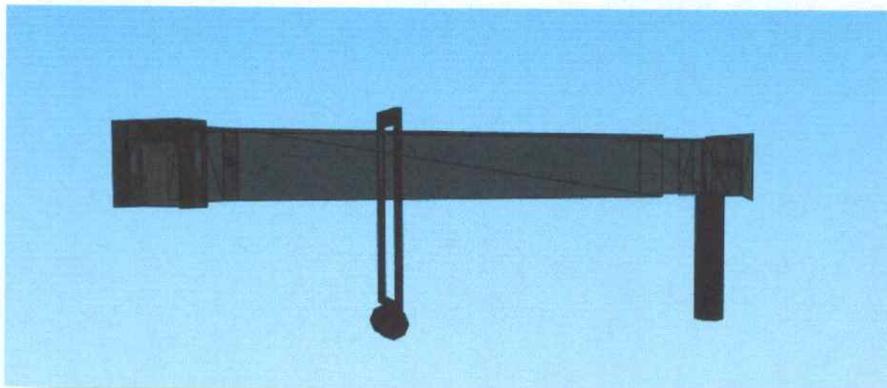


Figure 4.20 : Modèle d'une passerelle radiale.

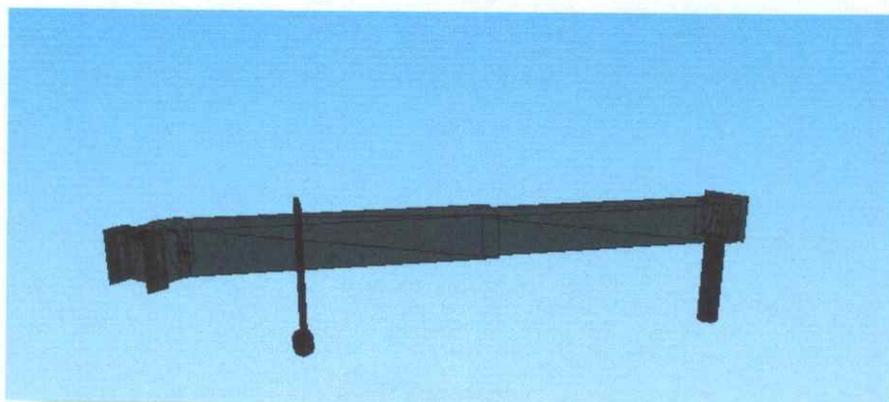


Figure 4.21 : Modèle d'une passerelle radiale rétracté.

Sa hiérarchie permet de la rétracter de l'allonger et de la faire pivoter dans toute les directions.

2.2.5. La végétation :

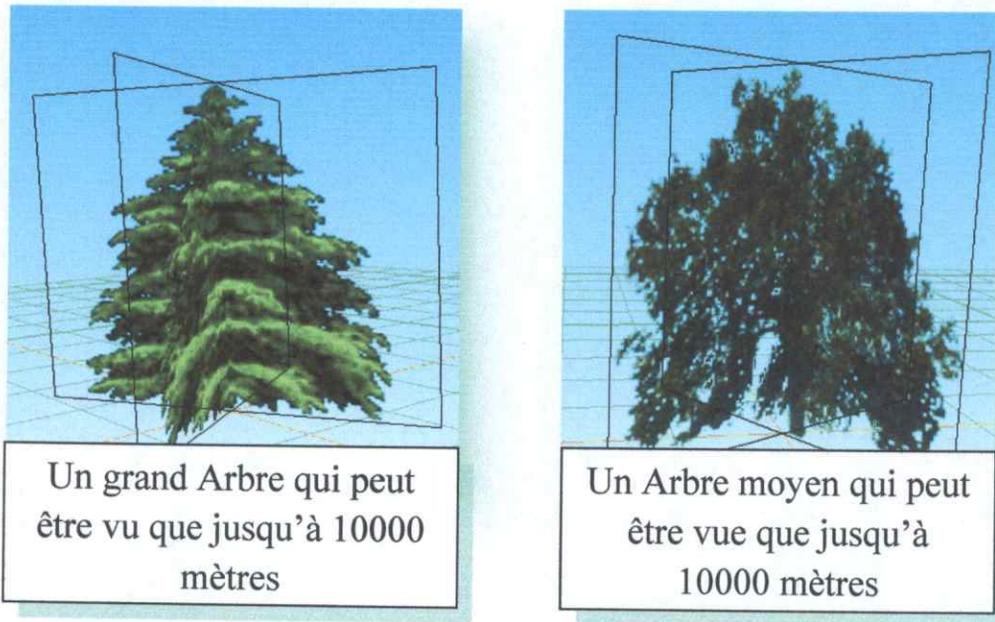


Figure 4.22 : Modèles d'arbres.

Nous avons aussi enrichi la base de données 3D avec des objets 3D livrés avec Creator comme les voitures ou les avions et aussi avec des objets extraits de la scène déjà existante comme les poteaux lumineux et d'autres objets dans le but d'assurer un bon aspect esthétique à la scène.

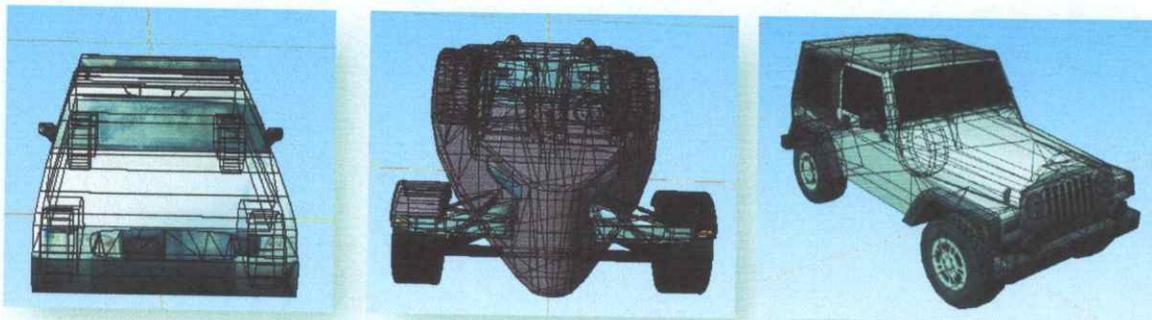


Figure 4.23 : Modèles de voitures.

IV. Conclusion :

Le logiciel que nous avons utilisé est très puissant et permet d'atteindre un niveau de détail impressionnant.

Après le test de la scène sur le simulateur avec l'édition du fichier **base.flt** nous avons conclu que la modification du fichier était un succès et que le rendu ne présentait pas d'anomalies liées à cette modification.

Conclusion générale :

Pour conclure d'un point de vue technique : les travaux qui nous furent demandés ont tous été réalisés avec succès malgré quelques difficultés. En effet, la méthode d'organisation d'une scène aéroportuaire sous la hiérarchie OpenFlight proposée donne une souplesse et une efficacité de manipulation et facilite beaucoup la mise à jour. Concernant la partie, pratique on dira que l'outil utilisé était pour nous un outil nouveau et qui touche un domaine qui est aussi nouveau par rapport à nos études. Il nous a fallu donc un certain temps pour apprendre à le maîtriser avec toujours l'envie de bien faire et d'arriver au bout. Désormais, le logiciel Creator est un outil que nous maîtrisons plutôt bien grâce à l'expérience acquise en travaillant.

Il serait intéressant à l'avenir d'automatiser la création de scènes d'aéroport en utilisant des plate formes comme OpenSceneGraph de manière à pouvoir générer des scènes surtout que la méthode d'organisation proposée va faciliter la tâche d'automatisation.

Réalité virtuelle ou RV: Technologie permettant une simulation interactive et en temps réel de la réalité. Technique de communication homme-machine consistant à immerger à l'aide de dispositifs d'entrée/sortie particuliers, une personne dans un univers sensoriel de synthèse recalculé en temps réel (images, son, sensations tactiles...). Elle est réalisée à l'aide d'images de synthèse, d'un environnement virtuel en 3D dans lequel on peut évoluer, donnant l'impression d'une immersion dans un monde réel.

DXF : Acronyme de Drawing eXchange Format. Format d'échange de données entre systèmes créé par Autodesk pour son logiciel Autocad. La plupart des logiciels du marché disposent de cette interface qui est devenue un standard de fait.

Face : En modélisation tridimensionnelle, petite surface plane délimitée par des contours géométriques. Généralement sa forme la plus simple est le triangle.

Immersion : Sensation d'être entièrement plongé dans un environnement et de pouvoir interagir avec les objets qui s'y trouvent.

Interactivité : Caractérise tout ce qui se rapporte au dialogue Homme/Machine. Elle est constituée par l'ensemble des moyens (logiciel & matériel) permettant des actions réciproques en mode dialogué et temps réel.

Modélisation : Technique qui consiste à restituer sous une forme compréhensible par l'ordinateur un objet ou un phénomène quelconque.

Réaliste : Type d'image de synthèse dont l'apparence visuelle se rapproche très fortement des objets réels jusqu'à ce confondre entre eux.

Scène : Ensemble d'objets élémentaires transformés par des déplacements, rotation, échelle...

Temps Réel : Mode de traitement suffisamment rapide, dont le délai n'est pas sensible pour l'utilisateur.

Texture : Motif, mémorisé une seule fois, que l'on applique répétitivement sur une structure régulière. Par exemple, des briques sur un mur (plan);

Visualisation : Opération qui consiste à obtenir la représentation d'un objet sur un écran graphique sur la base d'une structure de donnée informatique.

ZBuffer : Technique algorithmique permettant le calcul de l'élimination des parties cachées et des ombres portées.

Plug-in : est employé pour désigner un programme qui interagit avec un logiciel principal, appelé programme hôte, pour lui apporter de nouvelles fonctionnalités.

Application modulaire : Application utilisant différents programmes.

Interface : Une interface est une zone, réelle ou virtuelle qui sépare deux éléments. L'interface désigne ainsi ce que chaque élément a besoin de connaître de l'autre pour pouvoir fonctionner correctement. Une interface homme-machine permet d'échanger des informations entre l'utilisateur humain et la machine. Pour que cette communication soit la plus simple à faire et à réaliser, on utilise différents éléments. Les périphériques d'entrée, comme le clavier, la souris, ou le scanner permettent à l'homme de donner des renseignements ou des ordres à la machine. Les périphériques de sortie comme l'écran, des diodes ou l'imprimante permettent à la machine de répondre aux ordres et d'afficher des informations.

Livres :

- [1] Organisation du C.Q.R.E.N.A, E.N.N.A., Juin 2004.
- [2] 3D ScanTower Installation utilisation, Alain Pons. 20 septembre 2000.
- [3] L'Instruction Technique sur les Aérodomes Civils (I.T.A.C.), Direction Générale de l'Aviation Civile française (DGAC), Décembre 1998.
- [4] Les tours de contrôle, Direction Générale de l'Aviation Civile française, Janvier 2007.
- [5] Les passerelles, Direction Générale de l'Aviation Civile française, 1987.
- [6] Hangars d'aviation, Service Technique des Bases Aériennes. (France) , 1979.
- [7] OpenSceneGraph Quick Start Guide, Computer Graphics Systems Development Corporation, 2007.
- [8] OpenFlight Scene Description, MultiGen-Paradigm, April, 2000
- [9] The MultiGen Creator Desktop Tutor, MultiGen-Paradigm, Inc, 1 Novembre 2004.
- [10] Creating Models for Simulations, MultiGen-Paradigm, Inc, Août 2001.

Sites Web:

- [11] www.enna.dz
- [12] OpenSceneGraph Wiki Web site, <http://www.openscenegraph.org/>
- [13] <http://www.autodesk.fr>
- [14] www.3dconnexion.com/
- [15] www.virttools.com/solutions/products/virttools_4.asp
- [16] www.virttools.com/News/pres_114.asp
- [17] www.virttools.com/solutions/index.asp
- [18] http://fr.wikipedia.org/3_d
- [19] www.artlantis.com
- [20] www.sketchup.com
- [21] www.inria.fr
- [22] www.inrialpes.fr/sed/PRV/
- [23] http://fr.wikipedia.org/wiki/3D_Studio_Max
- [24] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Maya_\(logiciel\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Maya_(logiciel))

Code de référence d'aérodrome

La mise en service d'avions de grande capacité sur certaines lignes de moyenne voire courte distance fait toutefois, depuis quelques années, que les caractéristiques géométriques des aérodromes concernés ne découlent plus aussi simplement de la longueur d'étape au départ et de l'utilisation ou non possible en toutes circonstances, mais doivent être élevées au niveau exigé par l'avion le plus exigeant y faisant escale.

Tel est le critère recommandé par l'O.A.C.I. depuis 1982 et que la présente Instruction adopte aujourd'hui pour la conception des aérodromes.

La convention relative à l'Aviation Civile Internationale définit à cette fin un code de référence d'aérodrome à caractéristiques normales comportant deux éléments liés aux caractéristiques de performances et aux dimensions des avions appelés à utiliser cet aérodrome.

Le premier de ces deux éléments est un chiffre fondé sur la distance de référence de l'avion.

Le second élément du code de référence est une lettre fondée sur les valeurs maximales des envergures et des largeurs hors tout des trains principaux des avions auxquels l'installation est destinée.

Le tableau ci-après donne les éléments constituant le code de référence d'un aérodrome en fonction des caractéristiques de performances et des dimensions des avions auxquels l'installation est destinée.

Élément de code 1		Élément de code 2		
1	Moins de 800 m	A	moins de 15 m	moins de 4,5 m
2	800 m à 1 200 m exclus	B	15 m à 24 m exclus	4,5 m à 6 m exclus
3	1 200 m à 1 800 m exclus	C	24 m à 36 m exclus	6 m à 9 m exclus
4	1 800 m et plus	D	36 m à 52 m exclus	9 m à 14 m exclus
		E	52 m à 65 m exclus	9 m à 14 m exclus
		F	65 m à 80 m exclus	9 m à 16 m exclus

(a) Distance entre les bords extérieurs des roues du train principal

Google Earth et son interface :

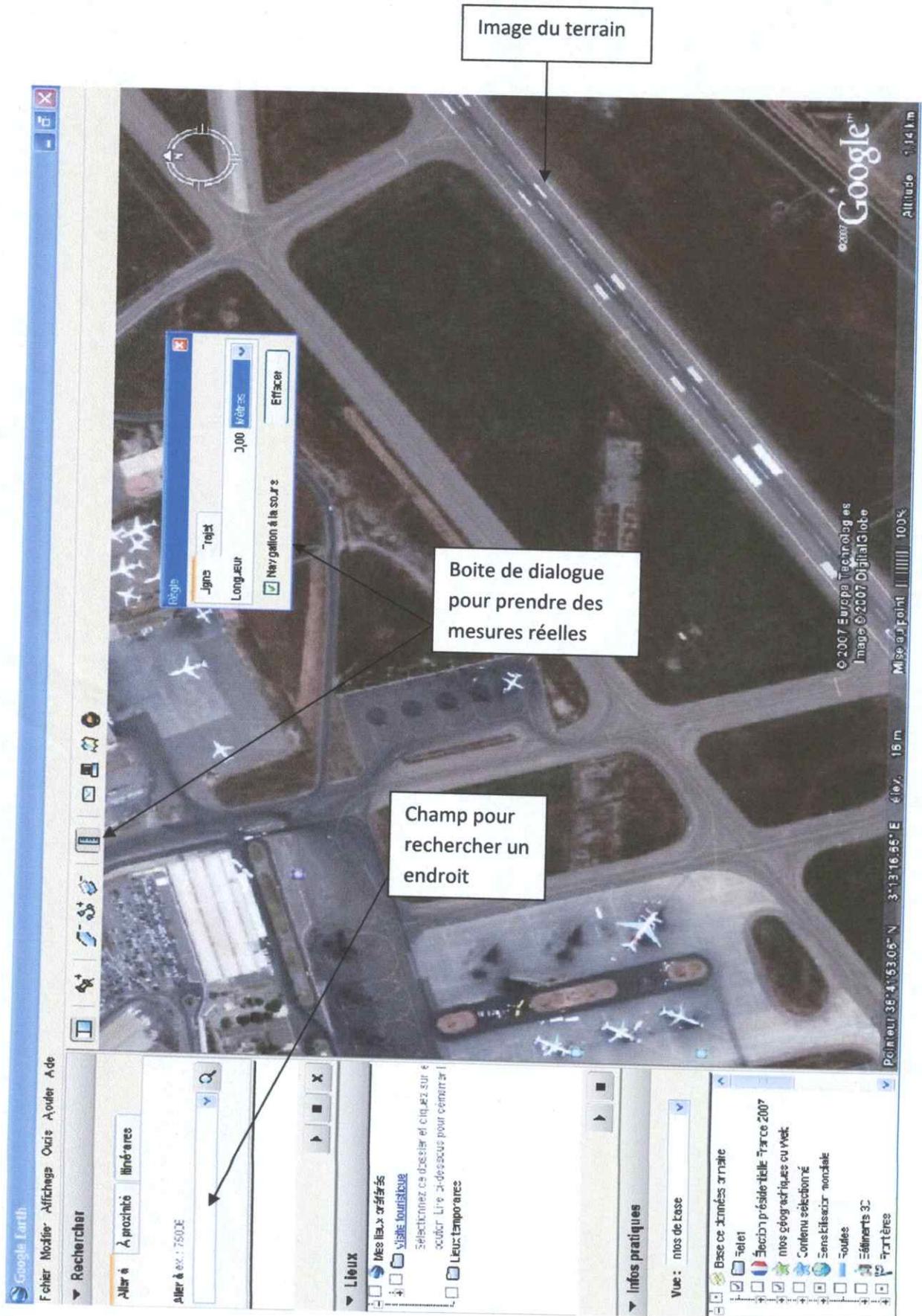
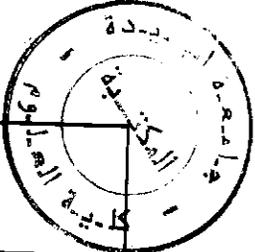


Tableau des principales caractéristiques
des passerelles mobiles


PARTIES CONSTITUTIVES	DIMENSIONS COURANTES	
Galerie	Longueur totale opérationnelle (*) : — radiale — télescopique • 2 couloirs • 3 couloirs • 4 couloirs Largeur intérieure Hauteur intérieure Inclinaison maximum ... Débattement angulaire ..	20 m rétractée 9 m à 23 m 14 à 20 m 20 m déployée 12 à 35 m 23 à 47 m 47 m 1 m 40 à 2 m 10 2 m 15 à 2 m 80 15 à 17 ‰ (descendante) 5 ‰ (montante) 180°
Cabine d'accos- tage	Largeur totale de la tête Amplitude de variation de la hauteur de plancher Hauteur maximale du bord de la tête Hauteur minimale du bord de la tête Distance du train de roulement au seuil de la cabine Vitesse verticale de la tête	3 m 50 3,2 à 3,7 m 5,3 à 5,5 m 1,8 à 2,1 m 4,7 à 6,6 m 0,025 m/s à 0,1 m/s

(*) Différente de la longueur techniquement possible.