الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان –

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Métiers de la Ville

Domaine : Architecture

Spécialité : Géomatique et Gestion du Foncier

Par : **MEKKAOUI KHALID**

Sujet

Contribution à l'étude d'un projet des voies de circulation pour abris avions à l'École Supérieure de l'Air de Tafraoui / 2e Région Militaire

Soutenu publiquement, le 22 / 06 / 2026, devant le jury composé de :

M BABA Ahmed C.Ismail	MAA	Université de Tlemcen	Président
M HAMZAOUI Fathi	Pr	Université de Tlemcen	Examinateur
Mme Fatima Zahra MAKHLOUFI	MCB	Université de Tlemcen	Encadrante
M. HDJAIL Abdelkader	Ingénieur	SAETI	Invité

Année universitaire : 2025/2026

REMERCIEMENTS

Avant tout, je tiens à remercier **Dieu** de m'avoir accordé le courage pour commencer et finir ce stage.

J'ai eu le grand plaisir d'être orienté par **Mme MAKHLOUFI Fatima Zahra**, à qui vont nos chaleureux remerciements et celle qui n'a pas cessé de nous donner des conseils et des directives pour leur patience et leur aide durant tout l'encadrement.

Nous adressons nos sincères remerciements **à l'ensemble des enseignants** de l'université de Tlemcen sans oublier le staff administratif, le **Professeur Cheikh Mohamed Amine.**

Je remercie chaleureusement **M. HDJAIL** en tant que chef de projet pour ses facilités inconditionnelles.

Je souhaite exprimer ma reconnaissance à mon tuteur externe de stage, **M. MADJROUNI Mohammed** chef brigade topographie, pour ses avis, ses explications, et pour le partage de son expérience.

Nous remercions les membres de jury monsieur président et monsieur l'examinateur qui ont accepté de lire ce rapport, et d'y apporter leurs remarques et critiques.

Le dernier mais non le moindre, je tiens à remercier **mes parents**, ainsi que toutes ma famille et mes amis, pour leur soutient, leur affection et la confiance qu'ils m'ont toujours accordé quelques soient les circonstances.

DEDICACE

Avant tout, je remercie le Tout-Puissant de m'avoir donné le courage, la patience et la force nécessaires pour arriver à ce stade de mes études.

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui me sont chères, et plus particulièrement :

- À mes très chers parents, en témoignage de leur amour, leurs sacrifices et leur soutien moral et financier durant tout mon parcours universitaire. A ma mère, je demande au bon DIEU, pour lui réserve dans son vaste paradis.
- À mes chers frères et sœurs.
- À toute ma famille : mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines, particulièrement mon oncle MOHAMMED et ma tante Madame MBARKA.
- À tous mes enseignants de l'université de Tlemcen ainsi qu'à tous mes professeurs sans exception, pour leurs conseils et leurs efforts.
- Sans oublier toutes les personnes qui m'ont aidé et soutenu depuis l'école primaire jusqu'à l'obtention de ce diplôme.
- À tous mes anciens amis, particulièrement : Hamid, Nourddine Boukaftan, Hamza, Ayoub, Bilal et DAHAOUI MUSTFA.
- À tous les amis étudiants, surtout ceux de l'université de Tlemcen, notamment : BENSEGHIR HACHEMI, SEDDOUKI MOHEMMED et RAHMANI ISHAK.
- Enfin, à toute la promotion GGF 2026.

Résumé

Ce projet de fin d'études vise à étudier et à réaliser un système de voies de circulation pour les abris d'avions, en mettant l'accent sur le rôle du topographe dans ce processus. En utilisant des méthodes topographiques avancées, l'étude comprend une analyse détaillée du terrain, des levés précis et une modélisation 3D pour concevoir des voies de circulation efficaces et sécurisées pour les abris d'aéronefs.

Les résultats obtenus démontrent l'importance cruciale du rôle du topographe dans la planification et la mise en œuvre de telles infrastructures, ainsi que les avantages d'une approche méthodique et précise pour garantir la sécurité et l'efficacité des opérations aéroportuaires.

Ce travail contribue ainsi à l'amélioration des normes de conception des infrastructures aéroportuaires, tout en mettant en valeur l'expertise et l'importance du topographe dans le domaine de l'ingénierie aéronautique.

Mots-clés :

- Topographie aéroportuaire
- Voies de circulation avions
- Modélisation 3D (DTM)
- Levés topographiques
- Sécurité et optimisation
- Infrastructures aéronautiques
- Rôle du topographe
- Conception géométrique

الملخص:

يهدف مشروع نهاية الدراسة هذا إلى دراسة وإنجاز نظام للطرق المخصصة لحركة الطائرات نحو الملاجئ (حظائر الطائرات)، مع التركيز على الدور المحوري للمهندس الطبوغرافي في مختلف مراحل هذا العمل. وتعتمد هذه الدراسة على توظيف تقنيات طبوغرافية حديثة، حيث تشمل تحليلاً دقيقاً لطبيعة الموقع، وإنجاز عمليات رفع ميداني عالية الدقة، إضافة إلى إعداد نماذج ثلاثية الأبعاد تُسهم في تصميم مسارات حركة فعّالة وآمنة للطائرات.

وقد أظهرت النتائج المتوصل إليها الأهمية البالغة لدور الطبوغرافي في تخطيط وتنفيذ هذا النوع من المشاريع، لما له من تأثير مباشر على ضمان سلامة وكفاءة العمليات داخل المنشآت المطارّية. كما أبرزت الدراسة مزايا اعتماد منهجية علمية دقيقة ومنظمة في تصميم هذه البنى التحتية.

وبذلك، يساهم هذا العمل في تحسين معايير تصميم المنشآت الجوية، مع إبراز قيمة الخبرة الطبوغرافية وأهميتها في مجال الهندسة الجوية.

Abstract

The aim of this project is to study and realise a taxiway system for aeroplane shelters (MARGUERITE), focusing on the role of the topographer in this process. The study includes a detailed analysis of the terrain, precise surveys using sophisticated topographic equipment, and 3D modelling (DTM) to design efficient and safe taxiways for airplane shelters.

The results obtained demonstrate the crucial importance of the role of the topographer in the design or construction of such infrastructures, as well as the benefits of a methodical and precise approach to guaranteeing the safety and efficiency of airport operations.

This work contributes to the improvement of airport infrastructure design standards, while highlighting the expertise and importance of the topographer in the field of aeronautical engineering.

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE 5
CHAPITRE 1: CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET CONCEPTUEL 7
. 1 Introduction 7
2 . Méthodologie de travail 7
2. 1 - Méthodologie générale 7
2. 2 - Reconnaissance du site : 8
2. 3 - Collecte des données topographiques : 8
3 . Traitement et modélisation des données 8
3. 1 - Analyse et conception des voies de circulation 9
4 . Démarche globale du projet 9
4. 1 - Reconnaissance du site 9
4. 2 - Collecte des données 9
4. 3 - Traitement des données 9
4. 4 - Étapes de travail 10
5 . Concepts fondamentaux lies aux infrastructures aéroportuaires 10
5. 1 - Importance des zones aéroportuaires 10
5. 2 - Gestion foncière et maîtrise du sol 11
5. 3 - Servitudes aéronautiques 11
5. 4 - Contraintes d'urbanisation 12
6 . Levé topographique 13
7 . Modèle Numérique de Terrain (MNT) 15
8 . Cadre règlementaire et normes 16
9 . Analyse d'exemples (cas pratiques) 17
9. 1 - Aéroport de Paris-Charles de Gaulle. 17
9. 2 - Aéroport Houari Boumediene à Alger. 20
10 . Conclusion 22
CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET ÉTAT DES LIEUX 24
1 . Introduction 24
2 . Présentation du projet 24
2. 1 - Objet du projet 24
2. 2 - Objectifs 25
3 . Présentation de la zone d'étude (tafraoui) 26
3. 1 - Localisation (Tafraoui) 26
3. 2 - Contexte militaire et fonction 27
3. 3 - Historique (ESA) 28
4 . Description du site en état existant 29
4. 1 - Nature du terrain 29
4. 2 - Infrastructures existantes 30
4. 3 - Contraintes observées (électricité, AEP, clôture…) 32
5 . Reconnaissance et sorties terrain 36
5. 1 - Observations détaillées 36
5. 2 - Analyse photographique 36
6 . Caractéristiques du projet 37
6. 1 - Voies de circulation 37
6. 2 - Longueur 38

6. 3 - Organisation....38
7 . Synthèse des contraintes....39
8 . Conclusion....40
CHAPITRE 3 : ACQUISITION ET TRAITEMENT DES DONNÉES....41
1 . Introduction....41
2 . Acquisition des données....41
3 . L'instrument de mesure topographique intégré appelé station totale :....42
4 . Le système mondial de localisation par satellites (GPS, Global Positioning System) :....43
5 . Traitement topographique....43
5. 1 - Calcul du cheminement....43
5. 2 - Nivellement....43
5. 3 - Interpolation....44
5. 4 - Exposé du tableau de la polygonale....44
6 . Modélisation numérique du terrain....46
6. 1 - Modèle Numérique de Terrain (MNT)....47
6. 2 - Utilisation des MNT :....47
7 . Les logiciels (dans notre projet)....49
7. 1 - Logiciel Covadis....49
8 . Exploitation des données....50
8. 1 - Courbes de niveau....50
8. 2 - Analyse des pentes....51
9 . Conclusion....52
CHAPITRE 4 : CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU PROJET....53
1 . Introduction....53
2 . Aménagement des infrastructures aéroportuaires....53
3 . Classification et identification des pistes :....54
4 . Détermination du profil en travers type....54
5 . Dimensions des aires de trafic....55
6 . Résistance des aires de trafic....55
7 . Pente des aires de trafic....55
8 . Dégagement sur les aires de trafic....55
9 . Etudes générales de l’aménagement....58
9. 1 - Description de l’étude....58
9. 2 - Caractéristiques des voies de circulation....58
9. 3 - Géométrie des aménagements....59
9. 4 - Dimensionnement....60
10 . Calcule et interprétation....60
10. 1 - Les paramètres considérés....60
10. 2 - Proposition de corps de chaussée....61
11 . Le plan de piquetage (plan d’implantation)....63
12 . Listing D’implantation....64
13 . Étude d’assainissement....69
13. 1 - Objectifs....69
14 . Types d’ouvrages et Réseaux (fossés, caniveaux, Canalisations de drainage)....69
14. 1 - Fossés....69
14. 2 - Caniveaux....70
14. 3 - Canalisations de drainage :....70
15 . Calcul hydrologique des débits (méthode rationnelle et intensité pluie)....70

15. 1 - Dimensionnement 71
16 . Conclusion 73
CHAPITRE 5 : ÉQUIPEMENTS AÉRONAUTIQUES ET RÉSULTATS 74
1 . Introduction 74
2 . Balisage 74
2. 1 - Balisage lumineux 74
2. 2 - Balisage des bords de piste 76
2. 3 - Balisage du seuil de piste 77
2. 4 - Balisage de la zone de toucher des roues 78
2. 5 - Balisage axial 78
2. 6 - Balisage de l'extrémité de piste 79
• 80
2. 7 - Balisage voies de circulation 80
2. 8 - Feux de protection de piste 82
3 . LA SIGNALISATION 84
4 . Marquages et chiffres sur une piste 84
4. 1 - Axe de piste 85
4. 2 - Seuil de piste 86
4. 3 - Marquage latéral des pistes 86
4. 4 - Interruption du marquage latéral de la piste 87
4. 5 - Zone de toucher des roues - pistes inferieures a 2400 m 88
4. 6 - Zone de toucher des roues- pistes supérieures a 2400 m 89
4. 7 - Identification des pistes 90
4. 8 - Marquage latéral des pistes 91
5 . Emplacement et caractéristiques 91
6 . Les différentes zones 91
6. 1 - Zone anti-souffle et Prolongement d'arrêt 91
6. 2 - Seuil de piste décalé 93
6. 3 - Aire de retournement ou Raquette 94
6. 4 - Zone inutilisable 95
6. 5 - Aires de circulation 97
6. 6 - Voie de circulation à sortie rapide 97
7 . Marques de point arrêt et d’intersection de voies de circulation 98
7. 1 - Point d'arrêt simple entre piste et voie de circulation 98
7. 2 - Point d'arrêt spécifique pour les pistes Cat.II et Cat.III 99
7. 3 - Point d'arrêt entre deux voies de circulation. 100
8 . Conclusion 102
CONCLUSION GENERALE 103
LES ANNEXES 105
BIBLIOGRAPHIE (Format ISO 690) 106
1 . Normes et documents officiels 106
2 . Ouvrages techniques 107
3 . Logiciels et outils 107
4 . Documents institutionnels 107
WEBOGRAPHIE 107

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - zones aéroportuaires [l'avionnaire] 11
Figure 2 - Servitudes aéronautiques [annex 14] 12
Figure 3 - Modèle Numérique de Terrain [Google] 16
Figure 4- Aéroport de Paris-Charles de Gaulle [Google] 19
Figure 5 - Aéroport de Paris-Charles de Gaulle [Google] 20
Figure 6- Aéroport Houari Boumédiène à Alger [Google] 21
Figure 7- Aéroport Houari Boumédiène à Alger [Google] 22
Figure 8- Situation de l'Aéroport Militaire de Tafraoui - Oran -[Google] 27
Figure 9- La topographie du site de L'ES AIR tafraoui [cartes topographiques] 29
Figure 10- les bâtiments, voies et infrastructures existantes [Gougle Earth] 31
Figure 11- Plan Général : Situation des Voies de Circulations Projetées au Seuil 08 et 26 [CFA]. 32
Figure 12- les voies de circulations existantes [Google Earth]. 37
Figure 13- la classification des voies de circulations existantes [l'avionnaire] 38
Figure 14-Instruments utilisés dans le levé topographique [Auteur] 42
Figure 15- Terrain naturel de projet avant la réalisation [Auteur] 47
Figure 16- Levé initial [capture d'écran de l'Autodesk] 47
Figure 17- MNT du Projet [capture d'écran de l'Autodesk] 48
Figure 18- logiciels de projet [Google] 50
Figure 19- Vue en plan d'un terrain de projet [capture d'écran de l'Autodesk] 51
Figure 20- Classification et identification des pistes [l'avionnaire] 54
Figure 21- profil en long du pk 150 au pk 1100 [capture d'écran de l'Autodesk] 60
Figure 22- couches de remblai [Autodesk] 61
Figure 23- profil en travers type [Autodesk] 62
Figure 24- profil en travers courant [Autodesk] 62
Figure 25- Tracé en plan [Autodesk] 63
Figure 26- Plan d'assainissement [Autodesk] 72
Figure 27- Balisage lumineux [l'avionnaire] 75
Figure 28- Balisage des bords de piste [l'avionnaire] 76
Figure 29- Balisage du seuil de piste [l'avionnaire] 77
Figure 30- feux de seuil encastrés et surélevés [avionnaire] 77

Figure 31- feux de couleur blanche [avionnaire]. 78
Figure 32- Balisage axial [avionnaire] 78
Figure 33- feux blanc et rouge [avionnaire] 78
Figure 34- Balisage de l'extrémité de piste [avionnaire] 79
Figure 35- feux [avionnaire] 79
Figure 36- feux rouges unidirectionnels [avionnaire] 79
Figure 37- feux d'extrémité [Avionnaire] 80
Figure 38- Balisage voies de circulation [Avionnaire] 80
Figure 39 -feux de la ligne centrale [Avionnaire] 81
Figure 40- Feux verts d'une voie de circulation [Avionnaire] 81
Figure 41- feux de la ligne centrale [Avionnaire] 81
Figure 42- feux central [Avionnaire] 81
Figure 43- feux rouges après le stop [Avionnaire] 82
Figure 44- Feux de protection de piste [Avionnaire] 82
Figure 45- feux rouge en travers [Avionnaire] 83
Figure 46- ligne de feux rouge [Avionnaire] 83
Figure 47- Marquages et chiffres sur une piste [Avionnaire] 84
Figure 48- marquage axe de piste [Avionnaire] 85
Figure 49- Seuil de piste [Avionnaire] 86
Figure 50- Marquage latéral des pistes [Avionnaire] 87
Figure 51- Interruption du marquage latéral de la piste [Avionnaire] 88
Figure 52- Zone de toucher des roues - pistes inferieures a 2400 m [Avionnaire] 89
Figure 53- Zone de toucher des roues - pistes inferieures a 2400 m [Avionnaire] 89
Figure 54- Zone de toucher des roues- pistes supérieures à 2400 m [Avionnaire] 90
Figure 55- Identification des pistes [Avionnaire] 91
Figure 56- Zone anti-souffle et Prolongement d'arrêt [Avionnaire] 92
Figure 57- Zone anti-souffle et Prolongement d'arrêt [Avionnaire] 92
Figure 58- Seuil de piste décalé [Avionnaire] 93
Figure 59-Seuil de piste décalée [Avionnaire] 93
Figure 60- Seuil de piste décalé [Avionnaire] 94
Figure 61- Détail de la flèche [Avionnaire] 94
Figure 62- Détail de la flèche [Avionnaire] 95
Figure 63- Zone inutilisable [Avionnaire] 96

Figure 64- Zone inutilisable [Avionnaire] 96
Figure 65- Aires de circulation {Avionnaire] 97
Figure 66- Voie de circulation à sortie rapide [Avionnaire] 98
Figure 67- Marques de point arret et d'intersection [Avionnaire] 98
Figure 68- Point d'arrêt spécifique pour les pistes Cat.II et Cat.III [Avionnaire] 99
Figure 69- Point d'arrêt marque RWY AHEAD [Avionnaire] 99
Figure 70- Point d'arrêt entre deux voies de circulation [Avionnaire] 100
Figure 71- Point d'arrêt entre deux voies de circulation [Avionnaire] 100
Figure 73- Plan de signalisation [Avionnaire] 101

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1- Les principales représentations 13
Tableau 2- L'Etat Actuel 33
Tableau 3- Liste de polygonale de base 44
Tableau 4- dégagement sur les aires de trafic 56
Tableau 5- Code de référence de l'aérodrome 56
Tableau 6- Distance minimale entre l'axe d'une piste et une plate-forme d'attente ou un point d'attente de circulation. 57
Tableau 7- Caractéristiques des voies de circulation 58
Tableau 8- Listing D'implantation 64
Tableau 10- identification de marquage 86

Abréviations générales

PFE : Projet de Fin d'Études

DAO : Dessin Assisté par Ordinateur

SIG : Système d'Information Géographique

GPS: Global Positioning System

GNSS: Global Navigation Satellite System

MNT : Modèle Numérique de Terrain

DTM : Digital Terrain Model

MNS : Modèle Numérique de Surface

TN : Terrain Naturel

TA : Terrain Aménagé

XYZ : Coordonnées spatiales

NGF : Nivellement Général de la France (si utilisé comme référence altimétrique)

RTK : Real Time Kinematic

Station Totale (ST) : Instrument de mesure topographique

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale

ACI: Airports Council International

RWY: Runway (Piste)

TWY : Taxiway (Voie de circulation)

APN : Apron (Aire de stationnement)

PCN : Pavement Classification Number

ACN : Aircraft Classification Number

3D : Trois dimensions

2D : Deux dimensions

PL : Profil en long

PT : Profil en travers

PK : Point Kilométrique

Δ (Delta) : Variation / angle

R : Rayon de courbure

INTRODUCTION GENERALE

Dans un contexte où la sûreté et l'efficacité des opérations aériennes sont des priorités majeures, la qualité des infrastructures aéroportuaires constitue un élément crucial. Parmi celles-ci, les voies de circulation revêtent une importance cruciale, assurant la continuité opérationnelle entre les diverses parties de la plateforme et permettant des déplacements sécurisés et efficients des aéronefs au sol. La conception dépasse la simple élaboration d'un schéma géométrique pour englober une démarche globale intégrant des contraintes techniques, réglementaires et opérationnelles rigoureuses.

Le présent mémoire, intitulé « Contribution à l'étude d'un projet des voies de circulation pour abris avions à l'École Supérieure de l'Air de Tafraoui / 2e Région Militaire », s'inscrit dans cette perspective. Ce projet présente une importance majeure en raison de la nature stratégique du site ainsi que des contraintes spécifiques qui y sont liées, requérant une approche d'ingénierie méthodique et appropriée.

Il convient de concevoir et de dimensionner les voies de circulation des abris avions de manière à garantir leur sécurité, leur fonctionnalité et leur durabilité, tout en tenant compte des contraintes spécifiques du site de Tafraoui.

L'objectif fondamental de cette étude consiste à fournir une analyse exhaustive et rigoureuse facilitant la conception ainsi que le dimensionnement optimal des voies de circulation dédiées aux abris avions.

De manière plus précise, il convient de mentionner :

- Examiner les caractéristiques du site et déterminer les contraintes présentes.
- Utiliser des données topographiques exactes au moyen d'instruments contemporains de modélisation ;
- Développer un modèle numérique de terrain rigoureux et fiable ;
- Élaborer la configuration géométrique des voies, comprenant le plan, le profil en long et le profil en travers.

- Concevoir les structures en intégrant les conditions de charge ainsi que les caractéristiques du sol.
- Intégrer les dispositifs d'assainissement ainsi que les équipements aéronautiques requis.

Afin d'atteindre ces objectifs, une méthodologie graduelle a été mise en œuvre, commençant par une analyse conceptuelle et réglementaire, puis poursuivie par une étude approfondie du site. Les données recueillies ont été analysées en vue d'élaborer une modélisation numérique rigoureuse, constituant le fondement de la conception géométrique et du calcul des dimensions des infrastructures. Cette démarche intégrative a conduit à l'élaboration de solutions techniques appropriées, respectant les normes ainsi que les exigences spécifiques au secteur aéronautique.

Le mémoire se compose de cinq chapitres complémentaires.

1. Le premier chapitre expose le cadre méthodologique et conceptuel.
2. Le deuxième chapitre aborde la description de la zone d'étude ainsi que l'analyse de son état actuel.
3. Le troisième chapitre porte sur la collecte et l'analyse des données.
4. Le quatrième chapitre traite de la conception ainsi que du dimensionnement du projet.
5. Le cinquième chapitre traite des dispositifs aéronautiques ainsi que de l'analyse des résultats.

CHAPITRE 1: CADRE MÉTHODOLOGIQUE ET CONCEPTUEL

Introduction

Le développement des infrastructures aéronautiques constitue aujourd'hui un enjeu stratégique majeur pour les États, en raison de son rôle déterminant dans la mobilité, la sécurité aérienne ainsi que dans le développement économique et territorial. La réalisation d'une plateforme aéroportuaire, notamment les pistes d'atterrissage, les taxiways et les aires de circulation, nécessite une démarche scientifique rigoureuse reposant sur des données fiables, des études techniques approfondies et le respect strict des normes internationales de l'aviation civile (OACI, 2022). L'élaboration des infrastructures aéronautiques exige une planification méticuleuse basée sur des données exactes et des techniques scientifiques appropriées.

Dans ce cadre, la géomatique et la topographie sont essentielles pour la planification et la construction des pistes d'atterrissage et des voies de circulation destinées aux aéronefs.

Le présent chapitre a pour objectif de présenter le cadre méthodologique adopté dans cette étude portant sur la conception des voies de circulation aéronautiques au niveau de l'École Supérieure de l'Air de Tafraoui. Il expose les différentes étapes suivies depuis la reconnaissance du terrain jusqu'au traitement et à l'analyse des données topographiques nécessaires à l'élaboration du projet. Ce chapitre introduit également les concepts fondamentaux liés aux infrastructures aéroportuaires, notamment les servitudes aéronautiques, les contraintes d'urbanisation, les levés topographiques et les modèles numériques de terrain.

Méthodologie de travail

- ### Méthodologie générale

La méthodologie adoptée dans cette étude repose sur une approche intégrée combinant les techniques de levé topographique, l'acquisition des données spatiales, le traitement numérique ainsi que l'analyse géométrique des infrastructures aéronautiques (IGN France, 2019). Cette démarche vise principalement à concevoir des voies de circulation adaptées aux caractéristiques physiques du site. L'objectif est de concevoir des voies de circulation adaptées aux contraintes du site tout en respectant les normes aéronautiques.

Voici les étapes clés de la méthodologie :

- **Reconnaissance du site**

L'identification du lieu représente une étape préliminaire essentielle dans chaque projet, elle implique de réaliser une inspection sur site pour déterminer les attributs globaux de la zone d'analyse, juger son accessibilité et identifier les diverses restrictions susceptibles d'affecter les travaux, les caractéristiques physiques du terrain, les obstacles existants, les conditions d'accessibilité ainsi que les différentes contraintes naturelles ou artificielles susceptibles d'influencer les travaux futurs (Merlin & Choay, 2015).

Cette phase permet également de localiser les infrastructures déjà présentes sur le site, telles que les voies d'accès, les réseaux techniques ou les équipements aéronautiques existants. Les observations réalisées sur le terrain facilitent ainsi la préparation des opérations topographiques et l'organisation des campagnes de levé.

- **Collecte des données topographiques**

Recueillir des données topographiques est une phase essentielle dans tout projet d'aménagement, elle implique la collecte sur site de toutes les informations requises pour décrire géométriquement la zone d'étude, Elle consiste à acquérir l'ensemble des informations nécessaires à la représentation géométrique et altimétrique du terrain étudié (Brinker & Minnick, 2015).

Dans cette étude, les levés ont été réalisés à l'aide d'équipements topographiques modernes tels que les récepteurs GPS et les stations totales, garantissant ainsi une précision adaptée aux exigences des projets aéronautiques. Les données obtenues servent de base à la création d'une base de données spatiale destinée au traitement numérique et à la modélisation du terrain.

- **Traitement et modélisation des données**

Dans tout projet d'infrastructure, le traitement et la modélisation des données sont des phases cruciales, le processus de traitement comprend l'examen, la rectification et l'organisation des données recueillies sur le terrain pour assurer leur crédibilité.

La modélisation numérique du terrain permet ensuite de représenter la morphologie réelle du site sous forme numérique à travers la génération d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT), des

courbes de niveau ainsi que des profils en long et en travers (Covadis, 2021). Ces représentations facilitent considérablement l'analyse spatiale et constituent une base technique essentielle pour la conception des voies de circulation aéronautiques.

- **Analyse et conception des voies de circulation**

La conception et l'étude des voies de circulation représentent une phase essentielle dans les projets d'aménagement topographique et aéronautique, l'examen analyse les propriétés du lieu, les restrictions topographiques, techniques et légales pour établir les conditions de viabilité. La conception géométrique des voies prend en considération plusieurs paramètres tels que les rayons de courbure, les pentes longitudinales et transversales, les distances de sécurité ainsi que les caractéristiques des appareils appelés à utiliser les infrastructures. L'objectif principal demeure la garantie d'une circulation aérienne fluide, sécurisée et conforme aux normes internationales.

Démarche globale du projet

- **Reconnaissance du site**

Cette phase implique une reconnaissance initiale de la zone d'étude pour repérer les caractéristiques du terrain, les obstacles présents et évaluer les conditions d'accès. Elle offre aussi la possibilité de déterminer les zones à explorer, les techniques à mettre en œuvre et des instruments de levé les plus appropriés.

- **Collecte des données**

La récolte des données représente une étape fondamentale du projet. Elle englobe :

- Les relevés topographiques effectués à l'aide de systèmes GPS et/ou de stations totales.
- L'obtention des coordonnées des points caractéristiques du terrain.
- L'acquisition de données préexistantes (plans, images satellitaires, etc.)

- **Traitement des données**

Les données recueillies sur le terrain sont traitées à l'aide de logiciels spécialisés tels que AutoCAD, Covadis, Autodesk Civil 3D ou BricsCAD. Cette étape permet :

- Effectuer le calcul des coordonnées.
- Produire un Modèle Numérique de Terrain (MNT).
- Générer les courbes de niveau.
- L'élaboration des profils topographiques nécessaires à l'étude.

- **Étapes de travail**

L'intégralité du processus peut être synthétisée de la manière suivante :

- Reconnaissance et inspection du site
- Collecte des données topographiques
- Traitement et modélisation numérique
- Analyse des contraintes techniques et réglementaires
- Proposition et conception des voies de circulation

Concepts fondamentaux lies aux infrastructures aéroportuaires

- **Importance des zones aéroportuaires**

Les espaces aéroportuaires représentent des infrastructures stratégiques fondamentales pour le développement économique ainsi que pour la mobilité des individus et des biens, ces zones constituent des infrastructures stratégiques jouant un rôle fondamental dans le transport aérien, les échanges commerciaux et le développement économique des territoires (Airports Council International, 2021).

L'organisation spatiale de ces infrastructures nécessite une planification rigoureuse permettant d'assurer la sécurité des opérations aériennes, la fluidité de la circulation des aéronefs et l'optimisation des espaces disponibles. La croissance continue du trafic aérien impose aujourd'hui le développement d'infrastructures modernes capables de répondre aux exigences techniques et opérationnelles de l'aviation contemporaine.

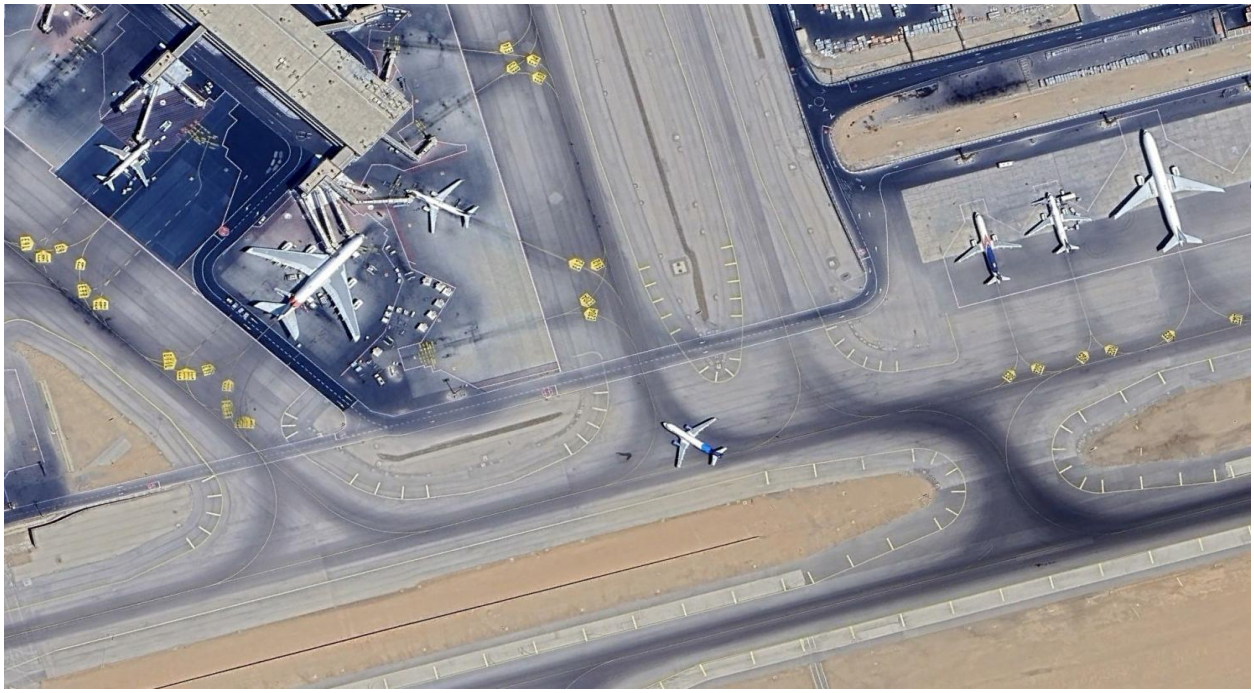


Figure 1 - zones aéroportuaires [l'avionnaire]

- ## Gestion foncière et maîtrise du sol

La gestion des terrains dans les zones aéroportuaires a pour objectif de garantir la disponibilité et la sécurisation des espaces, elle vise à garantir la disponibilité des terrains nécessaires à l'exploitation et à l'extension des infrastructures aéronautiques (Merlin & Choay, 2015) Elle repose sur une maîtrise efficace de l'occupation du sol afin d'éviter les conflits d'usage et de préserver les espaces indispensables au fonctionnement des aéroports.

Cette gestion doit également prendre en considération les contraintes environnementales et les exigences de sécurité liées aux activités aérienne. Elle requiert aussi l'observance des réglementations relatives à l'occupation du sol ainsi que la prévention des conflits d'usage.

- ## Servitudes aéronautiques

Les servitudes aéronautiques correspondent à l'ensemble des restrictions imposées aux terrains situés à proximité des aérodromes afin de garantir la sécurité de la navigation aérienne (OACI, 2022). Ces limitations concernent principalement la hauteur des constructions, l'implantation des obstacles ainsi que certaines activités susceptibles de perturber les opérations aériennes.

Les servitudes aéronautiques constituent des limitations appliquées à l'usage des terrains adjacents dans le but d'assurer la sécurité de la navigation aérienne. Elles portent en particulier

sur les hauteurs des constructions, les obstacles ainsi que les activités susceptibles de perturber les opérations aériennes.

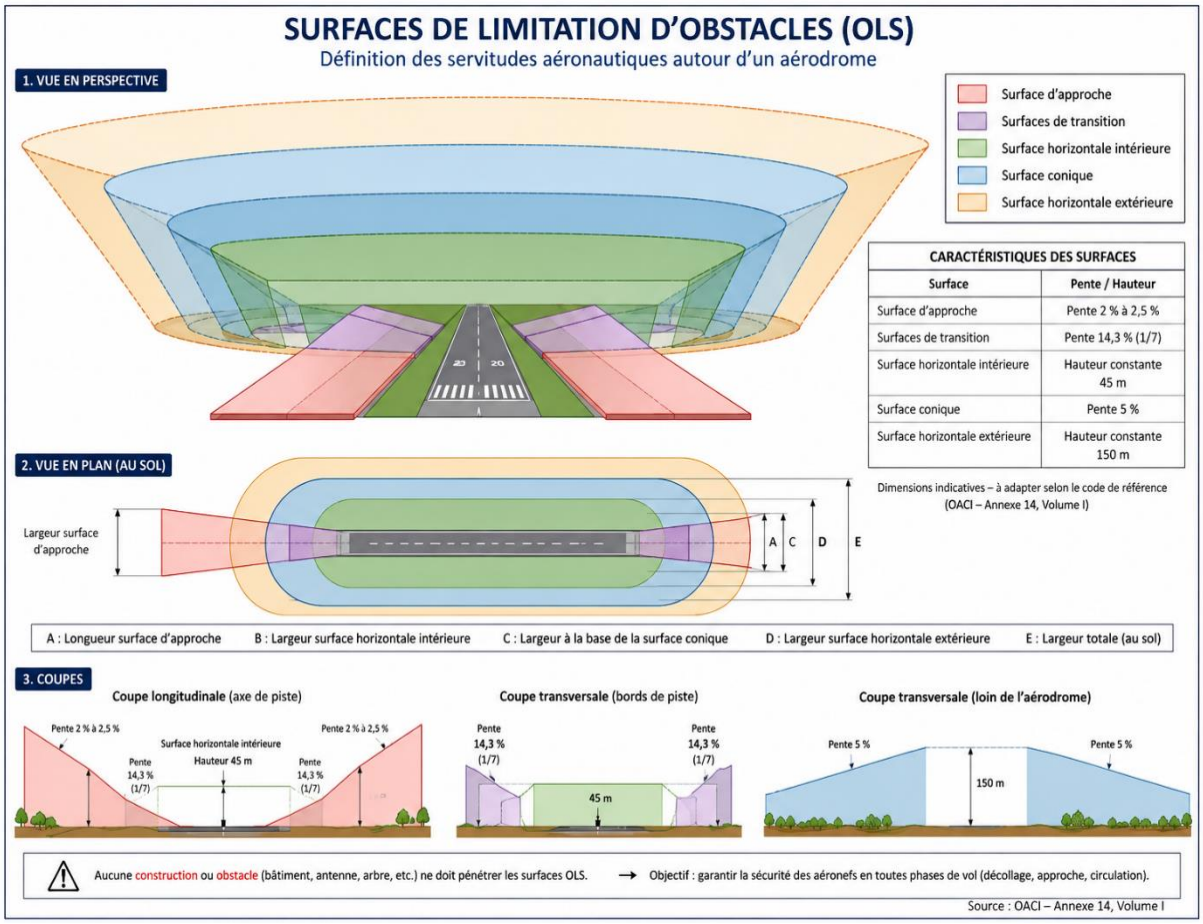


Figure 2 - Servitudes aéronautiques [annex 14]

- ## Contraintes d'urbanisation

L'urbanisation autour des plateformes aéroportuaires peut générer plusieurs contraintes techniques et environnementales, notamment les nuisances sonores, les restrictions d'occupation du sol ainsi que les risques liés aux activités aériennes (Direction Générale de l'Aviation Civile, 2020).

L'expansion urbaine à proximité des aéroports peut entraîner des contraintes majeures, notamment les nuisances acoustiques, les risques associés à la sécurité et les restrictions en matière d'aménagement.

Une planification urbaine adaptée s'avère donc indispensable afin d'assurer la compatibilité entre le développement urbain et les exigences de sécurité aéroportuaire. Cette organisation doit permettre de limiter les conflits d'usage tout en favorisant un développement territorial équilibré.

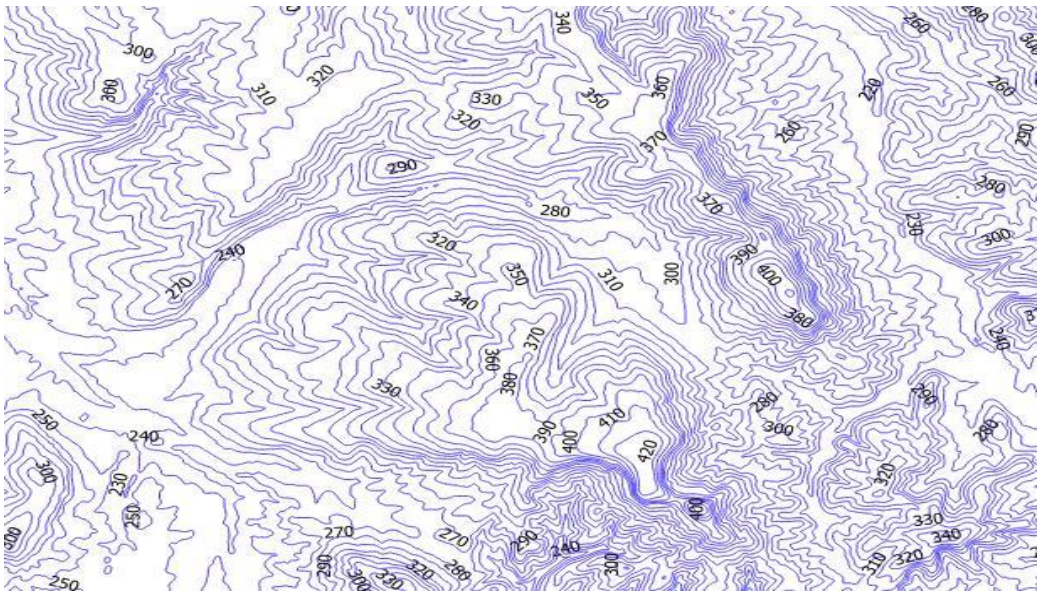
Levé topographique

Le levé topographique représente une opération essentielle dans tous les projets d'aménagement et d'infrastructure. Il permet de déterminer avec précision la configuration géométrique du terrain naturel ainsi que les différents éléments présents sur le site étudié (IGN France, 2019).

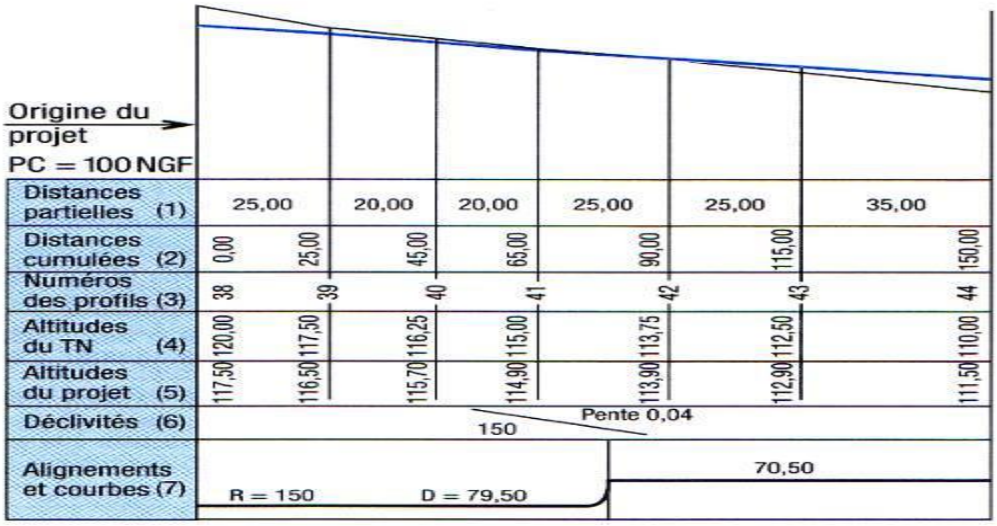
Le levé topographique représente une phase cruciale, il autorise une représentation précise du terrain naturel ainsi que la détermination de ses caractéristiques. Les principales représentations issues des levés topographiques sont :

- **Les courbes de niveau :** lignes reliant les points de même altitude.
- **Le profil en long :** représentation des variations altimétriques suivant l'axe principal du projet.
- **Le profil en travers :** coupe perpendiculaire permettant d'étudier la morphologie du terrain.
- **Le tracé en plan** : représentation horizontale du projet sans prise en compte des altitudes.

Tableau 1- Les principales représentations

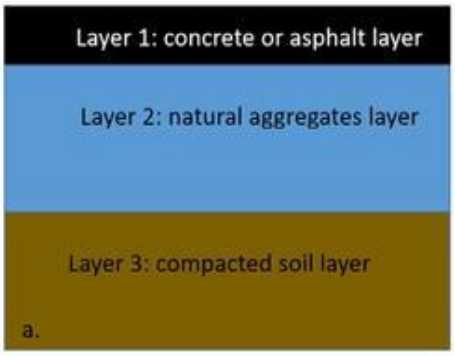
Types	Représentations
Les courbes de niveau	

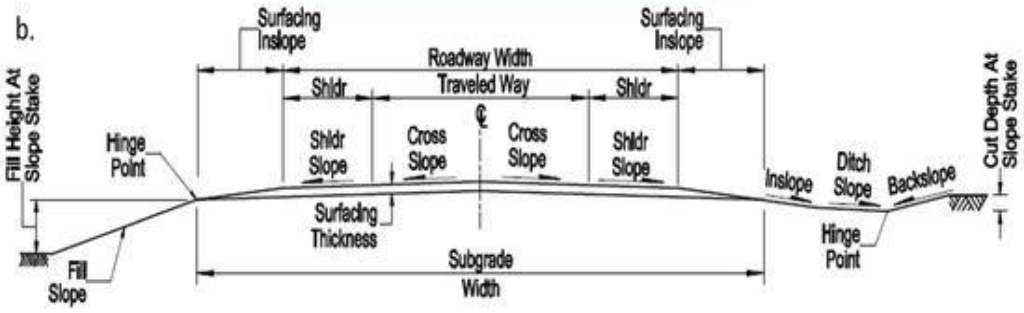
Le profil en long

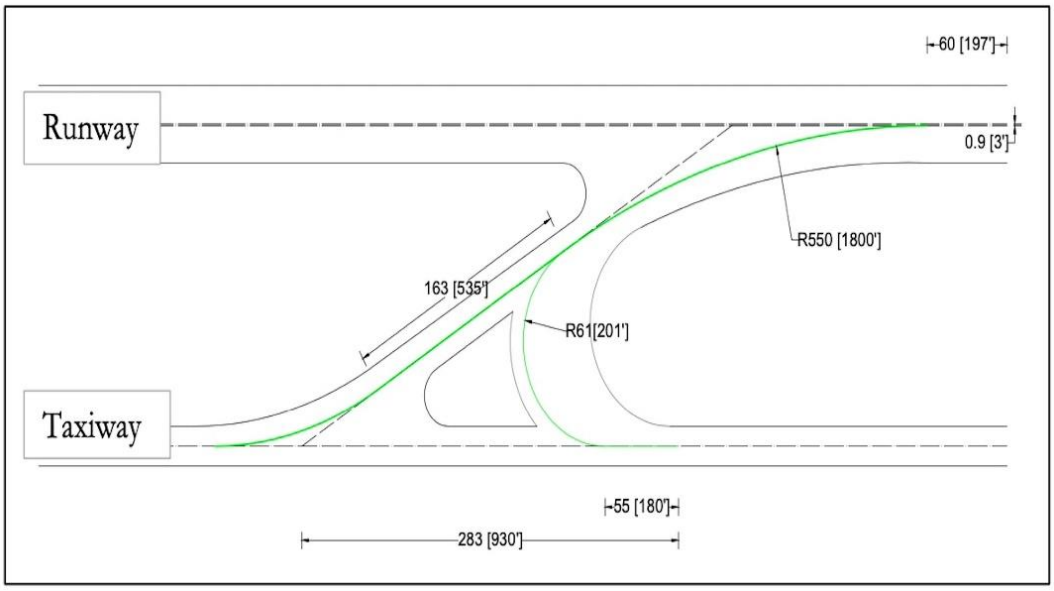


(1) distance entre profils
(2) distances cumulées : ici, on a pris le profil 38 (3) comme origine du projet.
(4) altitude TN/altitude du projet (5) : c'est l'altitude mesurée sur l'axe de la chaussée.
(6) déclivités : indications des pentes, rampes et paliers, ou encore, des raccordements circulaires
(7) alignement et courbes : à placer en relation avec le plan général (détail a)

Le profil en travers





Le tracé en plan	

Ces éléments sont indispensables pour l'étude géométrique et la conception des infrastructures aéronautiques.

Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) représente une modélisation numérique de la surface du terrain naturel obtenue à partir des données topographiques collectées sur le terrain (Covadis, 2021). Il constitue un outil fondamental dans les études d'aménagement puisqu'il permet l'analyse des pentes, la simulation des terrassements et l'optimisation des tracés d'infrastructures.

Le MNT facilite également la visualisation tridimensionnelle du terrain et améliore la précision des études techniques liées aux projets aéronautiques.

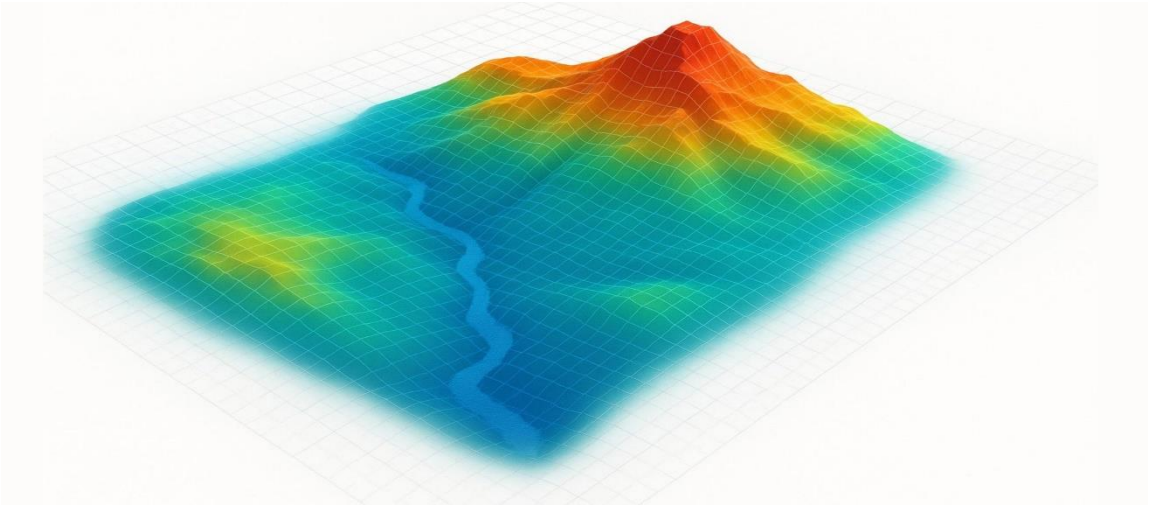


Figure 3 - Modèle Numérique de Terrain [Google]

Cadre règlementaire et normes

Les infrastructures aéronautiques sont soumises à des réglementations strictes définies par les organismes nationaux et internationaux spécialisés dans l'aviation civile, notamment l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI, 2022). Ces normes ont pour objectif de garantir la sécurité des opérations aériennes ainsi que l'uniformité des infrastructures à l'échelle mondiale.

Les réglementations portent principalement sur :

- Les dimensions géométriques des pistes et des voies de circulation
- Les pentes longitudinales et transversales admissibles
- Les distances de sécurité entre les infrastructures
- Les rayons minimaux de courbure
- La classification des pistes et des aéronefs
- Les surfaces de limitation d'obstacles

La prise en compte de ces exigences réglementaires est indispensable pour assurer la conformité technique et opérationnelle des infrastructures projetées.

Analyse d'exemples (cas pratiques)

- **Aéroport de Paris-Charles de Gaulle.**

- **Introduction du cas d'étude**

L'aéroport Paris-Charles de Gaulle (CDG) constitue le principal aéroport de la région parisienne et figure parmi les hubs aériens majeurs en Europe. Il est destiné à gérer un trafic particulièrement intense grâce à de multiples voies parallèles et un réseau élaboré de voies de circulation. Sa structure s'appuie sur une configuration spatiale adaptable incorporant :

- Divers terminaux, en particulier le Terminal 2 configuré en modules
- Des trajectoires parallèles et autonomes
- Un réseau étendu de voies de circulation pour taxis aériens
- Étude des itinéraires de circulation (voies de circulation aérienne)
- Disposition géométrique du réseau

Le réseau des voies de circulation à l'aéroport Charles-de-Gaulle est organisé selon une configuration géométrique hiérarchisée :

- Les voies de circulation parallèles aux pistes garantissent la continuité des déplacements. Voies de liaison (bretelles) → assurent la connexion entre les pistes, les terminaux et les aires de stationnement.
- Réseau maillé → offre plusieurs trajets alternatifs.
- Cette configuration géométrique diminue les conflits tout en optimisant la fluidité.

- **Intégration des réponses précoces (RET)**

Le CDG se caractérise par l'intégration de voies de sortie rapide (RET) :

- Angle situé entre 25° et 45°, permettant aux aéronefs de quitter la piste sans nécessité d'arrêt complet.
- Diminution de la durée d'occupation de la piste (ROT)

Résultat obtenu :

- Accroissement de la capacité des voies ferrées
- Diminution des délais de retard

- **Principales propriétés géométriques**

- Largeur des voies de circulation aérienne au sol

- Conçue pour les aéronefs de grande capacité.
- En conformité avec les standards établis par l'Organisation de l'aviation civile internationale.
- Largeur moyenne : vingt-trois à vingt-cinq mètres, y compris les accotements.
- Rayons de courbure.
- Élaborés afin de permettre :
- Déroulement fluide
- Vitesses appropriées
- Ils préviennent les ralentissements excessifs.
- Segmentation des distances
- Respect des distances de sécurité entre les pistes, les voies de circulation et les obstacles.

- **Administration des mouvements au sol**

Le système a été conçu afin de dissocier les flux :

- Arrivées (de la piste vers le parking)
- Mouvements des aéronefs du parking vers la piste.
- Circulation technique spécialisée

Bénéfices :

- Une diminution du nombre de croisements
- Sécurité renforcée
- Fluidité de la circulation 2,5 Systèmes de signalisation et d'orientation
- Signalisation horizontale (lignes jaunes, emplacements d'attente)
- Signalisation lumineuse : feux verts (axe principal), feux bleus (bordure).
- Systèmes avancés de gestion du mouvement au sol (A-SMGCS).
- Garantit une circulation sûre même en conditions de visibilité réduite.
-

- **Difficultés et contraintes identifiées**

Bien que performant, le CDG comporte certaines limitations :

- Complexité du réseau constituant une difficulté pour les pilotes.
- Distances de déplacement motorisé fréquemment étendues
- Risque d'engorgement durant les périodes de forte affluence.
- Exigence d’une maintenance continue

Figure 4- Aéroport de Paris-Charles de Gaulle [Google]

Figure 5 - Aéroport de Paris-Charles de Gaulle [Google]

- **Aéroport Houari Boumediene à Alger.**
- **Paramétrage global de DAAG**

L'aéroport possède deux pistes parallèles décalées (09L/27R de 3 500 m et 09R/27L de 2 650 m), catégorisées Code 4E conformément à l'Annexe 14 de l'OACI. Cette classification établit l'ensemble des dimensions du réseau de voies de circulation, incluant notamment une largeur principale de voie de circulation au sol (TWY) de 23 mètres ainsi qu'une distance minimale entre l'axe de la TWY et l'axe de la piste (RWY) de 182,5 mètres distance respectée avec une marge sur la TWY A (environ 190 mètres).

- **Études de CAS examinées**

Cas 1 :

Bretelle de sortie rapide (angle de 30° RET) : Cette configuration géométrique constitue la plus critique en termes de débit. Un angle de trente degrés associés à un rayon de cinq cent cinquante mètres autorise une vitesse de sortie de quatre-vingt-treize kilomètres par heure, facilitant ainsi une libération rapide de la piste. Le DAAG en possède deux sur la piste principale, situés aux

emplacements optimaux conformes aux recommandations de l'OACI (au-delà des zones d'atterrissage habituelles).

Cas 2 :

Bretelles disposées à un angle de 90° : Destinées exclusivement aux secteurs de fret et d'entretien. Un arrêt total avant le virage est requis ; le rayon intérieur minimal de dix-huit mètres est déterminé par l'empattement des aéronefs de catégorie Code E (A330, B777).

Cas 3 :

Zones d'attente et carrefours : Le radar de surface (SMR) vient renforcer le système géométrique destiné aux opérations en conditions de faible visibilité, en particulier aux positions d'attente situées à soixante mètres (Catégorie I) et quatre-vingt-dix mètres (Catégories II/III) de l'axe de piste.

Figure 6- Aéroport Houari Boumédiène à Alger [Google]

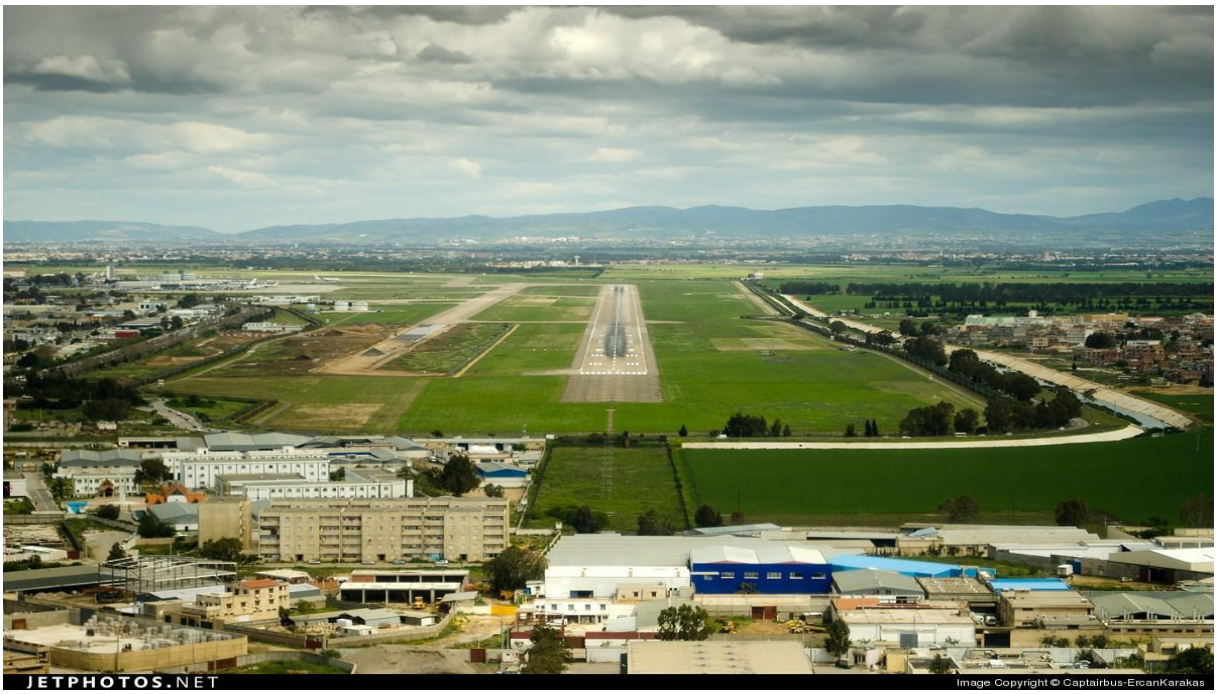


Figure 7- Aéroport Houari Boumédiène à Alger [Google]

- **Problématique principale mise en évidence**

La principale contrainte géométrique applicable au DAAG réside dans le respect de la TOFA (Taxiway Object Free Area) aux abords des accès aux hangars de maintenance, où les équipements au sol (GSE) peuvent momentanément empiéter sur la zone de dégagement de 47,5 m par rapport à l'axe, exigée pour le Code E.

Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter le cadre méthodologique et conceptuel adopté dans cette étude relative à la conception des voies de circulation aéronautiques au sein de l'École Supérieure de l'Air de Tafraoui. Les différentes étapes méthodologiques, allant de la reconnaissance du terrain jusqu'au traitement et à la modélisation des données topographiques, ont été détaillées afin de mettre en évidence l'importance de la précision géométrique dans les projets d'infrastructures aéronautiques.

Les principaux concepts liés aux infrastructures aéroportuaires ainsi que le cadre réglementaire applicable ont également été abordés afin de fournir une base théorique indispensable à la compréhension du projet. Enfin, l'analyse de plusieurs exemples d'aéroports nationaux et

internationaux a permis d'illustrer les approches techniques utilisées dans la conception des voies de circulation aéronautiques.

CHAPITRE 2: PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET ÉTAT DES LIEUX

Introduction

Dans le cadre des projets aéronautiques, la connaissance approfondie du terrain représente une condition indispensable pour assurer la sécurité des circulations, l'efficacité des opérations et la durabilité des ouvrages réalisés (Organisation de l'Aviation Civile Internationale [OACI], 2018).

Le présent chapitre porte sur la description de la zone d'étude ainsi qu'à l'analyse de son état actuel avant toute intervention d'aménagement. Cette étape constitue une phase fondamentale dans toute étude d'infrastructure, puisqu'elle permet d'identifier les caractéristiques physiques, fonctionnelles et environnementales du site concerné afin de garantir une conception adaptée aux contraintes existantes et aux exigences techniques du projet (Merlin & Choay, 2015).

Il représente une phase essentielle dans la méthodologie, en ce qu'il autorise la localisation du projet au sein de son cadre géographique, fonctionnel et historique.

Effectivement, une compréhension approfondie du site de Tafraoui s'avère essentielle afin de discerner les contraintes présentes et de guider les décisions techniques relatives à la conception des infrastructures de circulation destinées aux abris d'avions.

Ce chapitre s'organise autour de deux axes principaux, la première porte sur la présentation générale du projet ainsi que sur la localisation et les caractéristiques de la zone d'étude. Le second concerne l'analyse de l'état existant du site à travers l'identification des infrastructures présentes, des contraintes observées et des conditions générales du terrain.

Présentation du projet

- ### Objet du projet

Le présent projet porte sur l'étude, l'analyse et la conception des itinéraires de circulation destinés à desservir les abris pour avions sur le site de L'E.S.AIR de Tafraoui. Il s'inscrit dans le contexte de la planification et de l'optimisation des infrastructures aéronautiques militaires, lesquelles doivent répondre à des exigences particulièrement strictes en matière de sécurité, de fonctionnalité et de performance opérationnelle (OACI, 2018).

La finalité première de ce projet consiste à concevoir un tracé optimal et techniquement approprié des voies de circulation, garantissant le déplacement efficient des aéronefs ainsi que des dispositifs de soutien au sol. Cette démarche prend en considération plusieurs paramètres techniques, notamment la topographie du terrain, les contraintes environnementales, les infrastructures existantes et les normes applicables à la conception des infrastructures aéronautiques (Federal Aviation Administration [FAA], 2014).

Cette recherche intègre l'ensemble des facteurs affectant la conception, en particulier les caractéristiques topographiques du site, les restrictions environnementales, les infrastructures préexistantes ainsi que les normes techniques applicables au secteur aéronautique.

Par ailleurs, cette étude vise également à proposer des solutions d'aménagement durables capables d'assurer simultanément la sécurité des opérations aériennes, la facilité d'exploitation des installations et la pérennité des infrastructures futures. La conception des voies doit ainsi permettre une utilisation rationnelle de l'espace tout en limitant les impacts techniques et environnementaux liés aux travaux d'aménagement (SETRA, 2006).

- ## Objectifs

Dans le contexte de cette recherche, divers objectifs précis sont visés, tant sur les aspects techniques qu'opérationnels :

Sur le plan fonctionnel :

Il convient de garantir une organisation efficiente des déplacements à l'intérieur du site, en favorisant l'accès aux abris pour avions et en minimisant les conflits de circulation entre les divers utilisateurs (aéronefs, véhicules de service, personnel).

Sur le plan technique :

Il s'agit de développer des axes de circulation conformes aux normes géométriques et mécaniques exigées, en intégrant les propriétés du terrain naturel, les contraintes topographiques ainsi que les conditions d'exploitation. Cela requiert en particulier l'établissement du tracé en plan, du profil en long ainsi que des profils en travers, en respect des normes et recommandations en vigueur.

Sur le plan sécuritaire :

Le projet a pour objectif d'assurer des conditions de circulation optimales en réduisant au minimum les risques associés aux manœuvres des aéronefs, tout en garantissant une visibilité adéquate et une signalisation appropriée.

Enfin, l'étude intègre également des objectifs économiques et environnementaux visant à optimiser les coûts de réalisation et de maintenance tout en minimisant les impacts sur l'environnement naturel ainsi que sur les infrastructures existantes présentes sur le site (Merlin & Choay, 2015).

Présentation de la zone d'étude (tafraoui)

- **Localisation (Tafraoui)**

La région d'étude se trouve dans la zone de Tafraoui, relevant administrativement de la wilaya d'Oran dans le nord-ouest de l'Algérie. Elle est située à environ vingt kilomètres au sud du chef-lieu de la wilaya et jouit d'une position stratégique dans un environnement à vocation prédominante aéronautique et militaire. Le site de Tafraoui est essentiellement reconnu pour accueillir des installations aéronautiques majeures, en particulier une base aérienne, conférant ainsi à cette zone une fonction essentielle dans les opérations et la logistique aériennes.

D'un point de vue géographique, la région est localisée approximativement aux coordonnées 35,4667° de latitude nord et 0,5333° de longitude ouest, ce qui la situe dans la partie occidentale du territoire algérien. Le site bénéficie d'une accessibilité assurée par un réseau routier secondaire relié aux principaux axes de communication de la wilaya d'Oran (Ministère des Travaux Publics et des Transports, 2021), la zone étudiée se situe dans un environnement de plaine faiblement ondulée, présentant une topographie généralement propice à la réalisation d'aménagements d'infrastructures.

Elle bénéficie d'une desserte assurée par un réseau routier secondaire, garantissant son accessibilité à partir des principaux axes de communication régionaux.
De surcroît, la situation du site dans une région peu urbanisée représente un avantage pour la réalisation de projets d'infrastructures spécialisés, en réduisant les contraintes associées à l'utilisation du sol et aux interactions avec les zones résidentielles.

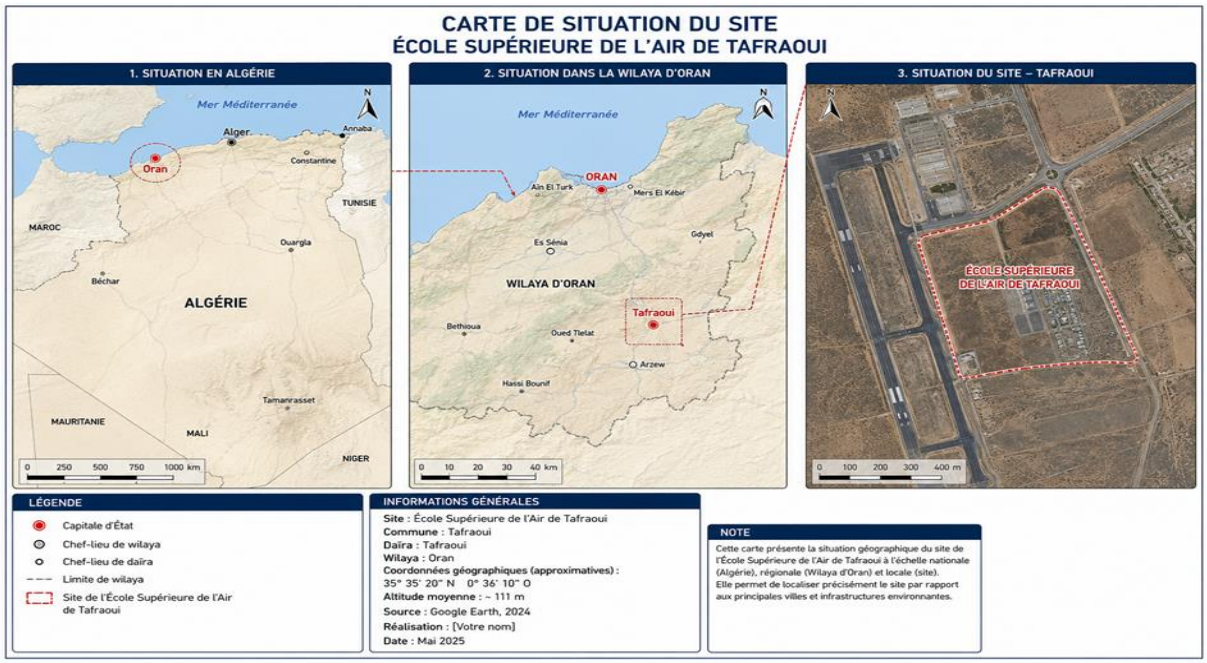


Figure 8- Situation de l'Aéroport Militaire de Tafraoui - Oran -[Google]

- ## Contexte militaire et fonction

La région de Tafraoui se situe dans un cadre à vocation principalement militaire, marqué par la présence d'infrastructures aéronautiques stratégiques, elle accueille en particulier une base aérienne dépendant des forces aériennes, conférant ainsi au site une importance spécifique dans l'organisation de la défense et de la logistique militaires régionales. Ce caractère militaire confère au site une importance particulière dans l'organisation des activités de défense et de logistique aérienne à l'échelle régionale et nationale (Ministère de la Défense Nationale, 2020).

Ce cadre militaire engendre des contraintes particulières quant à l'agencement et à la structuration des espaces, les infrastructures existantes ont été conçues afin de répondre à des exigences opérationnelles liées au stationnement, à la maintenance et au déploiement des aéronefs. Les abris pour avions, objet de la présente recherche, représentent des composantes fondamentales de ces infrastructures, garantissant la protection des appareils contre les contraintes climatiques ainsi que contre différents risques extérieurs susceptibles d'affecter les opérations aériennes (OACI, 2018).

Dans ce contexte, les itinéraires de circulation revêtent une importance essentielle en assurant la connexion entre les diverses composantes du site, notamment les voies, les espaces de stationnement et les secteurs techniques. Elles doivent être dimensionnées et conçues de façon à

garantir des manœuvres sûres et efficaces des aéronefs ainsi que des véhicules de service, tout en respectant des exigences rigoureuses en matière de sécurité et d'exploitation.

De surcroît, le caractère militaire du site engendre des contraintes additionnelles, notamment en matière de contrôle d'accès, de sécurisation des déplacements et de restriction des interférences entre les diverses activités. Il convient de considérer ces facteurs dans toute analyse d'aménagement afin de garantir la cohérence ainsi que l'efficacité globale des infrastructures planifiées.

- **Historique (ESA)**

La région de Tafraoui possède une histoire étroitement liée au développement des infrastructures aéronautiques en Algérie. L'importance stratégique du site remonte à la période coloniale durant laquelle il était déjà utilisé comme base aérienne en raison de sa position géographique favorable et de ses caractéristiques topographiques adaptées aux activités aériennes (Benabbas, 2017). Après l'indépendance de l'Algérie, le site a conservé sa vocation aéronautique et militaire grâce à son intégration progressive dans le système de défense nationale. Les infrastructures ont fait l'objet de plusieurs opérations de modernisation destinées à renforcer les capacités opérationnelles de la base aérienne (Ministère de la Défense Nationale, 2020).

Le site est également reconnu pour avoir accueilli l'École Supérieure de l'Air (ESA), établissement chargé de la formation des cadres et officiers de l'armée de l'air algérienne. Cette institution a joué un rôle majeur dans le développement des compétences techniques et opérationnelles liées au secteur aéronautique national (Bensaâd, 2018).

Avec l'évolution des besoins en matière de défense et de logistique aérienne, les infrastructures du site ont progressivement été adaptées afin d'améliorer les capacités de stationnement, de maintenance et de circulation des aéronefs. Cette évolution explique aujourd'hui la nécessité de mener des études d'aménagement visant à optimiser les infrastructures existantes et à améliorer les conditions d'exploitation du site (OACI, 2018).

Description du site en état existant

- **Nature du terrain**

La zone d'étude localisée à Tafraoui se distingue par un relief essentiellement plat, légèrement ondulé, conforme aux caractéristiques des plaines de la région d'Oran. Cette configuration topographique représente un élément avantageux pour l'établissement des infrastructures, en particulier des voies de circulation aérienne, en réduisant la nécessité de travaux de terrassement majeurs.

- **Sur le plan topographique:**

Le site présente des variations altimétriques relativement faibles accompagnées de pentes modérées et régulières. Cette homogénéité du relief favorise la visibilité des mouvements au sol et simplifie la réalisation des tracés en plan ainsi que l'établissement des profils en long et des profils en travers nécessaires à la conception des voies de circulation (SETRA, 2006). Les conditions topographiques observées contribuent également à réduire les contraintes liées au drainage et à l'écoulement des eaux pluviales, ce qui constitue un élément important dans la durabilité des infrastructures aéronautiques (FAA, 2014).

Figure 9- La topographie du site de L'ES AIR tafraoui [cartes topographiques]

- **Sur le plan géomorphologique :**

Cette région se situe dans une plaine intracontinentale dépourvue de reliefs montagneux ou d'obstacles naturels significatifs, des anomalies locales peuvent être identifiées, découlant soit de processus naturels d'érosion, soit d'aménagements préexistants associés aux activités aéronautiques. Concernant l'occupation du sol, le secteur étudié se distingue par une urbanisation très limitée, dominée essentiellement par des espaces ouverts et des terrains affectés aux activités militaires. Cette faible densité urbaine réduit considérablement les contraintes foncières et offre une plus grande flexibilité dans la planification des futurs aménagements liés au projet (Direction de l'Urbanisme d'Oran, 2020).

Cette configuration atténue les contraintes associées à l'emprise foncière et confère une flexibilité accrue dans la planification des aménagements.

Par ailleurs, les conditions climatiques semi-arides caractéristiques de l'ouest algérien influencent directement les propriétés physiques du terrain. Les périodes de sécheresse prolongée favorisent notamment les phénomènes de dessiccation des sols et d'érosion superficielle, lesquels doivent être pris en considération dans les études techniques relatives à la stabilité et à la durabilité des infrastructures projetées (Office National de la Météorologie, 2021).

- **Infrastructures existantes**

Le site de Tafraoui dispose déjà de plusieurs infrastructures destinées à l'exploitation aéronautique et militaire, ce qui confère au secteur un niveau d'équipement relativement important. Ces installations constituent l'ossature principale du fonctionnement opérationnel de la base aérienne et jouent un rôle déterminant dans l'organisation des déplacements ainsi que dans la gestion des activités techniques et logistiques (Ministère de la Défense Nationale, 2020). Ces dispositifs occupent une fonction cruciale dans la structuration globale du site ainsi que dans la conduite efficace des opérations.

On identifie principalement l'existence de pistes aéronautiques, destinées au décollage et à l'atterrissage des aéronefs, ainsi que des voies de circulation assurant la connexion entre les différentes zones fonctionnelles (pistes, aires de stationnement et zones techniques) où ces composantes forment la structure fondamentale du réseau de circulation du site.

Le site intègre également des zones dédiées au stationnement et à la maintenance des aéronefs, facilitant ainsi les opérations d'installation, d'inspection et d'entretien des équipements. À proximité se situent des hangars et des abris pour avions, conçus afin d'assurer la protection et le stationnement des aéronefs face aux conditions climatiques et aux dangers environnementaux.

En matière d'infrastructures de soutien, la zone dispose de bâtiments techniques et administratifs indispensables à la gestion ainsi qu'à l'exploitation du site, sont également présents des réseaux fonctionnels comprenant l'alimentation électrique, l'approvisionnement en eau potable (AEP), ainsi que des dispositifs de sécurité et de contrôle d'accès, notamment des clôtures et des postes de surveillance.

L'ensemble de ces équipements représente une base essentielle pour le développement du projet de voies de circulation. Toutefois, l'existence de ces infrastructures impose également certaines contraintes d'intégration, notamment en ce qui concerne l'adaptation des nouveaux tracés aux réseaux déjà implantés sur le site ainsi que la préservation de la continuité des services existants durant les travaux d'aménagement (SETRA, 2006).

Figure 10- les bâtiments, voies et infrastructures existantes [Gougle Earth]

- **Contraintes observées (électricité, AEP, clôture…)**

Avant l'exécution des opérations de levé topographique, plusieurs sorties de reconnaissance ont été effectuées sur le terrain afin d'identifier l'ensemble des contraintes susceptibles d'influencer la conception du projet. Cette étape préliminaire est indispensable dans les études d'infrastructures puisqu'elle permet d'évaluer les conditions réelles du site et d'anticiper les difficultés techniques pouvant apparaître lors des phases de conception et de réalisation

Sur le site, nous avons constaté que :

- Le terrain est plat et ne présente aucune contrainte.
- La présence de postes électriques (seuil 08).
- Une clôture métallique pour interdire toute intrusion d'animaux pouvant nuire à la sécurité des usagé (seuils 08 et 26).
- Des travaux de mise en place d'une conduite AEP
- Des regards pour évacuation des eaux pluviales entre les postes de stationnements.

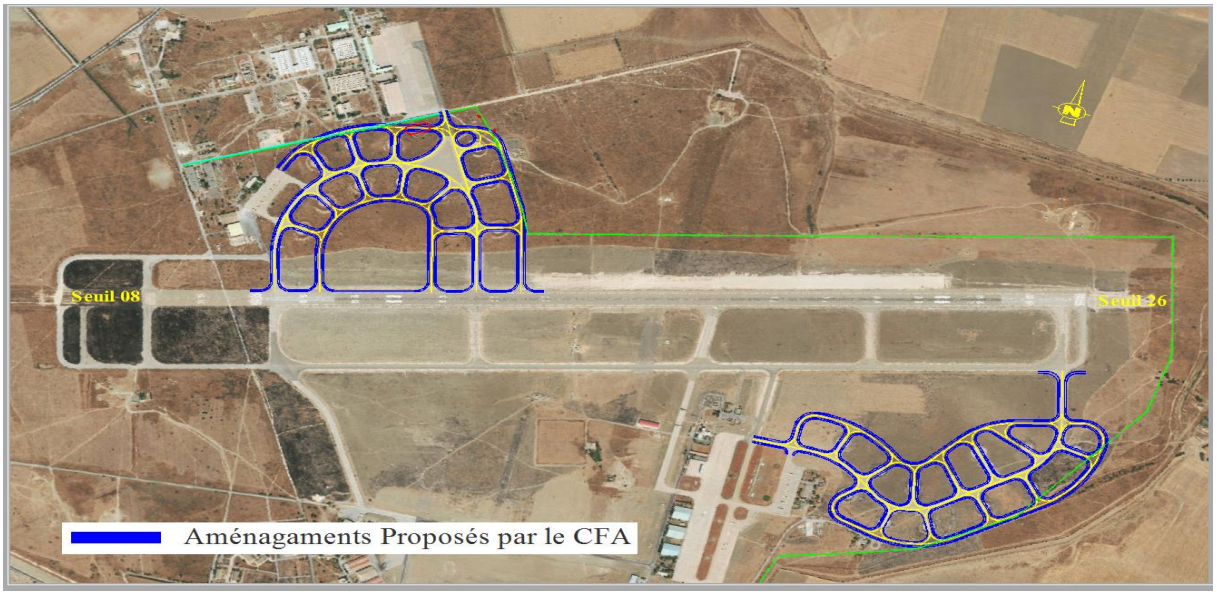


Figure 11- Plan Général : Situation des Voies de Circulations Projetées au Seuil 08 et 26 [CFA].

Tableau 2- L'Etat Actuel

Identification	**Illustration**
Assiettes destinées à la projection des voies de circulation au Seuil 26.	
Poste de stationnement (Alvéole) existant en forme circulaire en béton.	
Voie de Circulation existante coté Seuil 26, largeur = 15 m.	

Réservoirs de carburant coté seuil 26.	
Clôture métallique anti intrusion des animaux.	
Structure de chaussée des voie de circulations existantes, épaisseur =35 cm.	

Poteaux d'éclairages nocturne, Postes électrique et clôture, coté seuil 08	
Regards existants destinés à l'évacuation des eaux pluviales, aux seuils 26 et 08.	
Tranchée destinée à la mise en place d'une conduite AEP coté seuil 08.	

Reconnaissance et sorties terrain

- **Observations détaillées**

La phase de reconnaissance du site de Tafraoui constitue une étape essentielle dans le cadre de cette étude puisqu'elle permet de confronter les données théoriques aux réalités physiques observées sur le terrain, les visites effectuées ont facilité une compréhension plus précise des caractéristiques du site ainsi que des contraintes techniques susceptibles d'influencer les choix d'aménagement.

Au cours des différentes missions réalisées, plusieurs éléments ont été observés, notamment l'organisation générale du site, la répartition des infrastructures existantes ainsi que l'état des accès et des voies de circulation actuellement exploitées. Ces observations ont révélé la coexistence d'espaces déjà aménagés et de secteurs encore disponibles pour l'implantation des nouvelles infrastructures projetées.

Certaines zones présentent également des irrégularités localisées liées soit à des modifications anthropiques du terrain, soit à la présence de réseaux techniques et d'équipements militaires. Ces obstacles conditionnent directement l'orientation et la géométrie des futurs tracés de circulation afin de garantir la sécurité et la compatibilité des infrastructures projetées avec les installations existantes. La reconnaissance du terrain a également permis d'évaluer les conditions d'accessibilité du site, les contraintes associées à la circulation des engins ainsi que les zones nécessitant une attention particulière au cours des phases de conception et d'exécution. Cette démarche représente une étape indispensable pour assurer une intégration cohérente du projet dans son environnement opérationnel (OACI, 2018).

- **Analyse photographique**

L'examen photographique effectué au cours des missions sur le terrain a constitué un élément essentiel pour la documentation et la compréhension du site, les supports photographiques facilitent également l'interprétation des données collectées sur le terrain en mettant en évidence les contraintes physiques et techniques observées au niveau du site. Ils permettent notamment d'identifier les obstacles existants, les réseaux visibles, les équipements de sécurité ainsi que les zones susceptibles d'accueillir les futurs aménagements

Ces outils visuels favorisent l'interprétation des données collectées sur le terrain et représentent un instrument fondamental pour l'analyse technique. Ils permettent aussi de mettre en évidence les diverses contraintes identifiées, en particulier les obstacles physiques, les réseaux préexistants ainsi que les zones d'implantation des infrastructures.

En complément des relevés topographiques, l'analyse photographique contribue à renforcer la justification des choix de conception en fournissant des éléments visuels précis sur les conditions réelles d'implantation des infrastructures. Cette démarche améliore ainsi la qualité de l'analyse technique et facilite l'évaluation globale du projet.

Caractéristiques du projet

- **Voies de circulation**

Le projet porte sur la conception des infrastructures de circulation visant à garantir la connexion entre les diverses installations aéronautiques du site de Tafraoui, incluant notamment les pistes, les aires de stationnement et les hangars à avions. Ces itinéraires assurent une fonction cruciale dans la structuration opérationnelle du site, en garantissant la circulation fluide et sécurisée des aéronefs ainsi que des véhicules de service.

Les voies de circulation doivent être élaborées en conformité avec les normes aéronautiques en vigueur, en intégrant les contraintes liées à la giration, à la visibilité et à la sécurité. Elles doivent aussi garantir une utilisation efficiente du site tout en réduisant au minimum les conflits de trajectoires entre les divers usagers.

Figure 12- les voies de circulations existantes [Google Earth].

- **Longueur**

La longueur des voies de circulation est établie en tenant compte de la configuration du site, de la localisation des infrastructures présentes et du tracé optimal connectant les diverses zones fonctionnelles, elle découle d'un arbitrage entre la réduction des distances de déplacement et l'observation des contraintes topographiques ainsi que techniques inhérentes au terrain.
Cette longueur est aussi déterminée par l'exigence d'établir une liaison directe et sécurisée entre les abris pour avions et les pistes principales, tout en contournant les obstacles naturels et artificiels existants sur le site.

- **Organisation**

La configuration des itinéraires de circulation s'appuie sur une organisation cohérente du réseau, assurant un déplacement fluide et structuré à l'intérieur du site. Le plan d'aménagement établit une classification des voies, en différenciant les axes majeurs reliant les zones stratégiques des voies secondaires desservant les diverses installations. Cette organisation est structurée afin d'optimiser les flux de circulation, de diminuer les temps de déplacement et de renforcer la sécurité des manœuvres, elle intègre également les contraintes découlant de la présence des infrastructures existantes ainsi que les exigences opérationnelles spécifiques au site militaire.

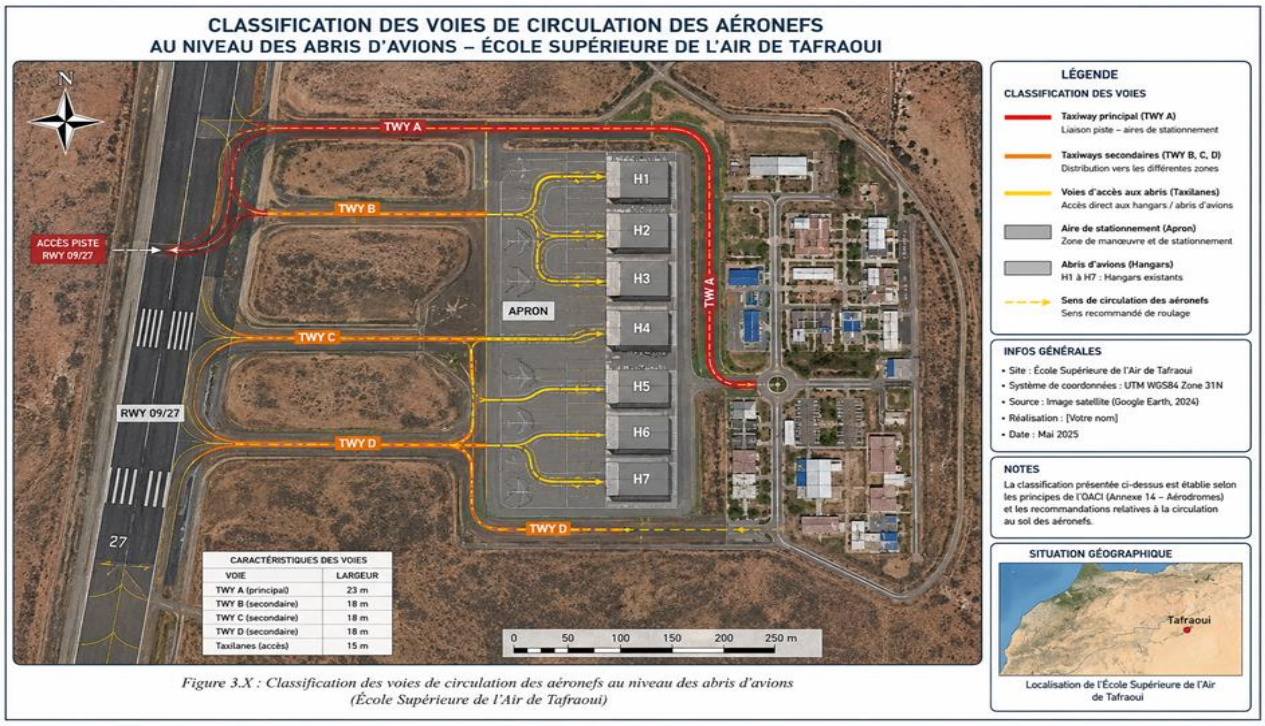


Figure 13- la classification des voies de circulations existantes [l'avionnaire]

Synthèse des contraintes

L'analyse du site réalisée lors des différentes missions de terrain au niveau de l'École Supérieure de l'Air de Tafraoui a permis d'identifier un ensemble de contraintes susceptibles d'influencer directement la conception des voies de circulation projetées. Ces contraintes concernent aussi bien les aspects physiques que les composantes techniques et fonctionnelles du site.

Le relief relativement plat du terrain constitue un avantage important pour l'implantation des infrastructures puisqu'il réduit considérablement les difficultés liées aux travaux de terrassement et aux adaptations géométriques des tracés. Cette caractéristique facilite la conception des voies et améliore les conditions générales de circulation au sein du site.

Plusieurs contraintes techniques doivent être prises en considération comme la présence de postes électriques au niveau du seuil 08 impose des mesures de protection et des distances de sécurité spécifiques afin d'éviter toute interaction avec les infrastructures projetées. Le site est également entouré par une clôture métallique de sécurité implantée principalement aux seuils 08 et 26 dans le but de limiter l'intrusion d'animaux susceptibles de compromettre la sécurité des opérations aéronautiques. Cette infrastructure constitue un élément fixe dont l'intégration doit être assurée dans la conception des nouvelles voies de circulation.

Des travaux de mise en place d'une conduite d'alimentation en eau potable sont aussi en cours dans certaines parties du site. Cette situation peut générer des contraintes temporaires ou permanentes selon l'évolution des travaux et la localisation exacte des conduites par rapport aux futurs tracés.

Enfin, la présence de regards d'évacuation des eaux pluviales entre les postes de stationnement représente une contrainte hydraulique importante. Ces ouvrages doivent être préservés et intégrés dans le projet afin de garantir le maintien du système de drainage existant et de prévenir les risques d'inondation ou de dégradation des chaussées, malgré un contexte topographique favorable, la prise en compte de l'ensemble de ces contraintes techniques demeure indispensable afin d'assurer une intégration harmonieuse et fonctionnelle du projet dans son environnement existant.

Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter de manière détaillée l'état existant du site de Tafraoui ainsi que les principales caractéristiques physiques, techniques et fonctionnelles de la zone d'étude. L'analyse effectuée a mis en évidence les conditions favorables offertes par le terrain, notamment la topographie relativement plane et la faible urbanisation de l'environnement immédiat, lesquelles constituent des éléments avantageux pour l'implantation des infrastructures aéronautiques. L'étude a également montré que le site dispose déjà d'un ensemble important d'infrastructures militaires et aéronautiques comprenant les pistes, les voies de circulation, les réseaux techniques et les équipements de sécurité nécessaires au fonctionnement des opérations aériennes.

Cependant, les reconnaissances de terrain ont permis d'identifier plusieurs contraintes techniques liées principalement à la présence des réseaux électriques, des conduites d'alimentation en eau potable, des ouvrages de drainage et des dispositifs de sécurité périphériques. Ces éléments doivent être intégrés de manière rigoureuse dans les études de conception afin d'assurer la compatibilité du projet avec les infrastructures existantes et de garantir la sécurité des opérations futures.

Ce chapitre constitue une base essentielle pour la poursuite de l'étude technique en fournissant les informations nécessaires à l'élaboration des solutions d'aménagement adaptées aux caractéristiques réelles du site de Tafraoui.

CHAPITRE 3 : ACQUISITION ET TRAITEMENT DES DONNÉES

1. Introduction

L'acquisition et le traitement des données constituent une étape fondamentale dans toute étude topographique et géomatique, dans la mesure où ils permettent de passer des observations de terrain à une représentation numérique exploitable, cette phase intermédiaire assure la cohérence, la précision et la fiabilité des informations utilisées pour l'analyse et la conception du projet.

Dans le cadre de ce travail, les données collectées sur le site d'étude sont traitées afin de produire une description fidèle du terrain naturel où le processus repose sur l'utilisation de méthodes topographiques classiques et d'outils informatiques spécialisés, permettant la transformation des mesures brutes en données structurées et géoréférencées. Ainsi, cette étape constitue une base essentielle pour la modélisation du terrain et l'exploitation des résultats, en vue de la conception des voies de circulation et de l'analyse des caractéristiques morphologiques du site.

2. Acquisition des données

La collecte des données constitue l'étape préliminaire du processus topographique, elle consiste à recueillir sur le terrain l'intégralité des données requises pour la caractérisation géométrique et altimétrique du site d'étude, cette phase détermine de manière directe la justesse des traitements et des résultats subséquents.

Dans le cadre de ce projet, les levés topographiques ont été effectués à l'aide d'instruments de mesure de haute précision assurant la fiabilité des données collectées, l'élaboration d'un projet des voies de circulation nécessite une bonne connaissance du site et de ses caractéristiques.

À cet effet, on a recours à la mise en œuvre de cartes topographique restituant le relief de la région en se basant sur des mesures de terrain par levé en utilisant des appareils et instruments adéquats (figures 14).

Figure 14-Instruments utilisés dans le levé topographique [Auteur]

3. L'instrument de mesure topographique intégré appelé station totale :

La station totale constitue un dispositif électronique intégrant les fonctions d'un théodolite et d'un distancemètre électronique, elle autorise la mesure précise des angles horizontaux et verticaux ainsi que des distances séparant les points, dans le cadre de cette recherche, elle a été employée pour le levé précis du terrain ainsi que pour la collecte des points caractéristiques indispensables à la modélisation.

Le système mondial de localisation par satellites (GPS, Global Positioning System) :

Le GPS constitue un système de localisation satellitaire permettant d'identifier les coordonnées géographiques des sites observés, il est principalement employé pour le géoréférencement des relevés topographiques ainsi que pour la mise en place d'un système de coordonnées homogène.
Dans ce projet, il a été possible de lier les données issues du terrain à un système de projection officiel, garantissant ainsi leur incorporation au sein d'un environnement de traitement numérique.
Nb : L'association de ces deux instruments permet d'acquérir des données exactes, homogènes et conformes aux exigences des analyses topographiques ainsi qu'à la modélisation numérique du relief.

4. Traitement topographique

Le traitement topographique représente une phase fondamentale dans le processus de production des données géométriques, il s'agit d'utiliser les mesures brutes provenant des levés topographiques afin d'en vérifier la cohérence, de rectifier les erreurs potentielles et de générer des coordonnées précises et exploitables. Cette étape assure la fiabilité des données requises pour la modélisation du terrain ainsi que pour les analyses subséquentes.

- ### Calcul du cheminement

Le calcul du cheminement vis à déterminer les coordonnées des points intermédiaires à partir de points préalablement connus, il s'appuie sur l'utilisation des relevés angulaires et linéaires réalisés sur le terrain au moyen de la station totale.
Cette méthode autorise également la vérification de la clôture du parcours ainsi que la distribution des erreurs de mesure conformément à des techniques d'ajustement adéquates. Le produit final consiste en un ensemble de coordonnées rectifiées et homogènes, constituant la base des représentations planimétriques du site.

- ### Nivellement

Le nivellement constitue une procédure altimétrique visant à établir les écarts de hauteur entre divers points du terrain par rapport à une référence spécifiée, il autorise l'acquisition des altitudes requises pour la modélisation du relief.

Dans le cadre de ce projet, le nivellement a été mobilisé afin de constituer un réseau altimétrique rigoureux, facilitant la description des variations topographiques, les données recueillies revêtent une importance capitale pour l'élaboration du modèle numérique de terrain ainsi que pour l'évaluation des pentes.

- **Interpolation**

L'interpolation constitue une technique mathématique employée pour déterminer les valeurs situées entre des points de données connus. En topographie, elle facilite la reconstruction d'une surface continue à partir de points relevés de façon discrète. Cette procédure est essentielle à l'élaboration du modèle numérique de terrain ainsi qu'à celle des courbes de niveau, elle participe à la précision de la modélisation topographique ainsi qu'à l'amélioration de la rigueur des analyses spatiales du site examiné.

- **Exposé du tableau de la polygonale**

À la conclusion des opérations de calcul du cheminement, les résultats obtenus sont compilés sous la forme d'un tableau synthétique désigné sous le terme de listing de la polygonale, ce document regroupe l'intégralité des données calculées, incluant notamment les coordonnées des points, les distances, les angles ainsi que les corrections apportées.

Le listing garantit la traçabilité des calculs réalisés ainsi que la vérification de la cohérence globale du processus, il sert également de référence de contrôle afin de détecter d'éventuelles erreurs de fermeture et de valider la précision des résultats obtenus après ajustement. Ainsi, ce tableau constitue une phase cruciale dans la validation des données topographiques avant leur utilisation en modélisation du terrain.

Liste de polygonale de base :

Tableau 3- Liste de polygonale de base

Point	X(m)	Y(m)	Z(m)
S.1	723413.522	3935914.010	109.056
S.2	723398.710	3935707.285	107.255

S.3	723222.525	3935994.905	108.780
S.4	723304.604	3936112.785	108.484
S.5	723241.112	3936225.195	108.037
S.6	723063.423	3936222.780	109.009
S.7	722882.472	3936146.711	108.208
S.8	723095.388	3936007.587	108.713
S.9	722941.201	3935977.343	108.677
S.10	722847.778	3935768.212	110.003
S.11	722845.238	3935585.011	107.649
S.12	723190.917	3935663.162	107.162
S.12	723191.335	3935663.364	107.367
S10BIS.1	722796.393	3935628.957	107.376
S11A.1	722872.074	3935513.502	108.093
S1B.1	723413.511	3935914.008	109.104
S1B.2	723413.504	3935914.005	109.081
S9A.1	722797.071	3936027.987	108.763
S9BIS.1	722941.175	3935977.338	108.675
SN.11	724470.569	3935753.993	109.035
SN.15	725113.305	3935747.710	111.862
SN.110	724104.766	3935795.790	109.103
SN.111	723748.051	3935785.264	107.782
SN.140	724739.705	3935932.214	109.867
ST.1	725196.622	3935503.997	113.649
ST.2	725024.640	3935240.210	115.143
ST.3	724755.381	3935146.227	114.308

ST.4	724570.520	3935400.196	113.105
ST.5	724576.359	3935087.499	122.196
ST.6	724595.457	3935077.662	122.756
ST1A.1	725283.382	3935822.211	111.666

Modélisation numérique du terrain

La modélisation numérique du terrain représente une phase fondamentale en géométrie et en topographie, dans la mesure où elle autorise la représentation discrète et continue de la surface terrestre à partir des données collectées sur le terrain, elle convertit les levés topographiques en un modèle numérique utilisable, ce qui permet d'optimiser l'analyse morphologique ainsi que les processus décisionnels dans les projets d'aménagement.

Figure 16- Terrain naturel de projet avant la réalisation [Auteur]

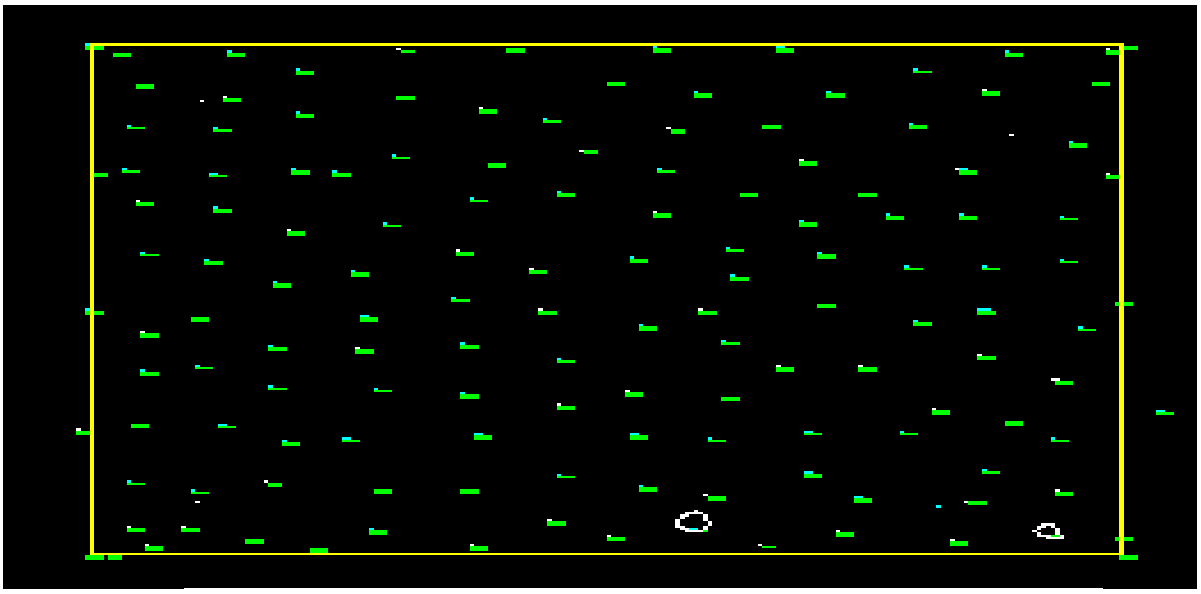


Figure 15- Levé initial [capture d'écran de l'Autodesk]

- ## Modèle Numérique de Terrain (MNT)

Un Modèle numérique de Terrain (M.N.T) (Digital Terrain Model : D.T.M) : est une représentation numérique du terrain en terme d'altitude, il fournit des renseignements non seulement sur les formes du relief, mais également sur leur position, le M.N.T peut être relié à un ou plusieurs systèmes de coordonnées.

De façon concrète, on peut dire qu'un M.N.T est constitué de points connus en coordonnées (peu importe les systèmes de référence chois) qui donnent une représentation partielle du terrain. La surface topographique étant continue, il faut choisir une méthode d'interpolation qui déterminera l'altitude de points quelconques en fonction des altitudes des échantillons initiaux. Donc un M.N.T est la donnée d'un ensemble de points représentants une surface où leurs nombres et leurs positions permettent de calculer la côte Z = F(x, y) en tout point, le M.N.T est la représentation numérique et spatiale des altitudes sur le terrain. [TOM 02 Topographie et topometrie moderne]

Utilisation des MNT:

- Extraction des paramètres du terrain.
- Tracés des profils topographiques.

- Ingénierie .civile et aménagement du territoire.
- Création de cartes en relief et analyse de surface.
- Rendu de visualisation et planification du vol (simulation de vol) en 3D.
- Rectification géométrique de photographie aérienne ou d'imagerie satellitaire.
- Systèmes d'information géographique (SIG) et Systèmes de positionnement global (GPS).
- Géomantique et cartographie de cite.
- Précision agricole et forestière.Télédétection et analyse spatiale

En résume, les MNT sont des outils essentiels pour l'analyse, la modélisation et la visualisation du terrain dans déférents domaines, où le traitement se fait par le logiciel Covadis. On obtient ainsi une modélisation numérique en altimétrie du terrain (MNT) par déplacement automatique sur une grille de points ou profils avec pointé altimétrique de l'opérateur. [TOM 01 Topographie et topometrie moderne]

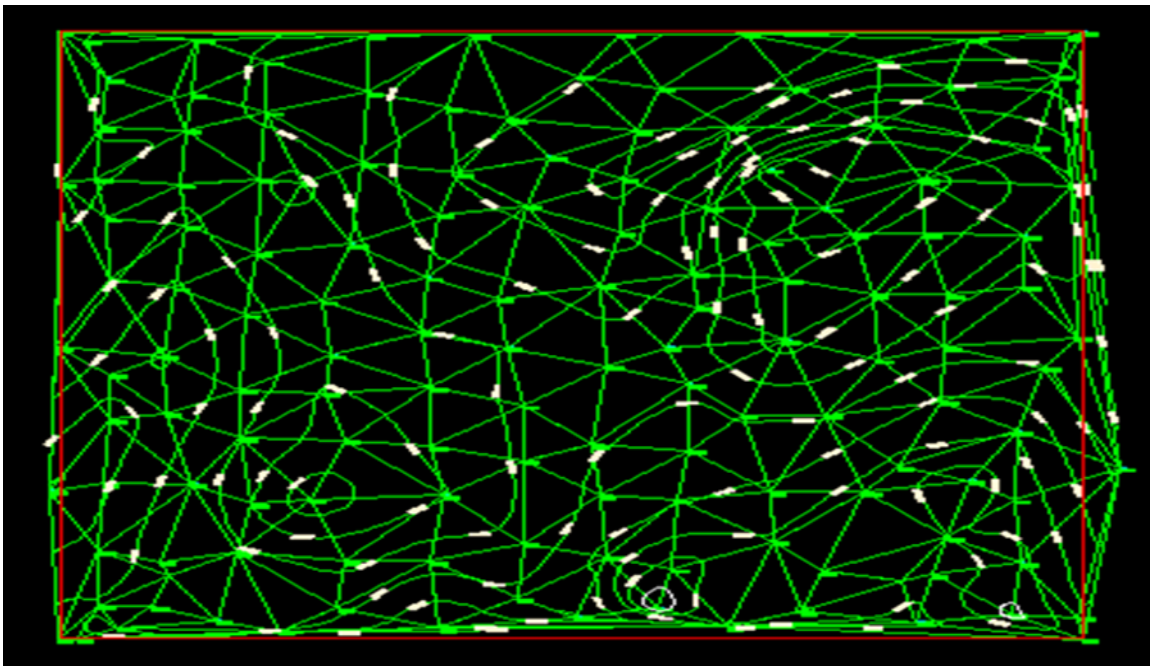


Figure 17- Trangulation du Projet [capture d'écran de l'Autodesk]

Les logiciels (dans notre projet)

L'informatique est largement utilisée dans le domaine des études et réalisation des projet de travaux public ou génie civil pour faciliter la conception, la modélisation, l'analyse et la gestion des projets, ce qui permet d'améliorer l'efficacité, la précision et la durabilité des infrastructure routières et des réseaux divers.

A cet effet plusieurs logiciels ont été utiluse tel qu'AutoCAD, Civil 3D, Land Desktop, Covadis, Mensura Genius avec leurs modules présentant des fonctionnalités pour le calcul des réseaux d'assainissement, les cubatures des terrassements, la conception des voiries… etc.

Utiliser un logiciel pour créer un dessin ou modèle produit un résultat différent d'un dessin manuel. À cause de la fabuleuse précision que gèrent les logiciels de Dessin Assisté par Ordinateur (D.A.O)/Conception Assisté par Ordinateur(C.A.O), ils surpassent de loin le dessin manuel. En plus du degré de précision, ils offrent la possibilité de copier, modifier, obtenir des renseignements sur les objets contenus dans le dessin. [Autodesk]

- **Logiciel Covadis**

Le logiciel Covadis, incorporé dans l'environnement AutoCAD, constitue un outil spécialisé dédié au traitement des données topographiques ainsi qu'à la conception des projets d'ingénierie civile. Il est couramment employé dans les disciplines de la géométrie et de la topographie pour l'analyse des levés et la modélisation des surfaces terrestres.

Dans le cadre de cette recherche, le logiciel Covadis a été employé afin de produire le Modèle Numérique de Terrain à partir des points collectés sur le terrain, le logiciel offre en outre la génération automatique des courbes de niveau, l'évaluation des pentes ainsi que la représentation tridimensionnelle du terrain, par ses fonctionnalités avancées, Covadis permet la transformation des données brutes en une représentation géométrique structurée, indispensable à l'analyse et à la conception des infrastructures de circulation.

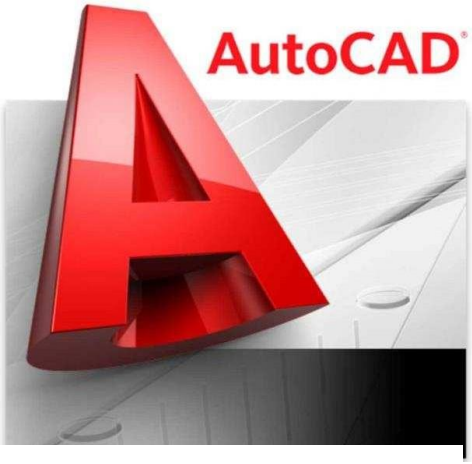


Figure 18- logiciels de projet [Google]

Exploitation des données

L'analyse des données topographiques constitue une phase cruciale dans le cadre du traitement géométrique du relief, elle vise à analyser les résultats générés par le modèle numérique afin d'en dégager des informations pertinentes pour l'étude morphologique et la conception des structures, cette étape permet de convertir une représentation numérique en une interprétation technique du site d'étude.

- ## Courbes de niveau

Les courbes de niveau correspondent à des lignes qui unissent tous les points du terrain présentant une altitude identique, elles représentent une modélisation cartographique essentielle en topographie, autorisant la transposition du relief en une dimension bidimensionnelle.

En géométrie du terrain, la distance séparant les courbes de niveau informe directement sur la caractéristique du relief : un espacement restreint signale une inclinaison prononcée, alors qu'un espacement important reflète une topographie plus plane.

De ce fait, les courbes de niveau offrent une lecture à la fois rapide et précise des variations altimétriques du site, ce qui facilite l'analyse ainsi que la prise de décision dans le cadre des projets d'aménagement.

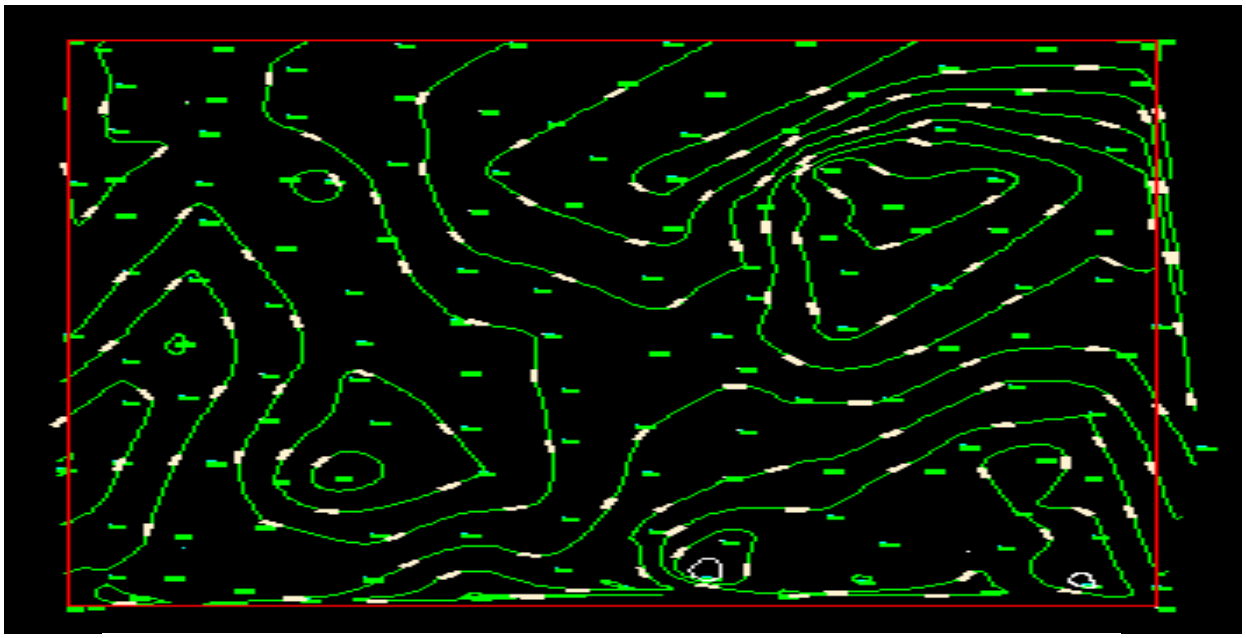


Figure 19- Vue en plan d'un courbes de niveau [capture d'écran de l'Autodesk]

- ## Analyse des pentes

L'analyse des pentes consiste à mesurer les différences d'altitude entre divers points du terrain dans le but d'évaluer son degré d'inclinaison, cette étude revêt une importance capitale en topographie, en particulier pour les projets routiers et d'infrastructures, puisqu'elle conditionne directement la conception géométrique ainsi que la stabilité des constructions. Elle autorise la détection des secteurs à pente élevée, des surfaces planes ainsi que des contraintes naturelles du site.

Les résultats obtenus permettent de modifier le tracé des itinéraires de circulation afin d'assurer la conformité aux normes techniques et de sécurité en vigueur.
Sur la (Figure 19) on peut lire sur la vue en plan les pentes du terrain naturel, on repère les sommets, les cotes topographiques, les cuvettes, les ruptures de pente, plusieurs courbes qui fusionnent en une seule indiquent une falaise verticale.

Remarque : Plus la pente est forte, plus les courbes sera approchent et plus la pente est faible plus les courbes éloignent.

Interpolation : L'interpolation consiste à trouver les altitudes qui ne sont pas indiquées sur le levé topographique.

Conclusion

Ce chapitre a exposé l'intégralité des phases concernant l'acquisition, le traitement et l'exploitation des données topographiques dans le contexte de ce projet, la combinaison d'instruments de mesure de haute précision, tels que la station totale et le GPS, a rendu possible la collecte de données fiables et géoréférencées sur le site d'étude. Les opérations réalisées, notamment le calcul du cheminement, le nivellement et l'interpolation, ont permis de structurer et de rectifier les données brutes afin d'obtenir des résultats cohérents et exploitables.

Ces interventions ont garanti l'exactitude des coordonnées planimétriques et altimétriques requises pour le déroulement ultérieur de l'étude. De surcroît, la modélisation numérique du terrain, effectuée au moyen du logiciel Covadis, a autorisé la création d'un modèle fidèle du relief naturel ainsi que de ses produits dérivés, incluant les courbes de niveau et l'analyse des pentes.

Ces données ont permis une compréhension approfondie de la morphologie du site ainsi que de ses contraintes géométriques. En conclusion, les données recueillies forment une base topographique rigoureuse et organisée, essentielle pour les étapes suivantes du projet, en particulier la conception et l'amélioration des itinéraires de circulation.

CHAPITRE 4: CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU PROJET

Introduction

Ce chapitre est consacré à la conception et au dimensionnement des infrastructures projetées au niveau du site de Tafraoui, en particulier les voies de circulation destinées aux abris avions ainsi que les ouvrages d'assainissement associés. Cette phase représente une étape essentielle dans la réalisation du projet, puisqu'elle permet de définir les caractéristiques techniques et géométriques des aménagements conformément aux normes et recommandations de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (O.A.C.I).

L'étude porte principalement sur l'aménagement des voies de circulation aéronautiques, le choix des profils en travers, la géométrie des tracés, ainsi que le dimensionnement des structures de chaussée en fonction des contraintes de trafic, des caractéristiques géotechniques du sol et des charges imposées par les aéronefs. Une attention particulière est également accordée à l'étude d'assainissement afin d'assurer une évacuation efficace des eaux pluviales et de garantir la durabilité des infrastructures projetées. Dans ce cadre, les différents calculs techniques, hydrologiques et géométriques ont été réalisés à partir des données topographiques, géotechniques et opérationnelles du site.

Aménagement des infrastructures aéroportuaires

La république Algérienne Démocratique et populaire, pays membre de l'organisation de l'aviation civile internationales (O.A.C.I) fait, partie des états contractants n'ayant pas notifié à l'O.A.C.I des différences entre leurs règlements et usages et les normes et pratiques recommandées internationales ou formulé Des observations sur la mise en application de ces mêmes normes. Les standards et les pratiques recommandés par l'O.A.C.I sont donc intégralement applicables en Algérie. Ils font l'objet du document :

Normes et pratiques recommandées internationales Aérodromes, Annexe 14 à la convention relative à l'aviation civile internationale, Huitième édition – Mars 1983, Edité par l'organisation de l'aviation civile internationale.

Cependant, nous nous sommes attachés dans le rappel des normes principales, ci–après à différencier chaque fois que possible, d'une part « Des standards », règles techniques desquelles ressort normalement une obligation. D'autre part : « Des pratiques recommandées » qui sont moins impératives que les standards, tout en ayant pour but d'étendre l'effort d'unification des aérodromes sans tomber dans un excès de réglementation.

Classification et identification des pistes :

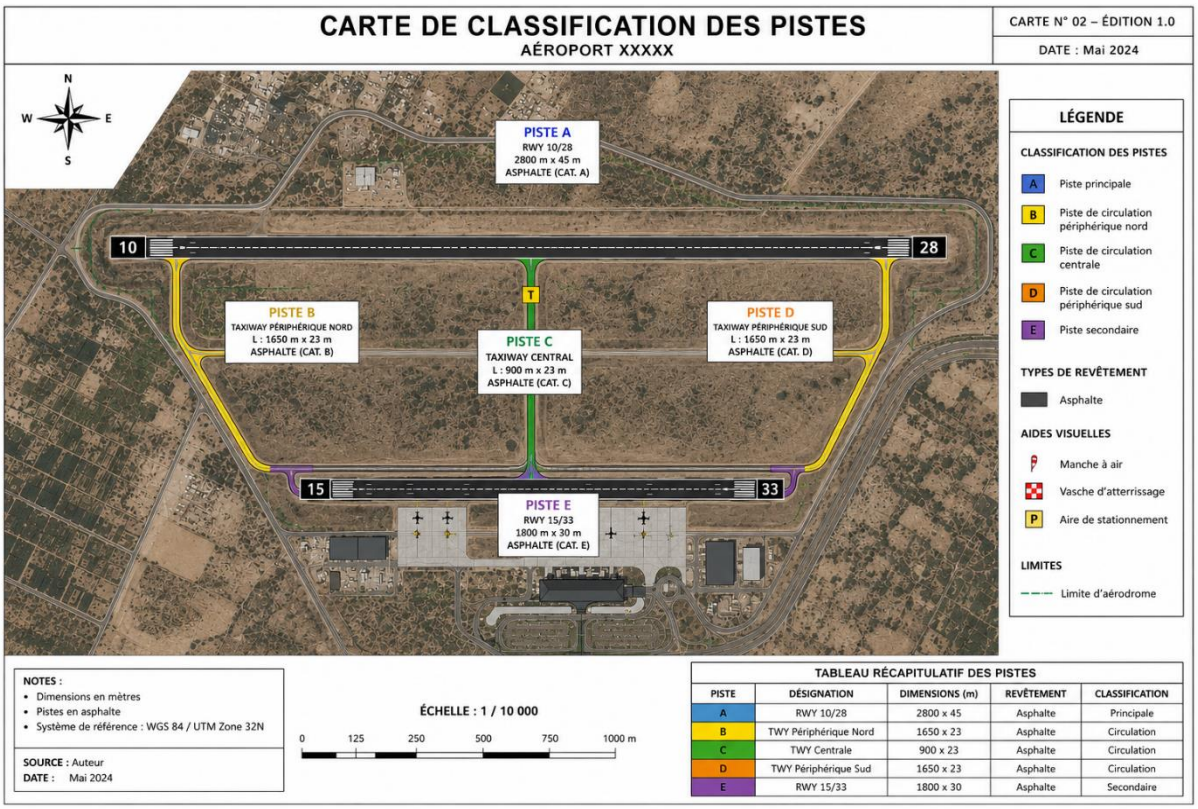


Figure 20- Classification et identification des pistes [l'avionnaire]

Piste (3-1)

Les pistes sont classées par l'O.A.C.I. en cinq catégories identifiées par les lettres A, B, C, D et E parmi lesquelles nous distinguerons la catégorie qui nous intéresse , pour les transports de passagers et de fret de catégorie A, par l'utilisation de type d'avion long-courrier (étapes supérieurs à 3.000 km) ou gros porteur obligeant une longueur de base de la piste de 2100 m au minimum.

Détermination du profil en travers type

- **Article (3.11.1 de l'annexe 14)**

  Il est recommandé que les aérodromes soient pourvus d'aire de trafic lorsque ces aires sont nécessaires pour éviter que les opérations d'embarquement des passagers, des marchandises et de la poste ainsi que les opérations de petit entretien ne gênent la circulation d'aérodrome.

Dimensions des aires de trafic

- **Article (3-11-2 de l'annexe 14) :**

  Il est recommandé que la surface totale d'une aire de trafic soit suffisante pour permettre l'acheminement rapide de la circulation de la circulation d'aérodrome aux périodes de densité maximale prévue.

Résistance des aires de trafic

- **Article (3-11-3 de l'annexe 14) :**

  Il est recommandé qu'au raccordement d'un accotement et de la piste la surface de l'accotement soit de niveau avec la surface de la piste et que la pente transversale de l'accotement ne dépasse pas 2,5 %.

Pente des aires de trafic

- **Article (3–11-4 de l'annexe 14)**

  Il est recommandé que, sur une aire de trafic, et notamment sur une voie d'accès de poste de stationnement d'aéronef, les pentes d'une aire de trafic soient suffisantes pour empêcher l'accumulation d'eau à la surface de l'aire mais que l'aire reste aussi voisine de l'horizontale que le permettent les conditions d'écoulement des eaux.

- **Article (3–11-5 de l'annexe 14)**

  Il est recommandé que la pente maximale d'un poste de stationnement d'aéronef n'excède pas 1%.

Dégagement sur les aires de trafic

- **Article (3–11-6 de l'annexe 14) :**

Il est recommandé qu'un poste en stationnement d'aéronef assure le dégagement minimal ci-après entre un aéronef stationné à ce poste et toute construction voisine, toit aéronef stationné à un autre poste et tout autre objet :

Tableau 4- dégagement sur les aires de trafic

Lettre de code	Dégagement
A	3 m
B	3 m
C	4.5 m
D	7.5 m
E	7.5 m

Lorsque des circonstances particulières le justifient, ces dégagements peuvent être réduits, lorsqu'il s'agit d'un poste de stationnement frontal avant et que la lettre de code est D ou E :

a. Entre l'aérogare, notamment toute passerelle fixe d'embarquement, et le nez d'un avion.
b. Sur toute partie du poste de stationnement sur laquelle un système de guidage visuel pour l'accostage assure un guidage en azimut.

Nb : Sur les aires de trafic, il faut aussi tenir compte de l'existence de routes de service et d'aires de manœuvre et d'entreposage pour l'équipement au sol.

- Chiffre de code : est fondé sur la distance de référence de l'avion
- Lettre de code : est fondée sur l'envergure de l'avion et la largeur hors-tout de son train principal.

Tableau 5- Code de référence de l'aérodrome

Elément de code 1		**Elément de code 2**		
Chiffre de code	Distance de référence de l'avion	Lettre de code	Envergure	Largeur hors-tout du train principal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

1	Moins de 800 m	A	Moins de 15 m	Moins de 4.5 m
2	De 800 m à 1200 m exclus	B	De 15 m à 24 m exclus	De 4.5 m à 6 m exclus
3	De 1200 m à 1800 m exclus	C	De 24 m à 36 m exclus	De 6 m à 9 m exclus
4	1800 m et plus	D	De 36 m à 52 m exclus	De 9 m à 14 m exclus
5	2400 m et plus	E	De 52 m à 60 m exclus	De 9 m à 14 m exclus

Tableau 6- Distance minimale entre l'axe d'une piste et une plate-forme d'attente ou un point d'attente de circulation.

Type des opérations exécutées sur la piste	Chiffre de code de la piste			
	1	2	3	4
Approche à vue	30 m	40 m	75 m	75 m
Approche classique	40 m	40 m	75 m	75 m
Approche de précision de catégorie I	60 m	60 m	90 m	90 m
Approche de précision de catégorie II et III	-	-	90 m	90 m

Interprétation :

a. Si la plate-forme d'attente ou le point d'attente de circulation se trouve à une altitude inférieure à celle du seuil, la distance peut être diminuée de 5 m pour chaque mètre de moins que l'altitude du seuil, à condition de ne pas empiéter sur la surface intérieure de transition.

b. Il faudra peut-être augmenter cette distance pour éviter le brouillage avec des aides radioélectrique ; dans le cas des pistes avec approche de précision de catégorie III, cette augmentation pourra être de l'ordre de 50 m.

Etudes générales de l'aménagement

- ### Description de l'étude

L'étude consiste à construire des voies de circulations selon la proposition du haut commandement de l'armée populaire algérienne et en tenant compte de l'étude géotechnique et les données de base de l'avion le plus contraignant pour le calcul, fréquentant ces voies de circulations, pour répondre aux normes exigées par l'O.A.C.I.

- ### Caractéristiques des voies de circulation

  - Les voies de circulations projetées ont une longueur totale de 6850 m et largeur de 25 m,
  - Dans le plan Profil en travers Type, les corps de chaussée Correspondant à tous les aménagements proposés.

Tableau 7- Caractéristiques des voies de circulation

Ouvrage	Dimensions (m)		Nature de la chaussée
	Longueur	Largeur	
Voie de circulation N°1	1342,47	25	Nouvelle souple
Voie de circulation N°2	834,29	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 1	58,33	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 2	62,91	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 3	52,84	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 4	84,34	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 5	58,9	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 6	58,33	25	Nouvelle souple

Axe secondaire N° 7		59,61	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 8		62,03	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 9		51,5	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 10		57,52	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 11		59,1	25	Nouvelle souple
Axe secondaire N° 12		58,85	25	Nouvelle souple
Total	14 Axes	2810,76	25	Nouvelle souple

- **Géométrie des aménagements**

Toutes les exigences de ces normes ont été respectées lors de la conception Technique du projet. Le plan « Tracé en Plan » des voies de circulation montre les distances des surfaces traitées destinées à la circulation des aéronefs.

Profils en long

Le profil en long est élaboré en tenant compte des voies de circulations existantes et des abris d'avions qui vont être réalisé ultérieurement. Dans l'exécution des travaux on doit tenir compte des éléments suivants :

Côtes de nivellement des points de piquetage

- Côtes de terrain naturel
- Déclivités longitudinales
- Dévers transversales

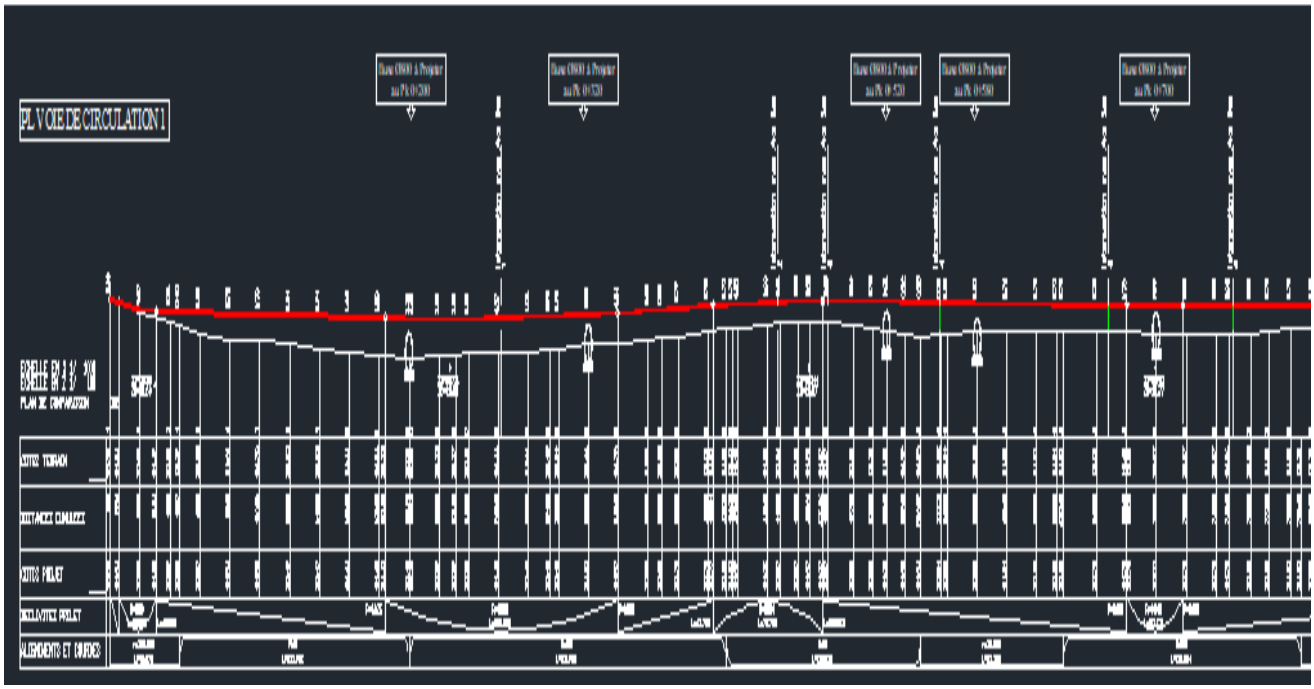


Figure 21- profil en long du pk 150 au pk 1100 [capture d'écran de l'Autodesk]

- ## Dimensionnement

A la demande et pour le compte du ministère de la défense nationale représenté par le centre militaire d'ingénierie et de développement des infrastructures, la Société Algérienne d'Etude d'Infrastructures a réalisé cette étude qui s'intitule l'étude de réalisation des voies de circulation pour abris avions à l'école supérieure de l'air / tafraoui / 2°RM

Aprés l'établissement de l'étude géotechnique, le bureau d'étude a pour mission d'analyser et interpréter les résultats donnée par le laboratoire a fin de trouvé et de faire ce qui se fait de mieux dans le genre afin d'établir un dimensionnement de corps de chaussée soit en renforcement soit le nouveau tracé.

Calcule et interprétation

- ## Les paramètres considérés

Les paramètres qui ont été pris en compte dans notre calcul sont :

- Type d'aéronef : MI 26 T2 (hélicoptère)
- Charge à vide 28.2 tonnes
- Charge maximale 56 tonnes

- Empattement (Roues arrières) = 5 mètres
- Nombre de pneus = 6
- Indice CBR = 2.22 pour une sécurité à 100%
- Accroissement annuel : nul
- Année de mise en service : 2018
- Durée de vie : 20 ans
- Risque : 5%
- Nombre de mouvement journalier : 50
- Températures moyenne t=20°C

- **Proposition de corps de chaussée**

  - Couche de forme 60 cm : TVO (tout venants d'oued).
  - Couche de fondation 30 cm : en grave concassé (GNT 0/40).
  - Couche de base 12 cm : en grave bitume (GB).
  - Couche de roulement 08 cm : en béton bitumineux (BB).

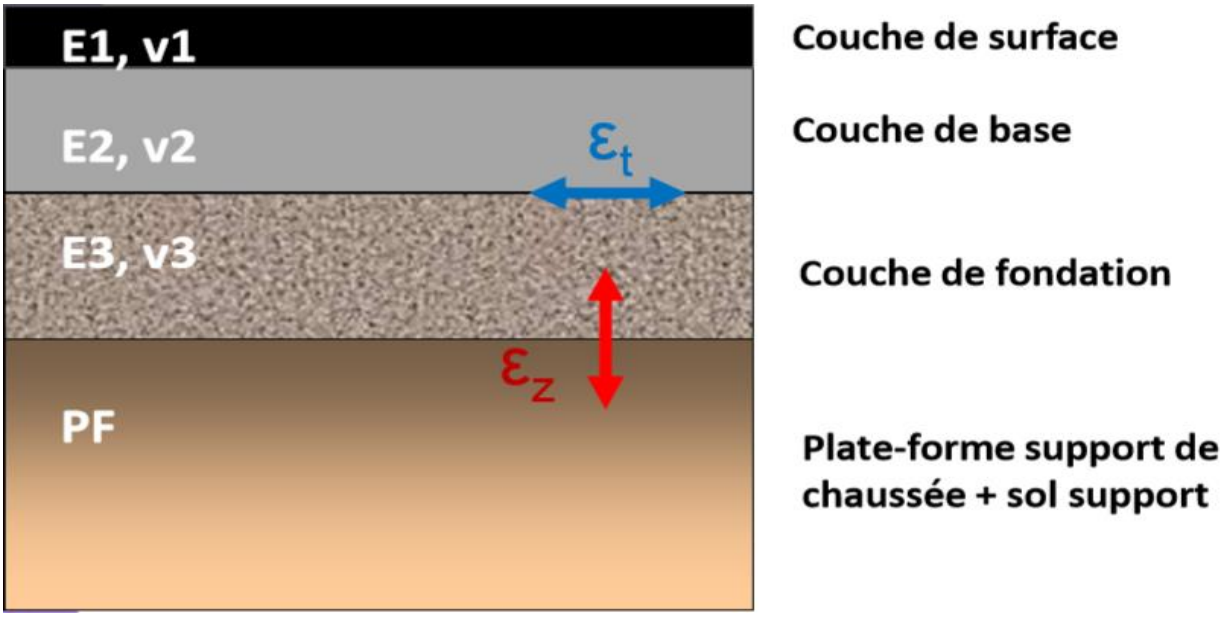


Figure 22- couches de remblai [Autodesk]

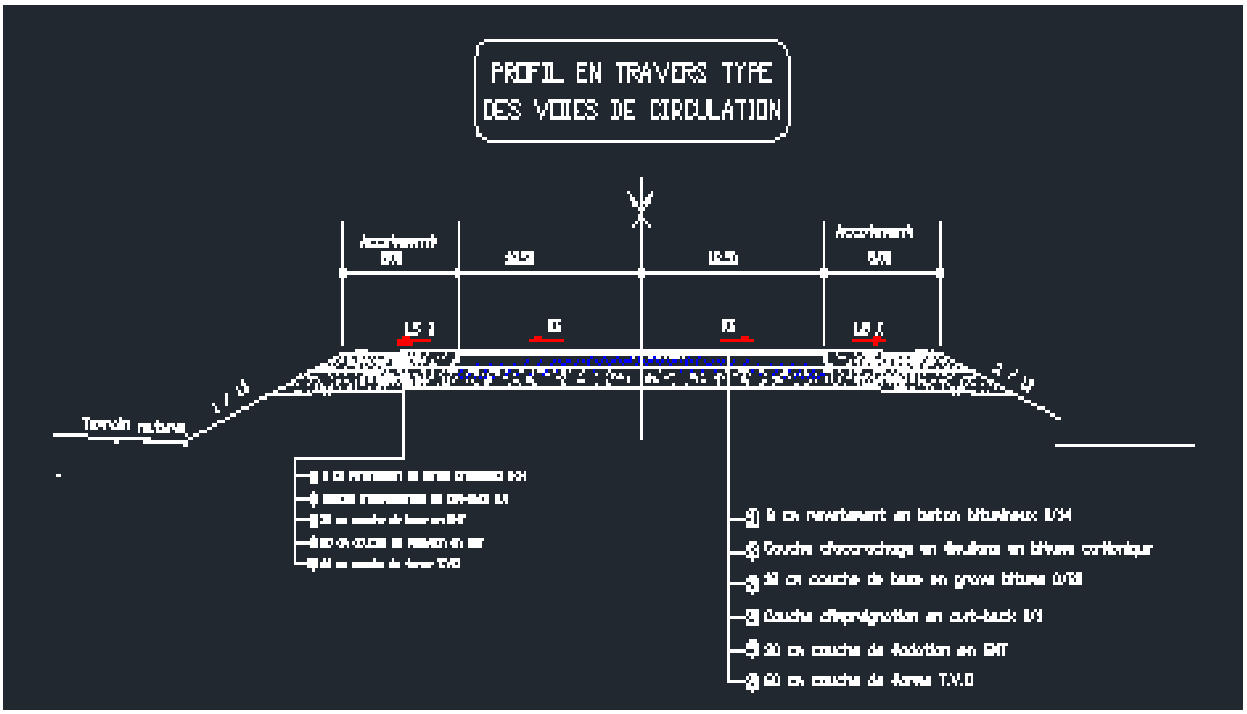


Figure 24- profil en travers type [Autodesk]

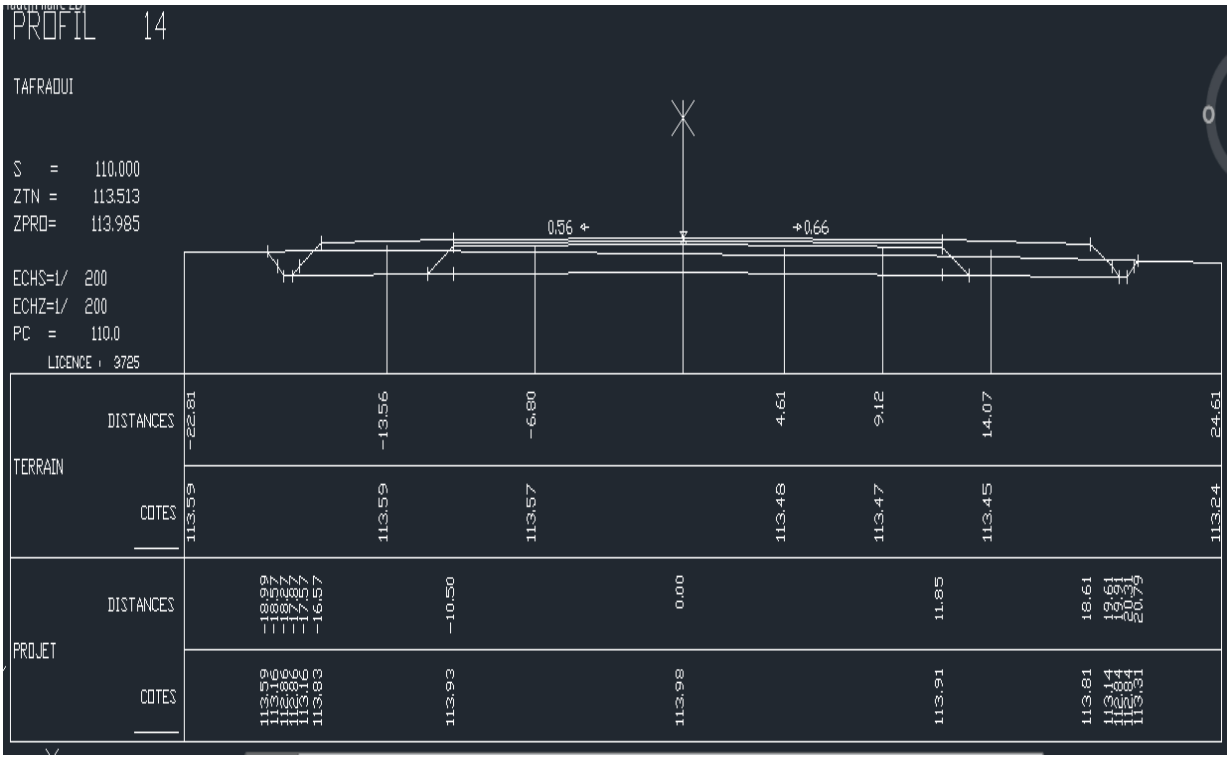


Figure 23- profil en travers courant [Autodesk]

Le plan de piquetage (plan d'implantation)

Le plan de piquetage est appelé aussi plan d'implantation, c'est la représentation graphique qui montre l'emplacement précis des éléments sur cite donne (axes, bords…), aussi c'est la projection des coordonnées graphique sur le plan réel permettent :

- L'exécution des terrassements généraux.
- Positionner les différents ouvrages busées.
- Positionner les feux et les panneaux de signalisation.
- Tracer les fouilles et entamer les terrassements secondaires.

L'implantation est une opération inverse du levé topographique donc l'implantation est une représentation sur le terrain de ce qui est représenté sur le plan topographique. Le plan de piquetage doit comporter les informations suivantes :

- Tracé de l'axe de la route à une échelle donnée.
- Les coordonnées des points d'axe et de tangence.
- Le gisement de chaque direction.
- Les distances entre les points.
- Les stations connues en coordonnées.
- La liste de polygonale.

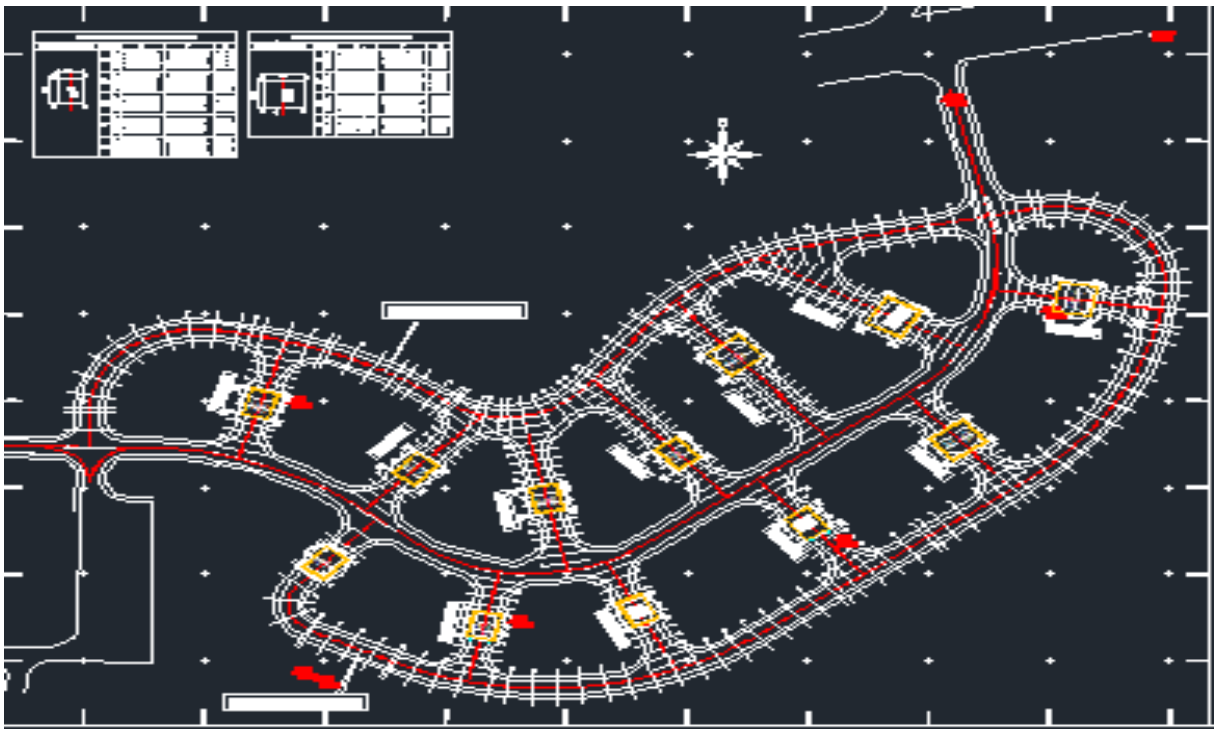


Figure 25- Tracé en plan [Autodesk]

Listing D'implantation

Ci-dessous, le listing d'implantation pour une voie de circulation, tandis qu'on a établi le listing de 2 voies principales et 11 voies ou axes secondaires

Voie de Circulation N°1 :

Tableau 8- Listing D'implantation

N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0.000	111.950	111.950	724405.889	3935345.861	99.668g	-1.00	-1.00
2	20.000	111.591	111.656	724405.785	3935365.861	99.668g	-1.00	-1.00
3	40.000	111.281	111.591	724405.680	3935385.861	99.668g	-1.00	-1.00
4	46.072	111.187	111.584	724405.648	3935391.933	99.668g	-1.00	-1.00
5	60.000	110.979	111.566	724406.652	3935405.810	109.520g	-1.00	-1.00
6	80.000	110.812	111.542	724411.795	3935425.095	123.667g	-1.00	-1.00
7	100.000	110.733	111.517	724421.062	3935442.772	137.814g	-1.00	-1.00
8	120.000	110.654	111.492	724433.998	3935457.972	151.961g	-1.00	-1.00
9	140.000	110.525	111.468	724449.965	3935469.947	166.108g	-1.00	-1.00

10	160.000	110.412	111.443	724468.179	3935478.108	180.255g	-1.00	-1.00
11	180.000	110.336	111.418	724487.744	3935482.055	194.402g	-0.33	-0.33
12	199.984	110.300	111.397	724507.682	3935481.594	208.538g	0.33	0.33
13	200.000	110.300	111.397	724507.697	3935481.592	208.538g	0.33	0.33
14	200.012	110.300	111.397	724507.709	3935481.591	208.538g	0.33	0.33
15	220.000	110.330	111.388	724527.441	3935478.411	211.801g	1.00	1.00
16	231.000	110.369	111.387	724538.222	3935476.232	213.597g	1.00	1.00
17	240.000	110.401	111.389	724546.995	3935474.223	215.066g	1.00	1.00
18	260.000	110.437	111.402	724566.309	3935469.037	218.331g	1.00	1.00
19	280.000	110.412	111.427	724585.331	3935462.869	221.595g	1.00	1.00
20	294.000	110.488	111.451	724598.447	3935457.974	223.881g	1.00	1.00
21	300.000	110.543	111.463	724604.013	3935455.733	224.860g	1.00	1.00
22	320.000	110.663	111.510	724622.304	3935447.649	228.125g	1.00	1.00
23	340.000						1.00	1.00

		110.727	111.569	724640.156	3935438.639	231.390g		
24	360.000	110.805	111.633	724657.524	3935428.725	234.654g	1.00	1.00
25	369.000	110.848	111.662	724665.169	3935423.975	236.123g	1.00	1.00
26	380.000	110.903	111.697	724674.360	3935417.933	237.919g	1.00	1.00
27	400.000	111.010	111.762	724690.621	3935406.293	241.184g	1.00	1.00
28	412.104	111.085	111.798	724700.165	3935398.849	243.128g	1.00	1.00
29	416.300	111.111	111.810	724703.502	3935396.306	239.789g	1.00	1.00
30	420.000	111.133	111.819	724706.551	3935394.211	236.845g	1.00	1.00
31	440.000	111.231	111.856	724724.480	3935385.467	220.929g	1.00	1.00
32	448.000	111.256	111.866	724732.168	3935383.267	214.563g	1.00	1.00
33	460.000	111.277	111.874	724744.016	3935381.431	205.014g	1.00	1.00
34	468.300	111.280	111.875	724752.309	3935381.208	198.409g	1.00	1.00
35	480.000	111.269	111.871	724763.942	3935382.353	189.098g	1.00	1.16
36	497.000	111.224	111.863	724780.261	3935387.001	175.570g	1.00	1.00
37	510.000						1.00	1.00

		111.134	111.857	724791.868	3935392.824	165.225g		
38	520.000	111.046	111.852	724800.067	3935398.539	157.267g	1.00	1.00
39	532.000	110.924	111.846	724808.869	3935406.678	147.718g	1.00	1.00
40	542.317	110.887	111.842	724815.392	3935414.661	139.508g	1.00	1.00
41	555.500	110.924	111.835	724823.059	3935425.386	139.508g	1.00	0.50
42	560.000	110.937	111.833	724825.676	3935429.047	139.508g	1.00	0.50
43	580.000	110.993	111.824	724837.306	3935445.318	139.508g	1.00	0.64
44	600.000	111.050	111.814	724848.937	3935461.588	139.508g	1.00	0.77
45	620.000	111.071	111.805	724860.567	3935477.859	139.508g	1.00	0.91
46	633.000	111.044	111.798	724868.127	3935488.435	139.508g	1.00	1.00
47	637.624	111.035	111.796	724870.816	3935492.197	139.508g	1.00	0.92
48	660.000	111.008	111.786	724884.730	3935509.708	145.983g	1.00	0.56
49	680.000	110.999	111.776	724898.616	3935524.092	151.771g	1.00	1.00
50	700.000	110.974	111.771	724913.750	3935537.156	157.558g	1.00	1.00
51	720.000						1.00	1.00

		110.974	111.777	724930.008	3935548.793	163.346g		
52	740.000	110.966	111.786	724947.255	3935558.905	169.133g	1.00	1.00
53	749.000	110.964	111.790	724955.301	3935562.936	171.738g	1.00	0.80
54	763.000	110.976	111.796	724968.127	3935568.543	175.789g	1.00	0.50
55	775.000	111.020	111.802	724979.386	3935572.691	179.261g	1.00	1.00
56	790.000	111.079	111.809	724993.749	3935577.004	183.602g	1.00	1.00
57	804.500	111.134	111.816	725007.853	3935580.370	185.526g	1.00	1.00
58	818.350	111.144	111.822	725021.346	3935583.492	185.526g	1.00	1.00
59	840.000	111.239	111.832	725042.439	3935588.372	185.526g	1.00	1.00
60	860.000	111.321	111.841	725061.924	3935592.880	185.526g	1.00	1.00
61	880.000	111.421	111.850	725081.409	3935597.388	185.526g	1.00	1.00
62	900.000	111.520	111.860	725100.895	3935601.896	185.526g	1.00	1.00
63	920.000	111.640	111.895	725120.380	3935606.405	185.526g	1.00	1.00
64	940.000	111.827	112.027	725139.865	3935610.913	185.526g	1.00	1.00
65	951.837						1.00	1.00

		112.144	112.144	725151.398	3935613.581	185.526g		

Étude d'assainissement

L'analyse de l'assainissement représente un élément fondamental dans la planification des infrastructures de transport, en particulier pour les voies dédiées aux abris d'avion. Son objectif consiste à garantir une gestion optimale des eaux pluviales en vue de préserver l'intégrité de la chaussée, d'assurer la sécurité des usagers et de prolonger la pérennité des infrastructures.

- **Objectifs**

Les finalités de l'étude d'assainissement se structurent autour des axes suivants : Garantir une évacuation rapide et efficace des eaux pluviales afin de prévenir toute stagnation sur la chaussée ;

- Anticiper les phénomènes de dégradation, notamment l'érosion, l'affouillement ou l'infiltration excessive au sein de la structure de la chaussée.
- Assurer la protection des infrastructures face aux risques associés aux écoulements non maîtrisés, tels que les inondations et la déstabilisation des talus.
- Assurer des conditions optimales de sécurité et de circulation en prévenant notamment la formation de flaques ou de surfaces glissantes.
- Ajuster les systèmes d'assainissement en fonction des particularités hydrologiques et topographiques de la région étudiée.

Types d'ouvrages et Réseaux (fossés, caniveaux, Canalisations de drainage)

Le système d'assainissement adopté dans ce projet s'appuie sur un ensemble d'installations complémentaires assurant la collecte, le transport et l'évacuation des eaux pluviales.

- **Fossés**

Les fossés constituent des structures longitudinales généralement positionnées en lisière de la voie, ils garantissent la collecte des eaux de ruissellement issues de la chaussée ainsi que des terrains adjacents. La formulation de ces éléments repose sur :

- la déclivité longitudinale du terrain, la composition du sol, ainsi que le débit à évacuer.

- Ils peuvent être implantés directement dans le sol ou protégés par un revêtement en béton en fonction des conditions d'écoulement et des risques d'érosion.

- **Caniveaux**

Les caniveaux constituent des infrastructures superficielles, habituellement réalisées en béton, conçues pour diriger les eaux en périphérie de la chaussée. Ils exposent les bénéfices suivants :

  - Une gestion plus efficace de l'écoulement, une diminution des infiltrations ainsi qu'une durabilité supérieure comparativement aux fossés en terre.
  - Ils conviennent particulièrement aux zones urbanisées ainsi qu'aux secteurs soumis à une forte sollicitation.

- **Canalisations de drainage:**

  Les drains constituent des dispositifs enfouis destinés à l'évacuation des eaux infiltrées dans le sol. Ils exercent une fonction cruciale dans :

  - la diminution de la pression interstitielle, la consolidation des couches de la chaussée, ainsi que la prévention des infiltrations d'eau.
  - Ils se composent généralement de conduits perforés enveloppés de matériaux filtrants.

Calcul hydrologique des débits (méthode rationnelle et intensité pluie)

Le calcul des dimensions des infrastructures d'assainissement s'appuie sur l'évaluation des débits d'eau à évacuer. Dans ce projet, la méthode rationnelle a été privilégiée en raison de sa simplicité et de son efficacité pour les bassins versants de superficie réduite.
La formule associée à la méthode rationnelle s'exprime de la manière suivante :

$$\mathbf{Q = C \times I \times A}$$

Où se situe :

- Q : debit maximal (m^3/s),
- C : coefficient de ruissellement (adimensionnel).
- I : intensité pluviométrique (mm/h)
- A : surface du bassin versant (ha).

Établissement des paramètres

- **Coefficient de ruissellement (C) :** varie en fonction de la nature du sol ainsi que du degré d'imperméabilisation, présentant des valeurs plus élevées pour les surfaces bétonnées ou bitumées.
- **Intensité de la pluie (I) :** évaluée à partir des courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) spécifiques à la région, en fonction de la période de retour retenue.
- **Superficie (A) :** déterminée à partir de l'analyse topographique et de la délimitation du bassin versant.

Cette méthode autorise l'obtention d'une évaluation fiable du débit maximal à considérer pour le dimensionnement.

- ## Dimensionnement

Le calcul des dimensions des ouvrages d'assainissement s'effectue à partir des débits estimés, en assurant une capacité d'évacuation adéquate dans les conditions les plus contraignantes. Les critères de conception comprennent :

a. la capacité hydraulique des sections (fossés, caniveaux), la vitesse d'écoulement (afin de prévenir l'érosion ou la sédimentation), la stabilité des ouvrages, ainsi que la facilité d'entretien et d'exploitation.

b. Les sections des ouvrages sont déterminées de façon à :

- Garantir un écoulement gravitaire optimal, prévenir les débordements et se conformer aux contraintes topographiques.

c. Dans certaines situations, il est possible de prévoir des dispositifs additionnels, tels que :

- Des dispositifs d'inspection, des ouvrages destinés à la dissipation d'énergie, ainsi que des bassins de rétention.

À l'issue des calculs effectués, il a été démontré que les eaux localisées au sein de l'École Supérieure de l'Aviation de Tafraoui sont uniquement superficielles et disponibles en quantité restreinte, conformément aux exigences imposées par l'aéroport.

Voilà le plan d'assainissement final :

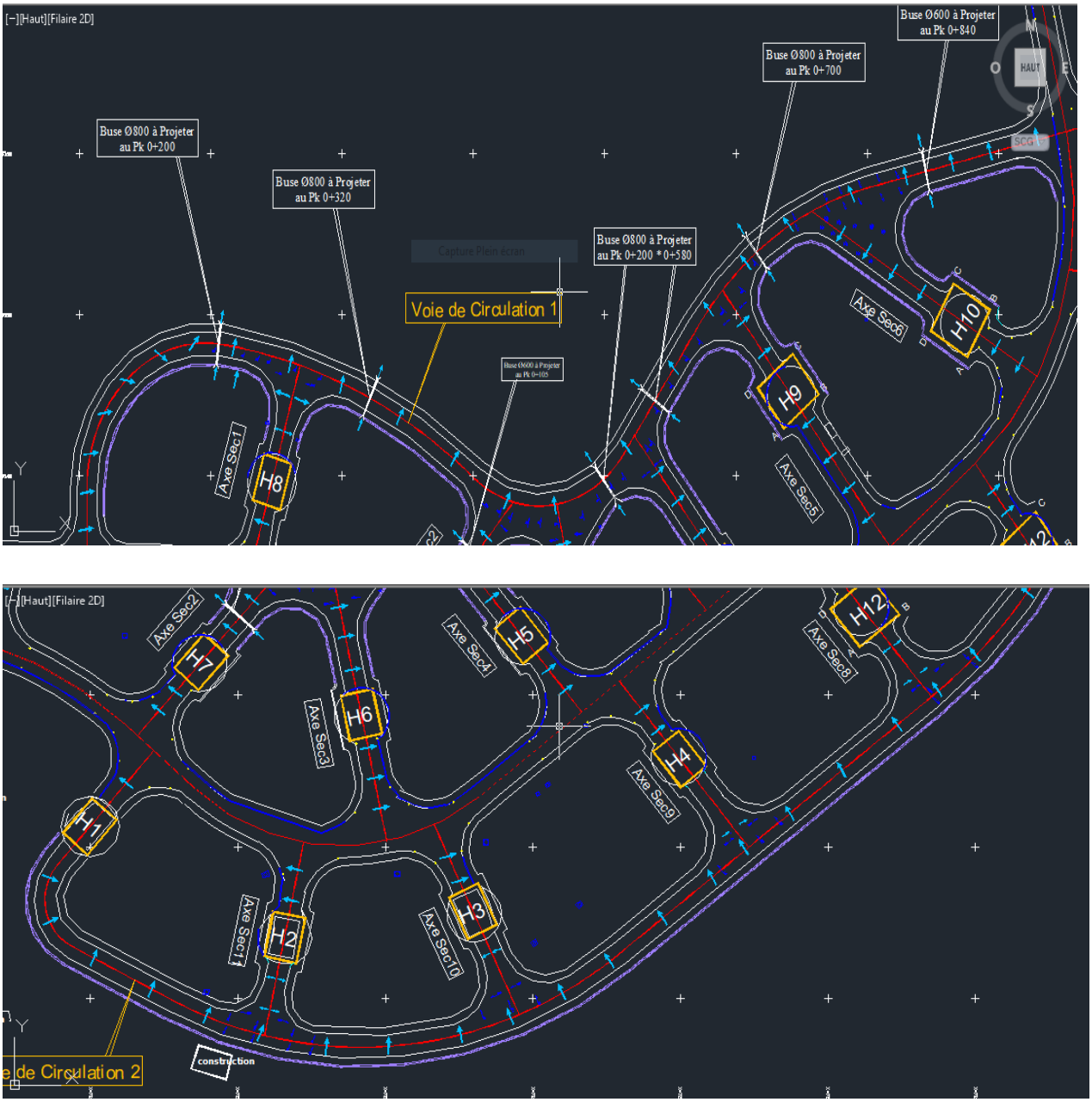


Figure 26- Plan d'assainissement [Autodesk]

NB : L'ensemble des pièces issues de l'étude et des calculs obtenus, que ce soient écrits (listing d'implantation, cotes de revêtement, métrés) ou des pièces graphiques (plan d'implantation, trace en plan, profil en travers et profil en long), a été compilé dans un dossier exhaustif, annexé au présent mémoire.

Conclusion

Ce chapitre a conduit à l'élaboration et à la détermination optimale des dimensions des voies de circulation ainsi que du système d'assainissement sur le site de Tafraoui. Les résultats obtenus, issus d'une analyse approfondie des données et des calculs hydrologiques, assurent une gestion efficiente des eaux pluviales ainsi qu'une utilisation sûre et opérationnelle des infrastructures.

Les solutions suggérées satisfont par conséquent aux exigences techniques ainsi qu'aux contraintes particulières du projet, formant une fondation solide pour sa réalisation, l'aménagement des voies de circulation a été conçu afin de garantir la fluidité des déplacements, la sécurité des utilisateurs ainsi que la conformité aux normes en vigueur dans le secteur aéronautique, la prise en compte exhaustive des paramètres techniques a conduit à l'élaboration d'une solution optimale, conforme aux objectifs fonctionnels du projet.

En somme, ce chapitre représente une phase cruciale dans le développement du projet, en apportant un socle technique rigoureux et harmonisé pour sa mise en œuvre, les décisions de conception ainsi que les résultats du dimensionnement reflètent une adéquation optimale entre les contraintes spécifiques du site de Tafraoui et les exigences opérationnelles des voies de circulation destinées aux abris pour avions.

CHAPITRE 5: ÉQUIPEMENTS AÉRONAUTIQUES ET RÉSULTATS

Introduction

Ce chapitre présent les différents équipements aéronautiques liés au balisage lumineux et à la signalisation des aérodromes, éléments indispensables pour assurer la sécurité et la fluidité des opérations aériennes, le balisage et les marquages au sol jouent un rôle essentiel dans le guidage des aéronefs durant les phases de décollage, d'atterrissage et de circulation au sol, notamment dans des conditions météorologiques défavorables ou de faible visibilité.

L'étude porte principalement sur les systèmes de balisage des pistes, des voies de circulation et des zones de sécurité, ainsi que sur les différents types de marquages réglementaires conformes aux normes de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI), ce chapitre met également en évidence les caractéristiques techniques et fonctionnelles de ces équipements afin de mieux comprendre leur importance dans l'exploitation aéroportuaire moderne.

Balisage

Le balisage lumineux des pistes d'atterrissage est une étape cruciale dans l'histoire de l'aviation moderne, avec l'accroissement du trafic aérien et l'évolution des technologies, les aéroports du monde entier ont adopté des systèmes sophistiqués de balisage lumineux pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations aériennes, surtout lors des phases critiques de décollage et d'atterrissage. Ces systèmes fournissent des repères visuels essentiels aux pilotes, en particulier dans des conditions de faible luminosité ou de mauvaise visibilité, et contribuent ainsi à réduire les risques d'incidents ou d'accidents.

- **Balisage lumineux**

La nuit, un aéroport est éclairé par des feux de différentes couleurs, la couleur des feux d'un aéroport dépend de la fonction de balisage et est prédéfinie par la réglementation internationale de l'aviation (OACI, Annexe 14, Vol I, Chromaticité).

Composante essentielle des aides à l'atterrissage, le balisage d'aérodrome comprend :

- Le balisage de piste,
- Le balisage des voies de circulation et des aires de stationnement
- Les rampes d'approche situées en extrémités de piste donnant l'axe d'atterrissage.

Les aides visuelles à l'atterrissage (Papi et VASI) où l'angle de descente est matérialisé par des secteurs lumineux de couleurs différentes.

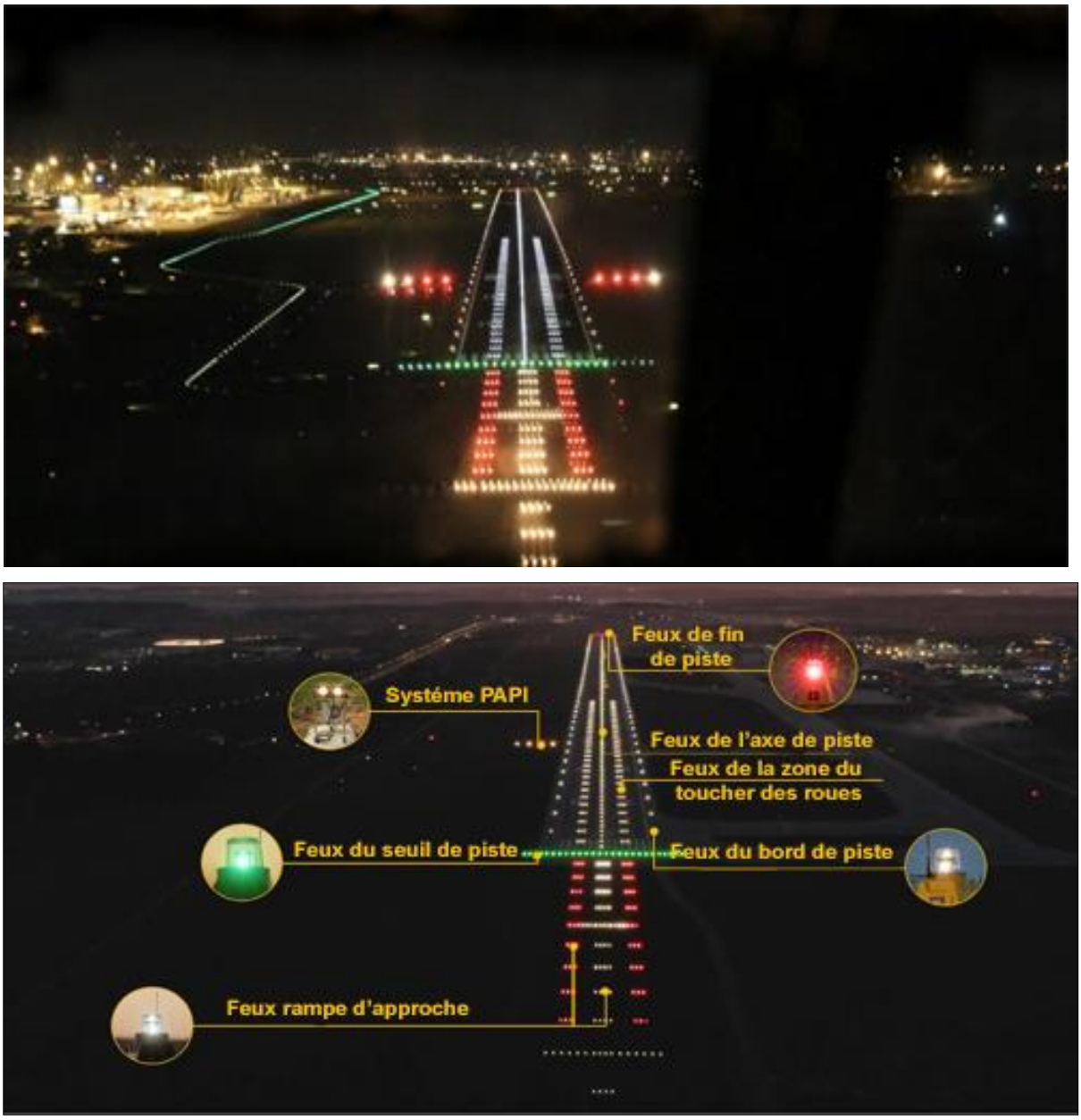


Figure 27- Balisage lumineux [l'avionnaire]

- **Balisage des bords de piste**

Aux aérodromes exploités durant la nuit ou par conditions météorologiques défavorables, les limites de piste sont délimitées par des dispositifs d'éclairage de balisage blancs. L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) différencie les feux de bord de piste à faible intensité (LIRL), employés pour les pistes de non-précision, des feux à intensité élevée (HIRL), requis pour les pistes de précision de catégories CAT I, II et III.

Figure 28- Balisage des bords de piste [l'avionnaire]

Ces feux, le plus souvent bidirectionnels, peuvent afficher diverses combinaisons chromatiques : *blanc/blanc, blanc/jaune, blanc/rouge ou jaune/rouge*, en particulier pour indiquer la fin de piste ou les zones à risques. La sélection de l'intensité et des couleurs est conditionnée par la catégorie de la piste, sa longueur ainsi que par le degré de complexité de l'aérodrome. De manière générale, à mesure que les conditions d'exploitation se complexifient, le balisage lumineux devient plus élaboré et varié, ce qui inclut également les feux d'approche.

Si elles sont situées près d'une piste ou d'une voie de circulation, elles sont suffisamment basses pour laisser une garde suffisante aux hélices ou aux fuseaux moteurs des aéronefs à réaction.

- **Balisage du seuil de piste**

Les feux de seuil sont des feux de piste unidirectionnels verts ou bidirectionnels (voir extrémité de piste) et fixes qui éclairent le seuil de la piste, ces feux de seuil indiquent le début de la partie de la piste où l'on peut atterrir en toute sécurité.

Figure 29- Balisage du seuil de piste [l'avionnaire]

Il existe différents types de feux de seuil actuellement disponibles sur le marché : encastrés ou surélevés, halogènes ou LED. Cependant, tous doivent être conformes aux normes de l'aviation en termes de photométrie (rendement lumineux) et de chromaticité (couleur).

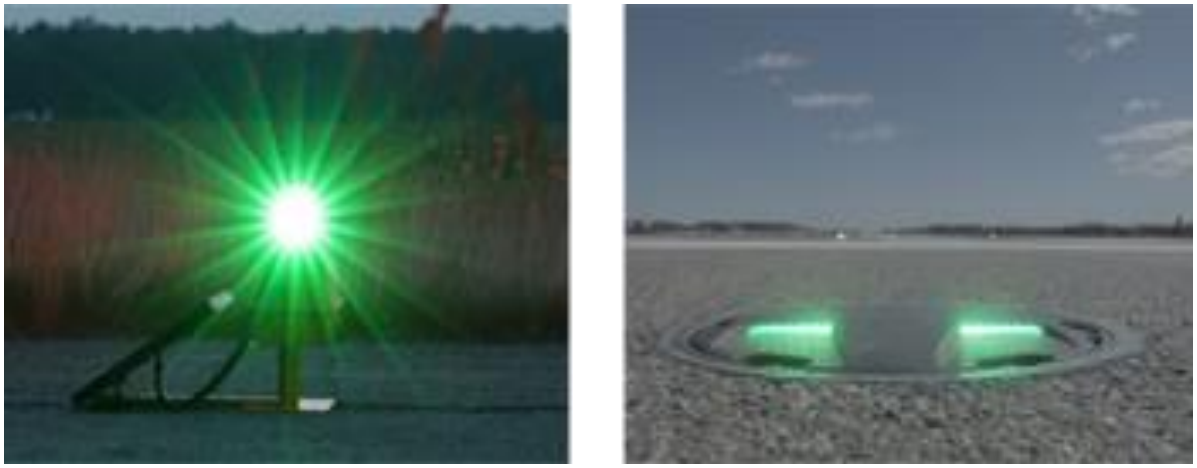


Figure 30- feux de seuil encastrés et surélevés [avionnaire]

- **Balisage de la zone de toucher des roues**

Cette zone de toucher des roues est la partie de la piste, située au-delà du seuil, où il est prévu que les avions qui atterrissent entrent en contact avec la piste. Ces feux de couleur blanche sont encastrés dans le revêtement.

Figure 31- feux de couleur blanche [avionnaire].

- **Balisage axial**

Le balisage axial ou RCLS (Runway Centerline Lighting System en anglais) sont installés sur certaines pistes d'approche de précision pour faciliter l'atterrissage dans des conditions de visibilité défavorables. Ils sont situés le long de l'axe de la piste et sont espacés de 50 pieds (15m). Généralement en partant du seuil de piste, ces feux sont blancs jusqu'aux 3 000 (900 m) derniers pieds de la piste. Puis ces feux blancs commencent à alterner avec des feux rouges sur les 2 000 pieds (600 m) suivants, puis sur les 1 000 derniers pieds (300 m) de la piste, tous les feux d'axe de piste sont rouges.

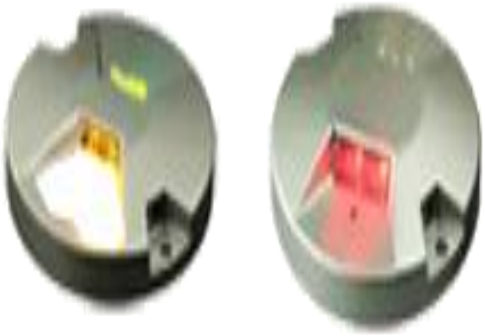


Figure 33- Balisage axial [avionnaire]

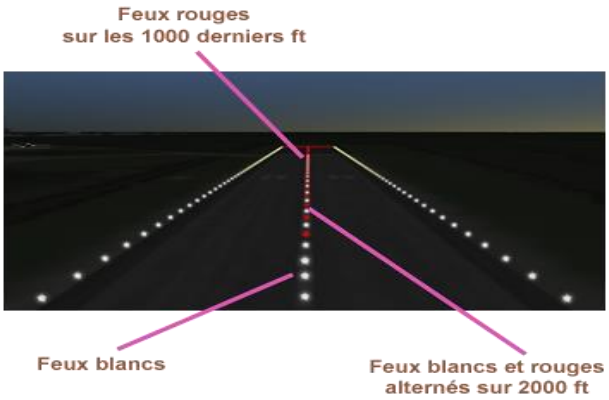


Figure 33- feux blanc et rouge [avionnaire]

- **Balisage de l'extrémité de piste**

Les feux d'extrémité de piste de couleur rouge identifient la fin d'une piste. Après ces feux il n'y a plus d'endroit pour continuer le roulage.

Figure 34- Balisage de l'extrémité de piste [avionnaire]

Lorsque la piste est utilisable de nuit dans les deux sens, le balisage de l'extrémité est composé d'une barre de feux rouges unidirectionnels (fin de piste) une barre de feux verts unidirectionnels (seuil de piste)

Figure 36- feux [avionnaire]

Figure 36- feux rouges unidirectionnels [avionnaire]

Très souvent, les aéroports utilisent une sorte de solution "combinée". Il s'agit d'un feu d'aérodrome bidirectionnel vert/rouge. Dans une direction, il est vert, dans l'autre, il est rouge. Ce type de feu est installé sur les pistes dont le seuil et l'extrémité de la piste se trouvent au même endroit. Cela évite d'installer un ensemble de feux de seuil verts unidirectionnels et un ensemble de feux d'extrémité de piste rouges unidirectionnels.

Figure 37- feux d'extrémité [Avionnaire]

- ## Balisage voies de circulation

Après l'atterrissage les pilotes doivent diriger l'avion vers l'aérogare et son emplacement de débarquement, ou après avoir a quitté la porte d'embarquement, les pilotes sont confrontés à diriger l'avion vers la piste de décollage. De jour comme de nuit, les feux de l'aéroport facilitent les manœuvres dans le dédale des voies de circulation.

Figure 38- Balisage voies de circulation [Avionnaire]

Les feux de bord de voie de circulation sont des feux fixes de couleur bleue. Pour de nombreux aéroports, ces feux bleus sont les seuls pour marquer les voies de circulation. Les feux de la ligne centrale des voies de circulation sont des feux montés dans des boîtiers métalliques robustes et encastrés au ras de la surface de la voie de circulation. Ces feux sont souvent installés dans les aéroports très fréquentés et les aéroports qui connaissent souvent du mauvais temps pour d'améliorer le guidage au sol. Les différentes couleurs des feux d'une voie de circulation.

Figure 39 -feux de la ligne centrale [Avionnaire]

Ils sont installés à quelques centimètres à gauche ou à droite de la ligne centrale peinte en jaune.

Figure 41- Feux verts d'une voie de circulation [Avionnaire]

Ci-dessous la voie de circulation normale est "renforcée" par une voie à feux rouges après le stop. Interdiction de franchir le stop sans l'autorisation du contrôleur aérien.

Figure 43- feux rouges après le stop [Avionnaire]

- ## Feux de protection de piste

Il y a deux configurations normalisées de feux de protection de piste :

a. **Configuration A :** les feux sont disposés de chaque côté de la voie de circulation avant son intersection avec une piste destinée à être utilisée :
    - par RVR inférieure à 550 m, lorsqu'il n'y a pas de barres d'arrêt ou
    - par RVR comprise entre 550 m et 1200 m en cas de forte densité de trafic.
    - Les nouveaux feux de piste avec panneaux solaires et lampes LED.

Figure 44- Feux de protection de piste [Avionnaire]

b. **Configuration B :** les feux jaunes encastrés en travers de la voie de circulation à des intervalles de 3 m. Ces feux adjacents s'allument alternativement et les feux situés à un intervalle double s'allument simultanément.

Figure 45- feux rouge en travers [Avionnaire]

Figure 46- ligne de feux rouge [Avionnaire]

Une ligne de feux rouge en travers de la voie de circulation (taxiway) signale l'interdiction de poursuivre le roulage sans accord du contrôleur. Les faisceaux sont unidirectionnels et alignés de façon à être visibles pour le pilote d'un avion qui roule vers le point d'arrêt

LA SIGNALISATION

La piste, ainsi que les prolongements d'arrêt et les prolongements dégagés qu'elle peut comporter, est placée à l'intérieur d'une bande dite également «bande dégagée de piste». Cette bande est destinée à :

- Réduire les risques de dommage auxquels est exposé un aéronef qui sort accidentellement de la piste.
- Assurer la protection des aéronefs qui survolent cette aire au cours des opérations de décollage ou d'atterrissage.

Marquages et chiffres sur une piste

Il existe quatre groupes de marquages aux sols :

- Marquage de piste (Runway marking),
- Marquage des bretelles et voies de circulation (Taxiway marking),
- Marquage de position d'arrêt ou d'attente (Holding position marking),
- Marquage divers (Other marking).

Certaines définitions ci-dessous proviennent de Wikipédia. Les explications étant claires et précises, nous n'avons pas jugé utile d'en écrire d'autres.

Les marquages de la piste sont réalisés avec une peinture de couleur blanche.

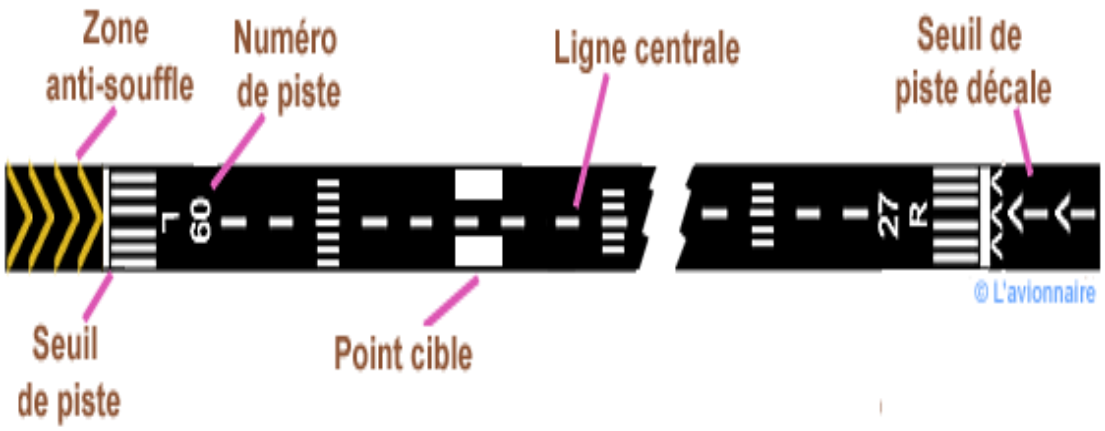


Figure 47- Marquages et chiffres sur une piste [Avionnaire]

- **Axe de piste**

L'axe de piste (Runway centerLine en anglais) est matérialisé par des bandes et d'espaces uniformément espacés sur toute la longueur de la piste.

La longueur d'une bande plus un espace ne devrait pas être inférieure à 50 m ni supérieure à 75 m. La longueur de chaque bande devrait être au moins égale à la longueur de l'espace ou à 30 m.

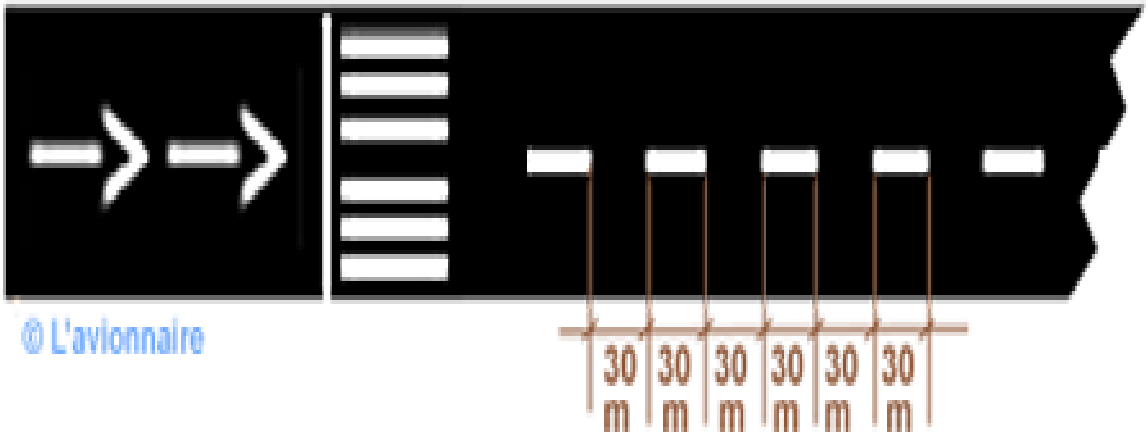


Figure 48- marquage axe de piste [Avionnaire]

La largeur des bandes ne devrait pas être inférieure à :

- 0,90 m sur les pistes de catégorie II et III à approche de précision.
- 0,45 m sur les pistes d'approche de non-précision dont le numéro de code est 3 ou 4 et les pistes d'approche de précision de catégorie I.
- 0,30 m sur les pistes d'approche de non-précision dont le numéro de code est 1 ou 2, et sur les pistes sans instruments.

- ## Seuil de piste

Le seuil (threshold en anglais) est normalement en bout de piste et il est composé par une ligne blanche transversale et des lignes blanches axiales.

La largeur de la piste détermine le nombre de bandes, leur largeur et leurs espacements.

- Largeur de piste 18 m 23 m 30 m 45 m 60 m
- Nombre de bandes 4 6 8 12 16
- Espacement bandes 3 m 2,5 m 3 m 2,1 m 2,8 m
- Largeur des bandes 1,5m 1,7m

Le seuil (**threshold** en anglais) est normalement en bout de piste et il est composé par une ligne blanche transversale et des lignes blanches axiales. La largeur de la piste détermine le nombre de bandes, leur largeur et leurs espacements

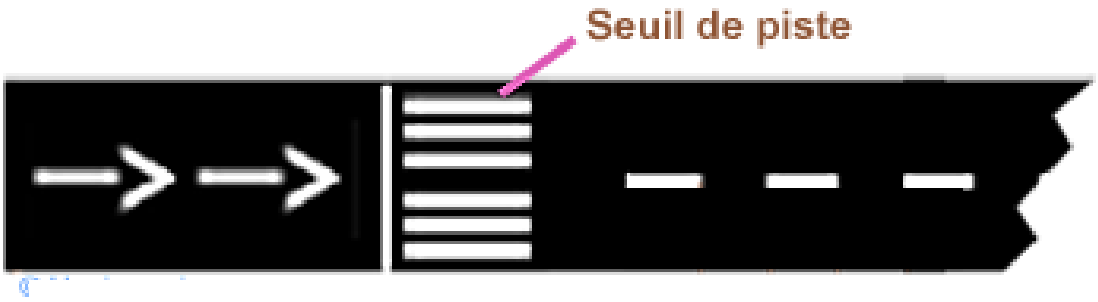


Figure 49- Seuil de piste [Avionnaire]

Tableau 9- identification de marquage

Largeur de piste	18 m	23 m	30 m	45 m	60 m
Nombre de bandes	4	6	8	12	16
Espacement bandes	3 m	2,5 m	3 m	2,1 m	2,8 m
Largeur des bandes	1,5m			1,7m	

- ## Marquage latéral des pistes

Les bandes latérales de piste correspondent à des marquages blancs ininterrompus situés de part et d'autre de la piste, elles permettent de délimiter de manière distincte la piste par rapport à la zone adjacente, en précisant ses frontières ainsi que sa largeur. Elles se révèlent particulièrement indispensables lorsque le contraste entre la piste et son environnement est faible, et leur utilisation est impérative sur les pistes d'approche de précision.

Elles se trouvent généralement à proximité des bords de la piste, ou à trente mètres de l'axe lorsque la piste excède soixante mètres de largeur. Elles s'étendent dans les secteurs de courbure lorsqu'ils sont présents. La largeur minimale est fixée à 0,9 mètre pour les pistes d'une largeur de 30 mètres ou plus, et à 0,45 mètre pour celles présentant une largeur inférieure. Certaines petites voies peuvent ne pas être dotées de cet équipement.

Figure 50- Marquage latéral des pistes [Avionnaire]

- ## Interruption du marquage latéral de la piste

À l'intersection d'une piste et d'une voie de circulation, le marquage de la bande latérale de la piste peut être soit poursuivi à travers l'intersection, soit interrompu. L'interruption signifie l'une des situations suivantes :

- le marquage de la bande latérale de la piste s'arrête au point où le congé de la voie de circulation commence de chaque côté de la voie de circulation (figure A)

- le marquage de la bande latérale de la piste s'arrête au point où le prolongement du bord de la voie de circulation croise la piste (figure B)
- la bande latérale de la piste s'arrête à une courte distance de part et d'autre de la ligne centrale de la voie de circulation afin de permettre un guidage visible et continu de la ligne centrale de la voie de circulation (figure C) ;
- le marquage de l'axe de la voie de circulation recouvre et interrompt donc le marquage continu de la bande latérale de la piste (figure D).

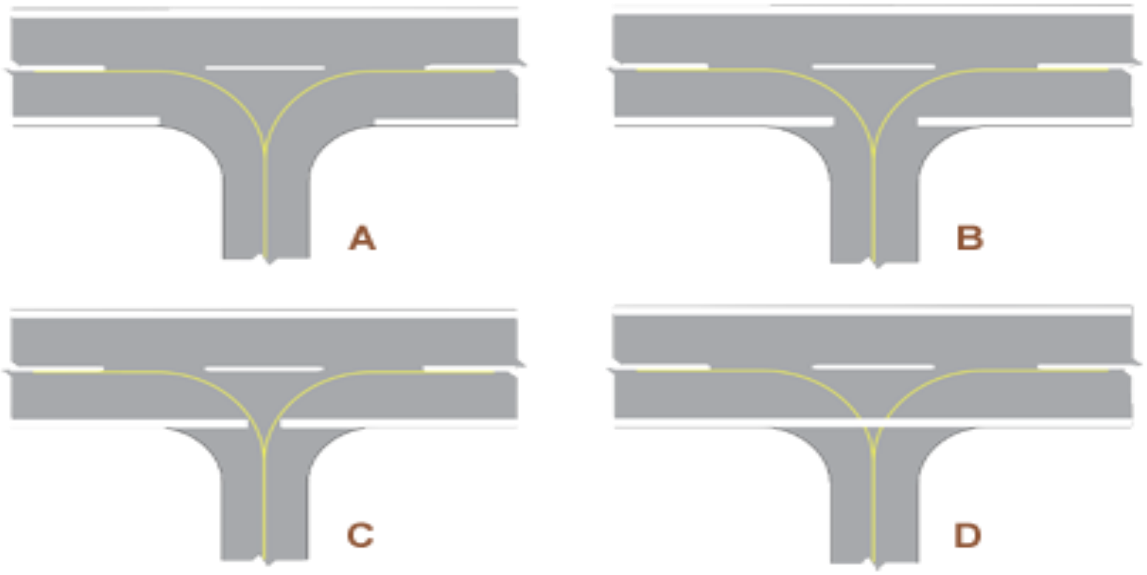


Figure 51- Interruption du marquage latéral de la piste [Avionnaire]

- ## Zone de toucher des roues - pistes inferieures a 2400 m

Le point cible (**Aiming Point** en anglais) est l'endroit où normalement le train d'atterrissage prend contact avec le sol. Sur les pistes de plus de 1500 m, les marques de point cible sont composées de 2 rectangles de 45 m de long, de 6 m large quand la piste est inférieure à 45 m et de 9 m de large quand la piste est supérieure ou égale à 45 m. L'écartement entre bords intérieurs de ces bandes est de 18 m.

Elles sont disposées à 300 m du seuil de piste si **LDA** (Landing distance available) est égale ou inférieure à 2400 m Si un **PAPI** existe, la limite amont de la marque doit se trouver dans l'alignement du **PAPI**.

Marquage du point cible :

Figure 52- Zone de toucher des roues - pistes inferieures a 2400 m [Avionnaire]

Sur les pistes avec approche de précision, on trouve avant les marques du point cible, deux fois trois bandes à 150m après le seuil, après le point cible il y a deux fois de deux bandes à 450m du seuil, deux fois deux bandes à 450m , puis deux bandes à 750m et afin deux bandes à 900 m. L'écartement entre les bords intérieurs de ces bandes est de 18 m .

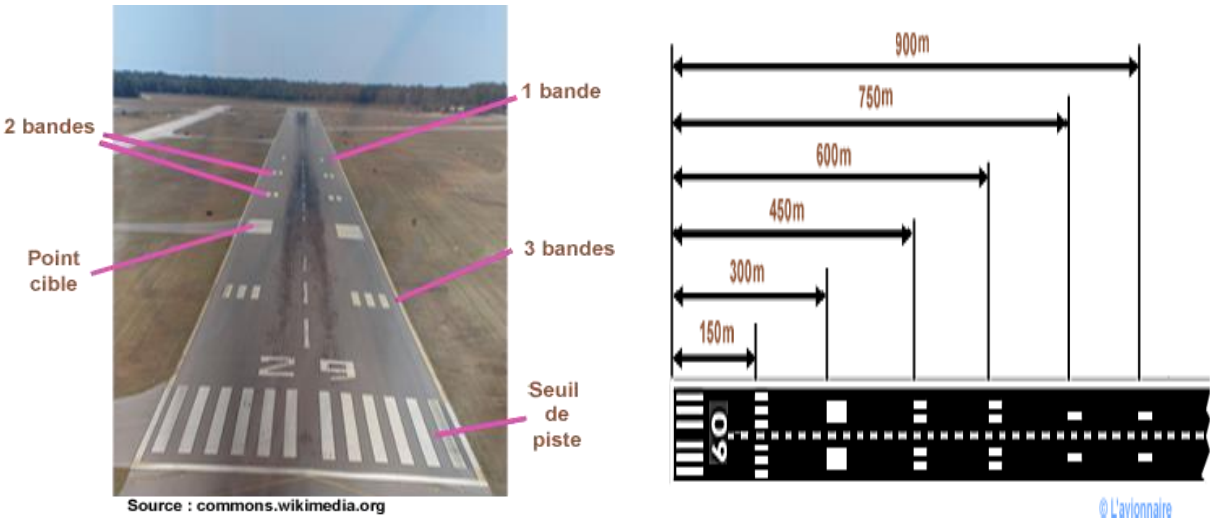


Figure 53- Zone de toucher des roues - pistes inferieures a 2400 m [Avionnaire]

- **Zone de toucher des roues- pistes supérieures a 2400 m**

Sur les pistes dont la **LDA** (Landing distance available) est supérieure 2400 m le point cible est disposé à 400 m du seuil de piste. En plus une deuxième paire de triple est rajoutée avant le point cible.

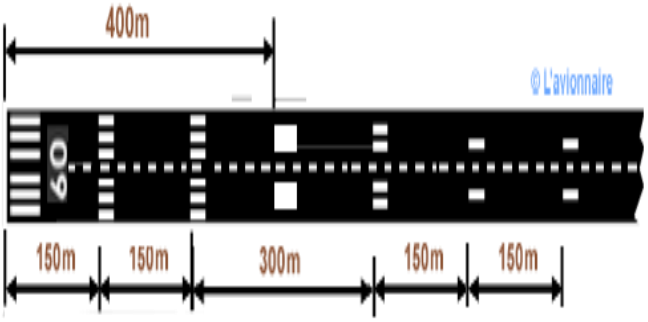


Figure 54- Zone de toucher des roues- pistes supérieures à 2400 m [Avionnaire]

- ## Identification des pistes

Les pistes sont identifiées par un nombre de deux chiffres indiquant leur orientation magnétique en dizaine de degrés lors du mouvement de l'aéronef. Pour cela, on divise par dix l'orientation de la piste exprimée en degrés et on arrondit le résultat à l'unité la plus proche. Ainsi, une piste orientée à 36° sera numérotée 04 ; l'autre extrémité, orientée à 216°. Sera numérotée 22. L'écart entre les numéros est toujours de 18 (180°).

Lorsqu'un aérodrome possède plusieurs pistes orientées dans la même direction, on utilise une lettre :

- **L** pour left (gauche),

- **R** pour right (droite).

Figure 55- Identification des pistes [Avionnaire]

- ## Marquage latéral des pistes

Les bandes latérales de piste correspondent à des marquages blancs ininterrompus positionnés de part et d'autre de la piste afin de définir ses limites et d'indiquer sa largeur. Elles s'avèrent indispensables lorsque le contraste avec l'environnement est faible et sont obligatoirement présentes sur les pistes d'approche de précision, alors que certaines pistes secondaires peuvent ne pas en disposer.

Emplacement et caractéristiques

Les bandes latérales de la piste se composent de deux marquages blancs situés de chaque côté de celle-ci, habituellement aux abords, ou à une distance de trente mètres de l'axe central lorsque la largeur de la piste excède soixante mètres. Elles s'étendent dans les zones de courbure et présentent une largeur minimale de 0,9 mètre pour les pistes d'une largeur supérieure ou égale à 30 mètres, ainsi que de 0,45 mètre pour les pistes plus étroites, bien que certaines pistes de dimensions réduites puissent en être dépourvues.

Les différentes zones

- ## Zone anti-souffle et Prolongement d'arrêt

Lorsque la surface avant un seuil n'est pas adaptée à une utilisation normale par les aéronefs, et dépasse 60 m toute la longueur avant le seuil doit être marquée par un marquage en chevrons.

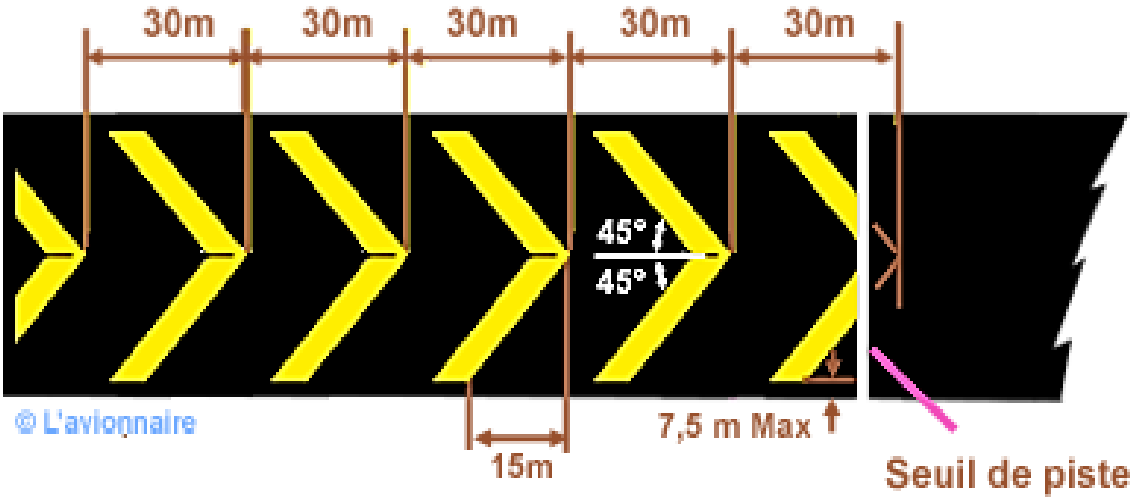


Figure 56- Zone anti-souffle et Prolongement d'arrêt [Avionnaire]

Cette surface appelée (**Blasd pad** en anglais) construite juste avant le début de la piste peut servir de zone anti-souffle, là où le souffle d'air chaud produit par les avions durant le décollage pourrait éroder le sol, endommager la piste ou perturber le voisinage, cette zone peut également être conçue pour servir d'espace d'urgence en cas de problèmes durant le décollage (prolongement d'arrêt), elle est souvent moins résistante que la piste principale, il est interdit de rouler ou de stationner sur cette zone durant le décollage ou l'atterrissage, sauf en cas d'urgence.

Figure 57- Zone anti-souffle et Prolongement d'arrêt [Avionnaire]

- **Seuil de piste décalé**

Un seuil décalé est marqué par des flèches qui mènent au seuil lui-même. Cette partie est également appelée **Tiroir**, elle peut être utilisée pour le roulage et le décollage, mais pas pour l'atterrissage. Cela peut être dû à trois raisons : des obstacles sont présents juste avant la piste, la résistance de la piste ou des restrictions de bruit.

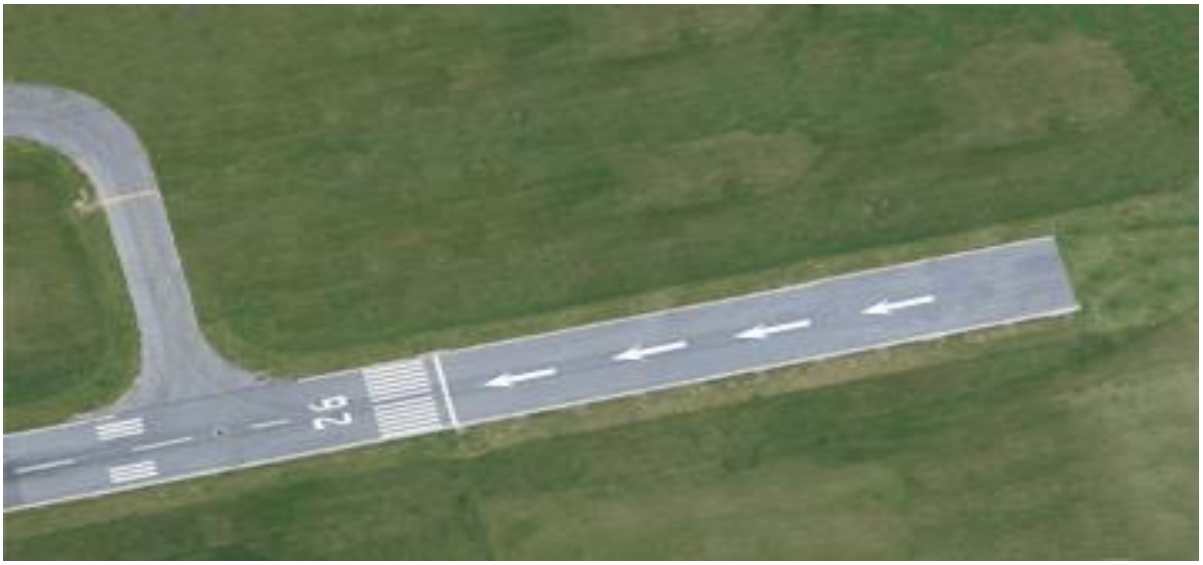


Figure 58- Seuil de piste décalé [Avionnaire]

Lorsque le seuil est décalé en permanence, sont apposées :

- Une bande transversale de 1.8 m de largeur sur toute la largeur de piste à l'emplacement du seuil décalé, le début de la marque étant au nouveau seuil
- Les marques de seuil comme pour une piste normale
- Des flèches blanches dont la pointe mesure 10 m et la hampe 20 m régulièrement disposées et espacées de 20 m.

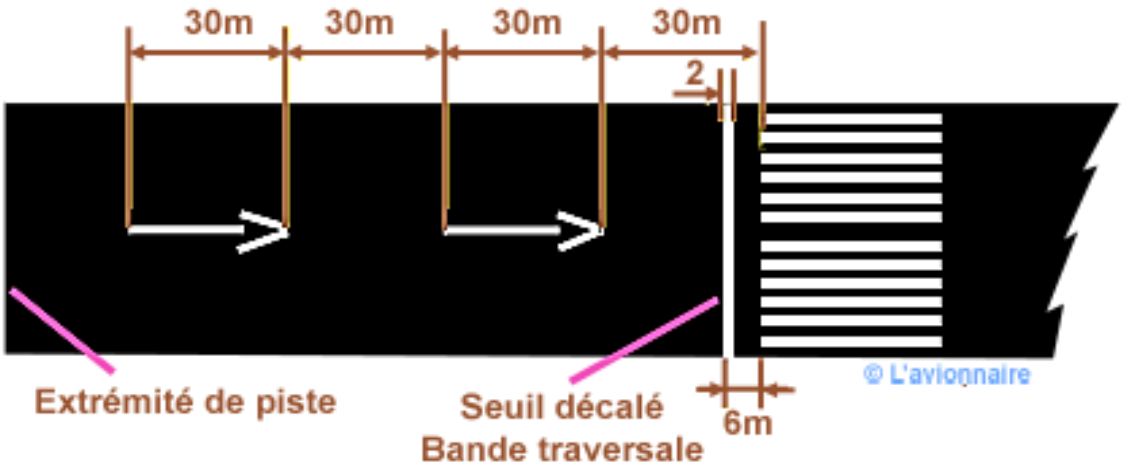


Figure 59-Seuil de piste décalée [Avionnaire]

Le seuil décalé temporaire est formé d'une ligne blanche perpendiculaire à l'axe de piste avec des chevrons blancs de 10 m en amont de celle-ci.

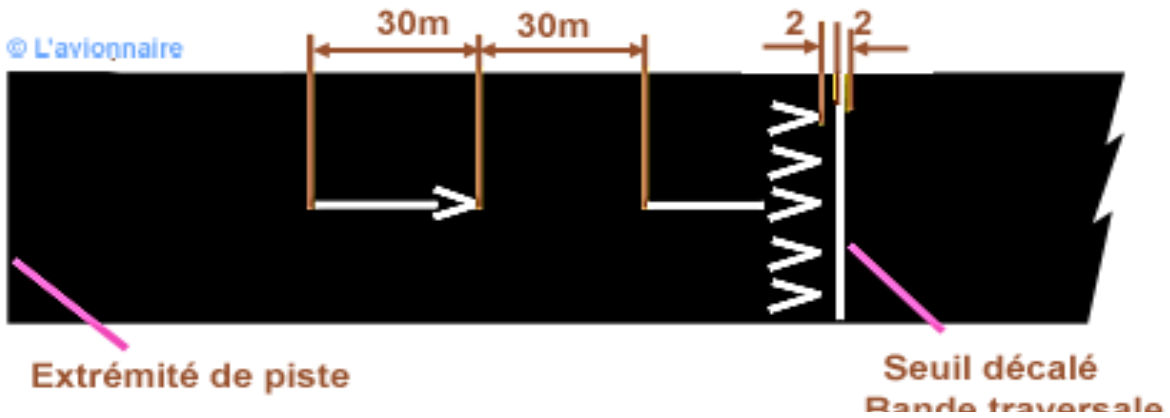


Figure 60- Seuil de piste décalé [Avionnaire]

Détail de la flèche :

- a = 0,45 m si la largeur du trait d'axe de piste est de 0,90m
- a = 0,30 m si la largeur du trait d'axe de piste est de 0,45m
- a = 0,20 m si la largeur du trait d'axe de piste est de 0,30m.

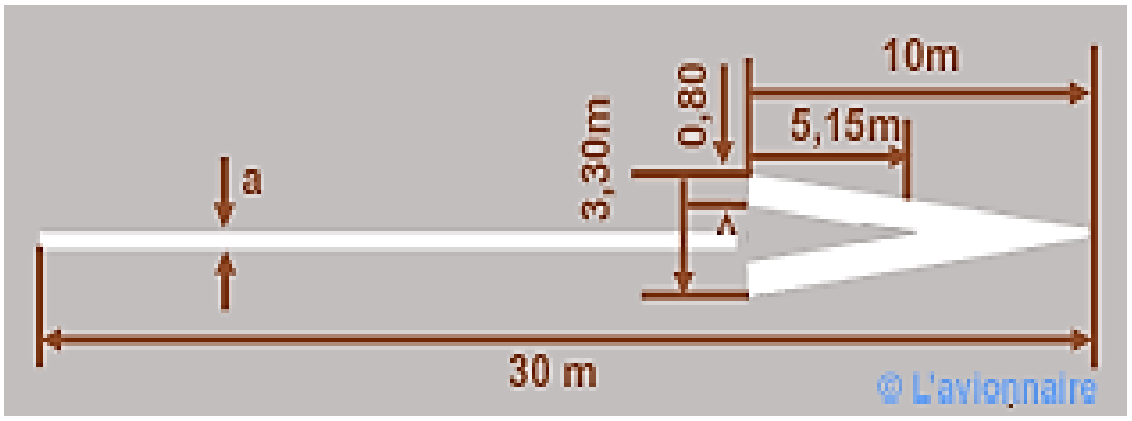


Figure 61- Détail de la flèche [Avionnaire]

- ## Aire de retournement ou Raquette

L'aire de retournement ou raquette est un aménagement des pistes d'aérodromes permettant aux aéronefs (le plus souvent, des avions de grande dimension) de faire

demi-tour en bout de piste. Cette structure se rencontre la plupart du temps dans les aérodromes pour lesquels, soit la faible importance du trafic, soit l'environnement géographique (relief, étendue d'eau ...) ne justifient ou ne permettent pas la construction d'une voie de circulation parallèle à la piste. Elle permet entre autres à un appareil lourd, d'utiliser la piste pour rouler et dégager vers une aire de manœuvre, ou pour se positionner en bout de piste lors du décollage.

Figure 62- Détail de la flèche [Avionnaire]

- ## Zone inutilisable

Sur une piste, un marquage (croix blanches) fermé devrait être placé à chaque extrémité de la piste ou de la portion de piste déclarée fermée, et des marquages supplémentaires devraient être placés de telle sorte que l'intervalle maximal entre les marquages ne dépasse pas 300 m.

Sur une voie de circulation, un marquage fermé (croix jaunes) devrait être placé au moins à chaque extrémité de la voie de circulation ou de la portion de voie de circulation fermée.

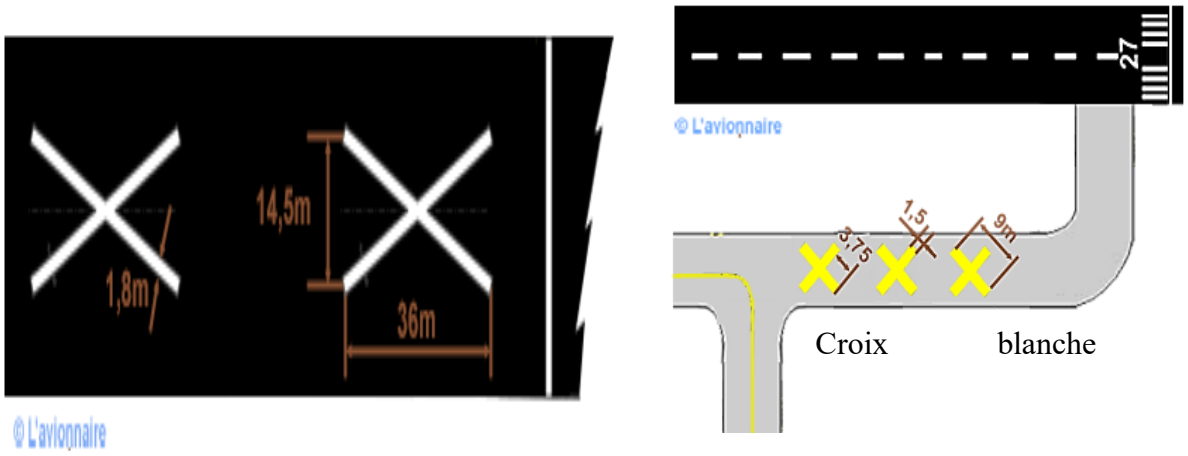


Figure 63- Zone inutilisable [Avionnaire]

disposées sur les zones inutilisables des pistes

Nb : Croix jaunes disposées sur les zones inutilisables des voies de circulation.

Lorsqu'une piste, une voie de circulation ou une partie de celle-ci est fermée de façon permanente, toutes les marques normales de piste et de voie de circulation devraient être effacées.

Figure 64- Zone inutilisable [Avionnaire]

- **Aires de circulation**

Une voie de circulation, ou taxiway, constitue une infrastructure facilitant le déplacement des aéronefs entre les pistes, les terminaux et les hangars. La surface peut être constituée d'asphalte, de béton ou de gazon en fonction de l'aérodrome. Chaque voie de circulation comporte un axe central, et certains grands aéroports sont équipés de voies de sortie rapide permettant de dégager la piste plus rapidement après l'atterrissage.

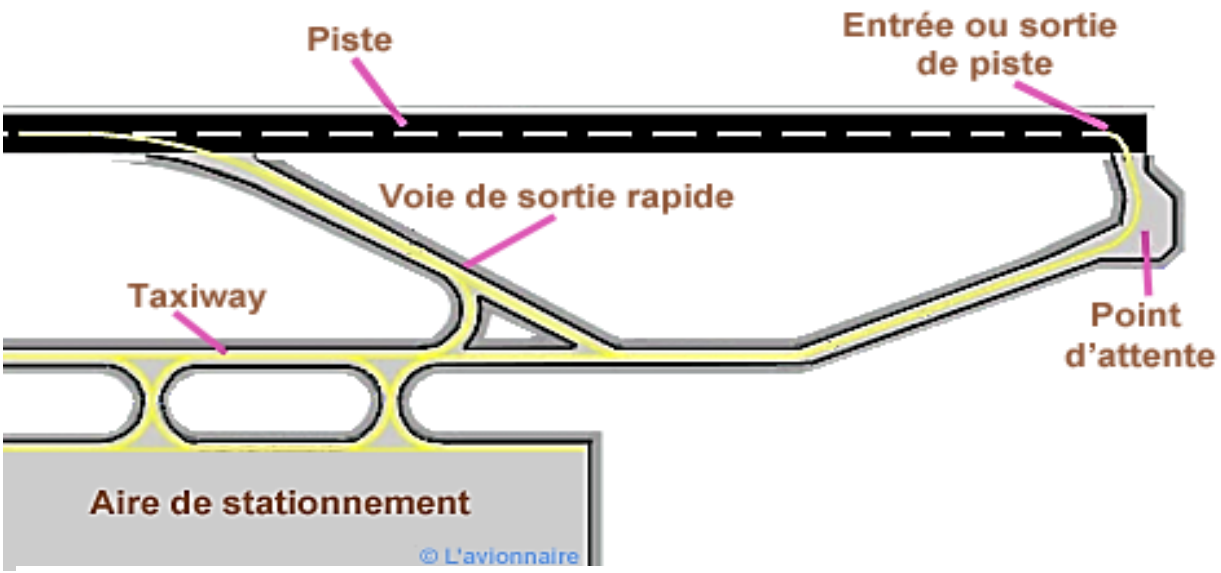


Figure 65- Aires de circulation {Avionnaire]

- **Voie de circulation à sortie rapide**

Une voie de dégagement rapide est aménagée afin de permettre aux aéronefs de quitter la piste de manière sécurisée et efficace. Le rayon de courbure est d'au moins 550 mètres pour les grands codes (3 et 4) et de 275 mètres pour les petits (1 et 2), ce qui autorise des vitesses de sortie approximatives de 93 km/h et 65 km/h respectivement en conditions de pluie.
L'intersection avec la piste se situe habituellement entre vingt-cinq et quarante-cinq degrés (idéalement trente degrés) afin de faciliter le dégagement. La sortie intègre également un tronçon rectiligne suffisamment long
afin de permettre à l'appareil de s'immobiliser intégralement en dehors des autres voies de circulation.

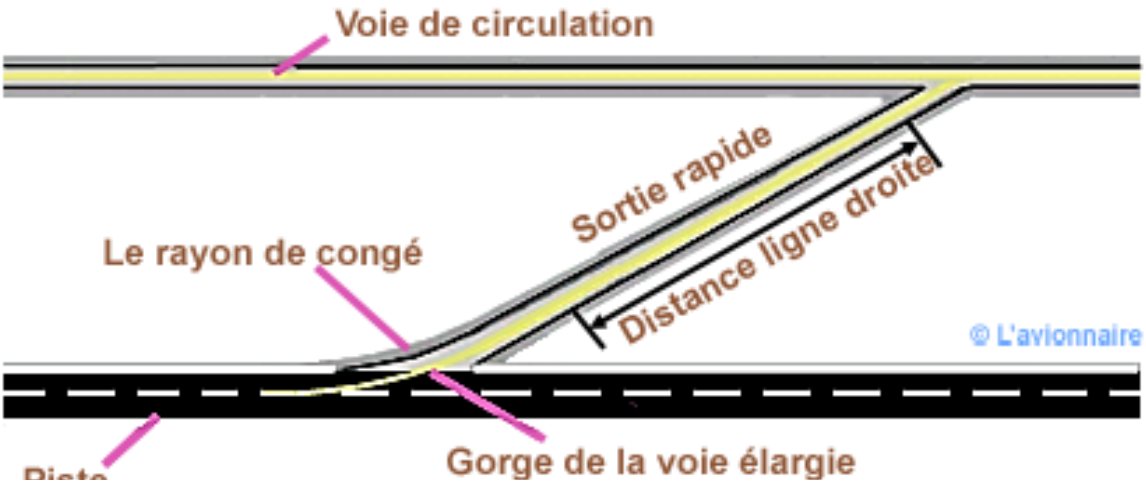


Figure 66- Voie de circulation à sortie rapide [Avionnaire]

7. Marques de point arrêt et d'intersection de voies de circulation

Des marques de point d'attente doivent être apposées sur les voies de circulation à certains emplacements déterminés au-delà desquels un aéronef ou véhicule ne doit pas passer à moins d'avoir reçu une clairance du contrôle ou, en l'absence de contrôle, d'avoir assuré lui-même sa sécurité.

- **Point d'arrêt simple entre piste et voie de circulation**

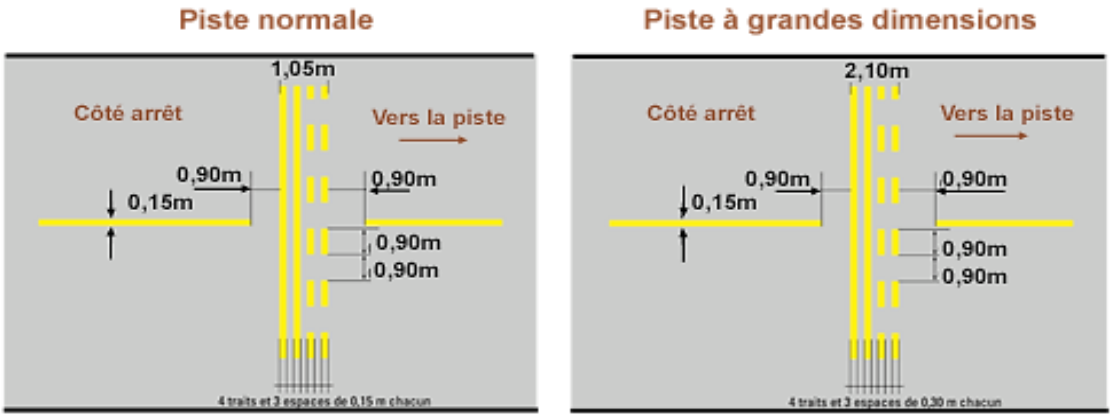


Figure 67- Marques de point arrêt et d'intersection [Avionnaire]

Le point d’arrêt simple se trouve à une distance du bord de piste d’au moins 30 m pour une piste avec atterrissage à vue inférieure à 1000 m, et à 50 m si la piste est supérieure à 1000 m.
Pour une piste classée en approche classique ou CAT.I la distance de l’axe de piste sera d’au moins 75 m avec les aéronefs de catégories A B C et de 90 m avec les aéronefs de catégorie D. Mais la distance souhaitable pour les pistes Cat.I est de 150 m.

- **Point d'arrêt spécifique pour les pistes Cat.II et Cat.III**

Arrêt obligatoire et traversée sur autorisation du contrôle dans le sens Taxiway vers la piste.

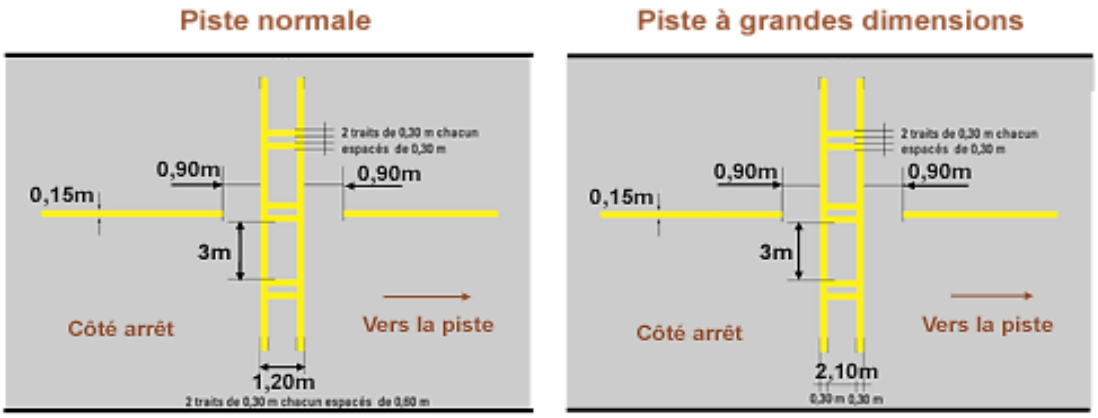


Figure 68- Point d'arrêt spécifique pour les pistes Cat.II et Cat.III [Avionnaire]

Le point d'arrêt spécifique des pistes Cat.II et Cat.III est éventuellement rajouté à une distance en fonction des protections nécessaires (surfaces OFZ et aires critiques) et si possible sensibles de l’ILS. Il est au moins à 150m de l’axe de piste. Marques de point d’arrêt avant piste sur une voie de circulation de largeur supérieure à 60 m.

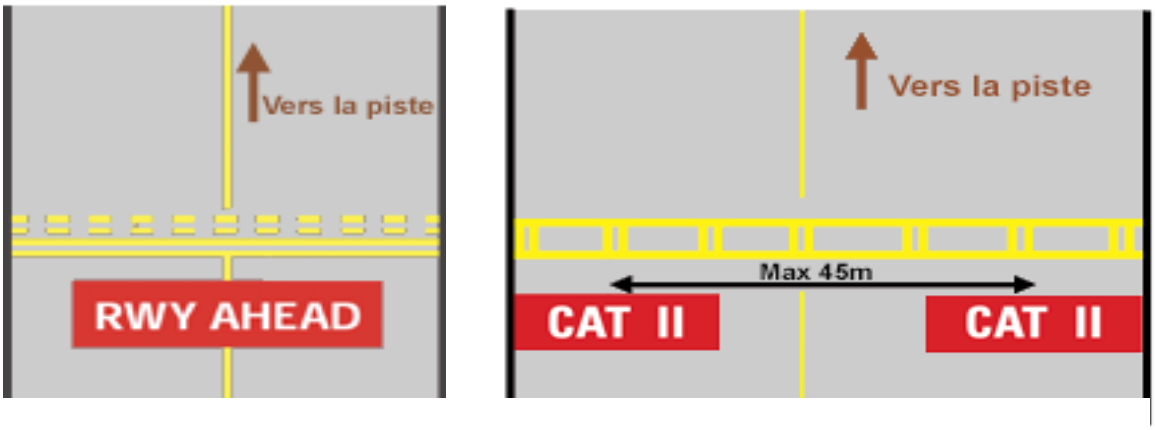


Figure 69- Point d'arrêt marque RWY AHEAD [Avionnaire]

Inscrite au besoin, dans le cas d’un doublé de pistes, sur la voie de circulation avant le dernier point d’arrêt avant piste pour renforcer la signalisation.

- **Point d'arrêt entre deux voies de circulation.**

Arrêt facultatif.

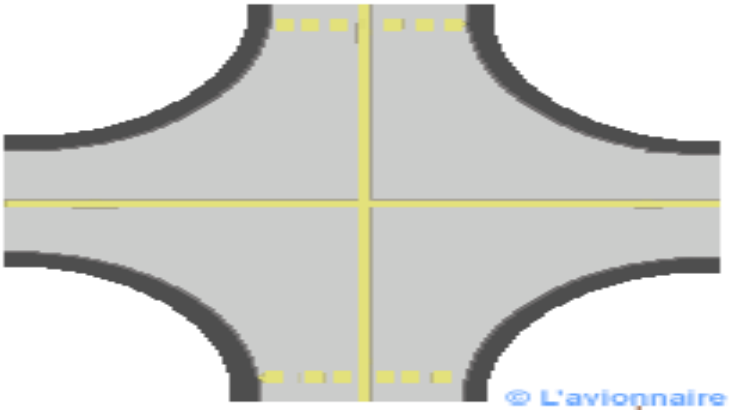


Figure 70- Point d'arrêt entre deux voies de circulation [Avionnaire]

Ci-dessous un aperçu d'une partie des voies de circulation de l'aéroport

Figure 71- Point d'arrêt entre deux voies de circulation [Avionnaire]

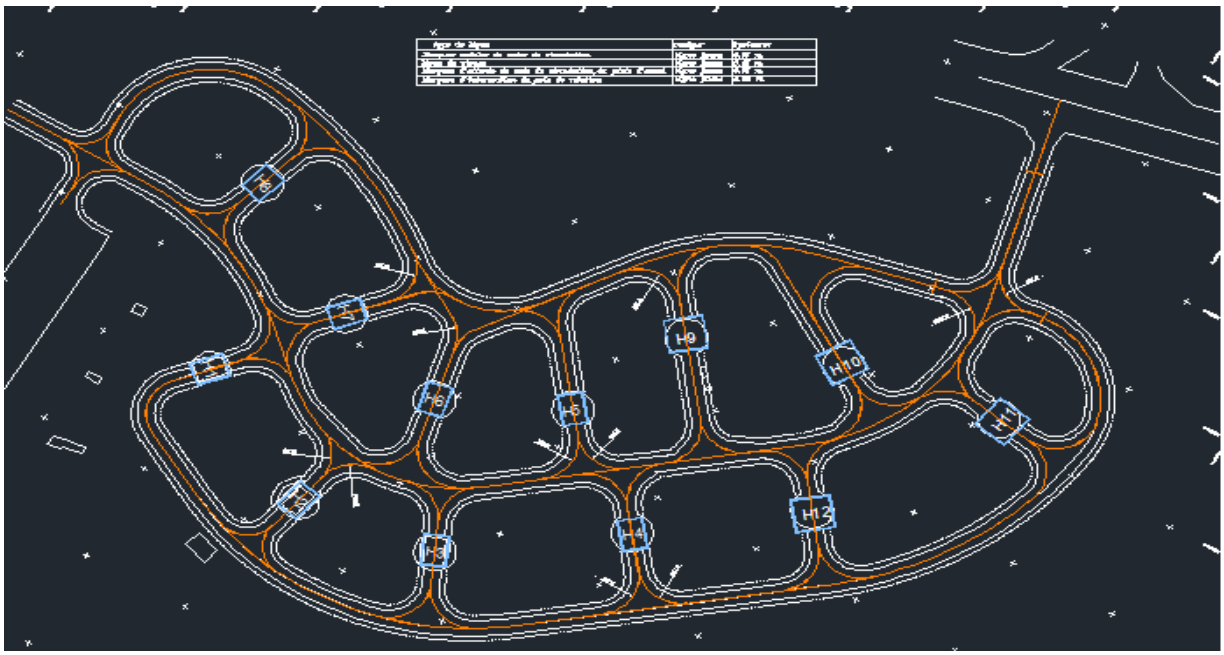


Figure 72- Plan de signalisation [Avionnaire]

Interprétation

Au terme de cette analyse, il apparaît que les dispositifs de balisage lumineux et de signalisation ont été conçus et calibrés conformément aux directives de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI), en particulier à l'Annexe 14 traitant des aérodromes, les résultats obtenus attestent d'une correspondance satisfaisante entre les prescriptions réglementaires et les solutions envisagées, notamment en ce qui concerne la visibilité, la lisibilité et la sécurité des déplacements aériens.

L'installation des feux de balisage, ainsi que la mise en place de la signalisation horizontale et verticale, ont été conçues afin de garantir un guidage exact et constant, y compris en situation de visibilité réduite. Cette méthode contribue à diminuer de manière significative les risques d'erreurs de navigation au sol tout en améliorant l'organisation des circulations aéronautiques.

En somme, les solutions adoptées assurent un niveau de sécurité et de performance conforme aux normes internationales, tout en ouvrant des perspectives d'optimisation grâce à l'intégration de systèmes contemporains de gestion et de contrôle des équipements.

6. Conclusion

À travers cette étude, il apparaît que les équipements de balisage lumineux et de signalisation constituent des éléments fondamentaux pour garantir la sécurité, l'orientation et l'efficacité des mouvements des aéronefs au sein des aérodromes. Les différents dispositifs présentés, qu'il s'agisse des feux de piste, des voies de circulation ou des marquages au sol, répondent à des normes internationales strictes établies par l'OACI.

Les résultats obtenus montrent que la bonne conception et l'implantation adéquate de ces équipements permettent d'améliorer considérablement la visibilité, le guidage et la gestion des circulations aériennes, particulièrement dans des conditions d'exploitation difficiles. Ainsi, l'intégration de systèmes modernes de balisage et de signalisation contribue non seulement à renforcer la sécurité aéronautique, mais également à optimiser les performances opérationnelles des infrastructures aéroportuaires.

7. CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce mémoire consacré à l'analyse, à la conception et au dimensionnement des voies de circulation des abris avions sur le site de Tafraoui, il apparaît que les objectifs définis ont été intégralement réalisés, grâce à une démarche méthodologique rigoureuse, cohérente et parfaitement organisée.

Cette étude s'inscrit dans une démarche d'ingénierie appliquée, associant l'analyse empirique, la modélisation numérique et la conception technique au sein d'une approche intégrée.

L'analyse préliminaire du site a permis d'identifier l'ensemble des paramètres affectant le projet, qu'ils relèvent des aspects géographiques, topographiques ou fonctionnels. L'intégration de ces facteurs, conjointement aux contraintes environnementales particulières, a constitué une base essentielle pour guider les décisions techniques et garantir la validité des solutions avancées.

L'analyse des données, en particulier via la création du Modèle Numérique de Terrain, a permis d'obtenir une représentation fidèle et opérationnelle du site.

Cette fondation a permis d'élaborer une conception géométrique rigoureuse des itinéraires de circulation, englobant le tracé en plan, le profil longitudinal et le profil transversal, tout en satisfaisant les contraintes techniques relatives aux inclinaisons, à la sécurité des déplacements et à l'évacuation des eaux pluviales.

La phase de conception et de dimensionnement a permis de développer des solutions optimisées, satisfaisant les critères essentiels de stabilité, de durabilité et de fonctionnalité des infrastructures.

De surcroît, l'incorporation des équipements aéronautiques, en particulier le balisage et la signalisation, a substantiellement renforcé la sûreté des déplacements, conformément aux normes et recommandations internationales.

Les résultats obtenus témoignent à la fois de la cohérence générale du projet et d'une maîtrise approfondie des outils d'analyse ainsi que des méthodes de conception appliquées.

Ils attestent d'une aptitude à mobiliser des compétences techniques diversifiées afin de satisfaire de manière adéquate aux exigences d'un projet aéronautique complexe, en intégrant de manière cohérente les contraintes réglementaires, opérationnelles et techniques.

Au-delà des résultats obtenus, ce mémoire constitue une contribution tangible au champ de la conception des infrastructures aéroportuaires, en présentant une démarche méthodique et reproductible adaptée aux particularités du site de Tafraoui.

Il souligne en outre la montée en importance des outils numériques dans l'optimisation des projets d'ingénierie.

En dernier lieu, des axes d'amélioration peuvent être envisagés, en particulier par l'incorporation de technologies sophistiquées telles que les systèmes d'information géographique (SIG), la modélisation tridimensionnelle, ainsi que des méthodes novatrices d'optimisation et de gestion intelligente des infrastructures.

Ces orientations préparent le terrain pour des avancées ultérieures destinées à optimiser la performance, la sécurité et la durabilité des infrastructures aéronautiques.

8. LES ANNEXES

Les annexes regroupent l'ensemble des documents techniques, plans, calculs et données ayant servi à l'élaboration du projet. Elles complètent le mémoire sans alourdir le contenu principal.

Annexe A : Plans et documents graphiques

- Plan de situation générale du site de Tafraoui
- Plan topographique de la zone d'étude
- Tracé en plan des voies de circulation des abris avions
- Profils en long et profils en travers
- Plan de signalisation horizontale et verticale
- Plan de balisage lumineux

Annexe B : Études et calculs techniques

- Calculs de dimensionnement des voies de circulation
- Vérification des rayons de courbure
- Calculs des pentes longitudinales et transversales
- Hypothèses de conception
- Synthèse des résultats

Annexe C : Données topographiques

- Levés topographiques du site
- Courbes de niveau
- Modèle Numérique de Terrain (MNT)
- Traitement sous Covadis
- Export AutoCAD

Annexe D : Équipements de balisage et signalisation

- Fiches techniques des feux de balisage
- Schémas d'implantation

- Caractéristiques des équipements lumineux
- Signalisation horizontale et verticale
- Références OACI

Annexe E : Références normatives

- Extraits OACI Annexe 14
- Extraits Doc 9157
- Tableaux de dimensions réglementaires
- Normes balisage et signalisation

Annexe F : Documents complémentaires

- Photos du site
- Rapports de terrain
- Résultats logiciels
- Notes de calcul

9. BIBLIOGRAPHIE (Format ISO 690)

10. Normes et documents officiels

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE (OACI), Annexe 14 – Aérodromes, Volume I : Conception et exploitation technique des aérodromes, Montréal, OACI.

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE (OACI), Doc 9157 – Manuel de conception des aérodromes, Montréal, OACI.

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE (OACI), Doc 9476 – SMGCS : Systèmes de guidage et de contrôle des mouvements de surface, Montréal, OACI.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA), Advisory Circular AC 150/5340-1 – Airport Markings, Washington D.C.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA), Advisory Circular AC 150/5340-30 – Design and Installation Details for Airport Visual Aids, Washington D.C.

11. Ouvrages techniques

ASHFORD, Norman J., MUMAYIZ, Saleh, WRIGHT, Paul H., Airport Engineering: Planning, Design and Development, Wiley.

DE NEUFVILLE, Richard, ODONI, Amedeo, Airport Systems: Planning, Design and Management, McGraw-Hill.

KAZDA, Antonín, CAVES, Robert E., Airport Design and Operation, Emerald Publishing.

12. Logiciels et outils

AUTODESK, AutoCAD – Documentation officielle, https://www.autodesk.com

ESRI, ArcGIS – Documentation officielle, https://www.esri.com

Covadis – Manuel utilisateur et documentation technique.

13. Documents institutionnels

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE L'AVIATION CIVILE (ENAC), Supports de cours en infrastructures aéroportuaires, Toulouse.

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS (Algérie), Règlement technique des infrastructures routières et VRD.

DIRECTION DE L'AVIATION CIVILE ET DE LA MÉTÉOROLOGIE (Algérie), Documents techniques réglementaires aéronautiques.

14.WEBOGRAPHIE

Organisation de l'Aviation Civile Internationale — https://www.icao.int
-Normes internationales d'aérodromes et balisage

Federal Aviation Administration — https://www.faa.gov
- Standards américains des aides visuelles aéroportuaires

Autodesk — https://www.autodesk.com
- Documentation AutoCAD

Esri — https://www.esri.com
- Documentation ArcGIS

École Nationale Supérieure de l'Aviation Civile — https://www.enac.fr
- Ressources pédagogiques aéronautiques

LES ANNEXES

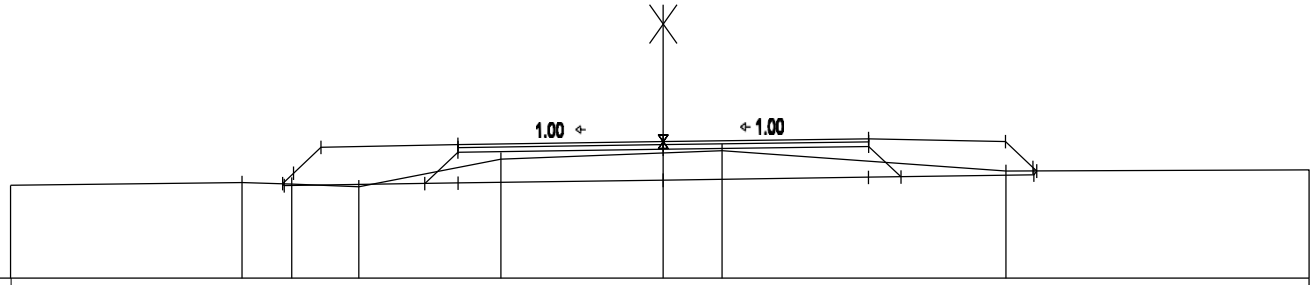
PROFIL EN TRAVERS DU PK 580 AU PK 760 VOIE DE CIRCULATION N01 SEUIL 26

PROFIL 37

TAFRAOUI

S = 580.000
ZTN = 114.239
ZPRO= 114.531

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 111.0
LICENCE : 3725



TERRAIN	DISTANCES	-23.84	-15.39	-13.57	-11.12	-5.93	2.15	12.52	23.58			
	COTES	113.40	113.47	113.44	113.36	114.08	114.30	113.76	113.79			
PROJET	DISTANCES			-13.90 -13.50	-12.50	-7.50	0.00	7.50	12.50	13.50 13.64		
	COTES			113.44 113.71	114.38	114.46	114.53	114.61	114.53	113.86 113.77		

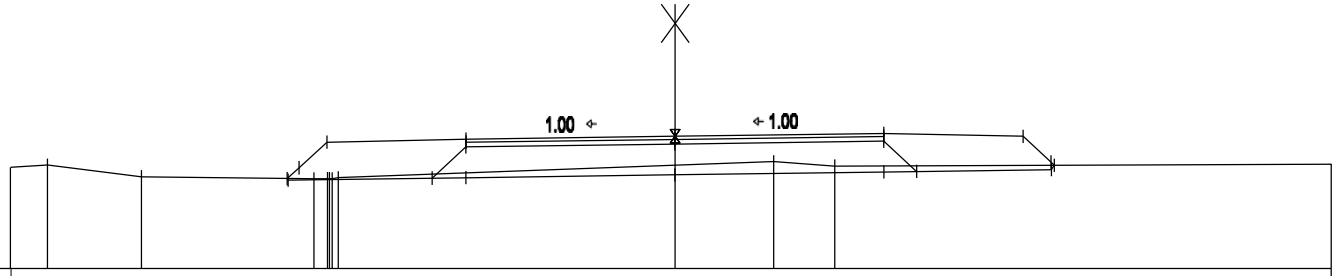
PROFIL 38

TAFRAOUI

S = 600.000
ZTN = 113.681
ZPRO= 114.439

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 111.0

LICENCE : 3725



TERRAIN	DISTANCES	-23.86	-22.53	-19.15	-12.96	-12.48	-12.41	3.54	5.73	23.56
	COTES	113.63	113.69	113.38	113.33	113.33	113.33	113.78	113.86	113.71
PROJET	DISTANCES	-13.92	-13.50	-12.50	-7.50	0.00	7.50	12.50	13.50	13.62
	COTES	113.34	113.62	114.29	114.36	114.44	114.51	114.44	113.77	113.69

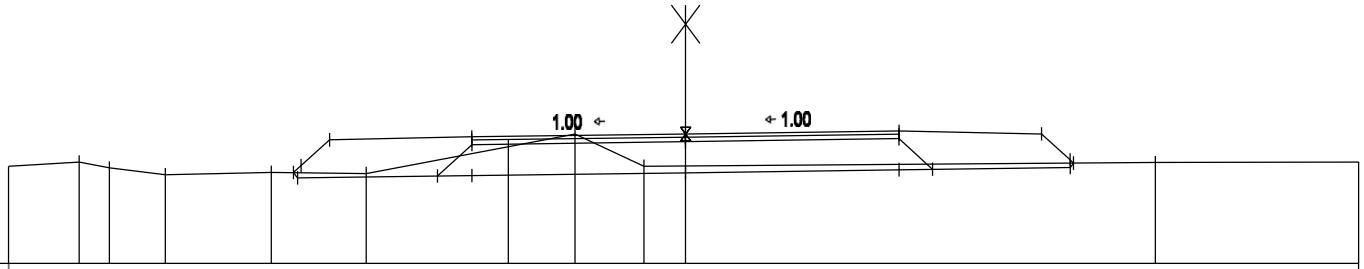
PROFIL 39

TAFRAOUI

S = 620.000
ZTN = 113.522
ZPRO= 114.346

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 111.0

LICENCE : 3725



TERRAIN	DISTANCES	-23.78	-21.30	-20.24	-18.27	-14.55	-11.22	-6.23	-3.88	-1.46							16.50	23.84
	COTES	113.51	113.62	113.47	113.30	113.36	113.33	114.02	114.34	113.51							113.60	113.62
PROJET	DISTANCES					-13.76 -13.50 -12.50		-7.50			0.00		7.50		12.50	13.50 13.63		
	COTES					113.35 113.53 114.20		114.27			114.35		114.42		114.35	113.68 113.59		

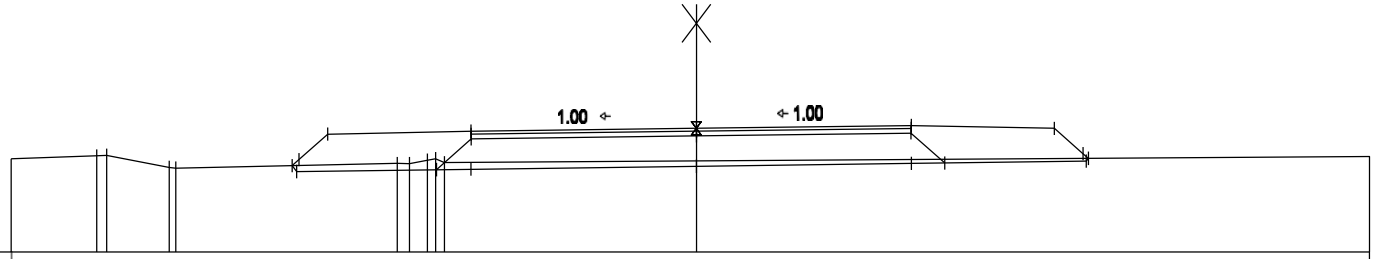
PROFIL 40

TAFRAOUI

S = 640.000
ZTN = 113.391
ZPRO= 114.253

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 111.0

LICENCE : 3725



TERRAIN	DISTANCES	-23.92	-20.94	-20.59	-18.40	-18.18	-10.44	-10.02	-9.40	-9.10	-8.80	23.50
	COTES	113.45	113.53	113.54	113.22	113.21	113.33	113.32	113.41	113.45	113.35	113.51
PROJET	DISTANCES	-14.11	-13.87	-12.87	-7.87	0.00	7.50	12.50	13.50	13.68
	COTES	113.27	113.43	114.10	114.17	114.25	114.33	114.25	113.58	113.46

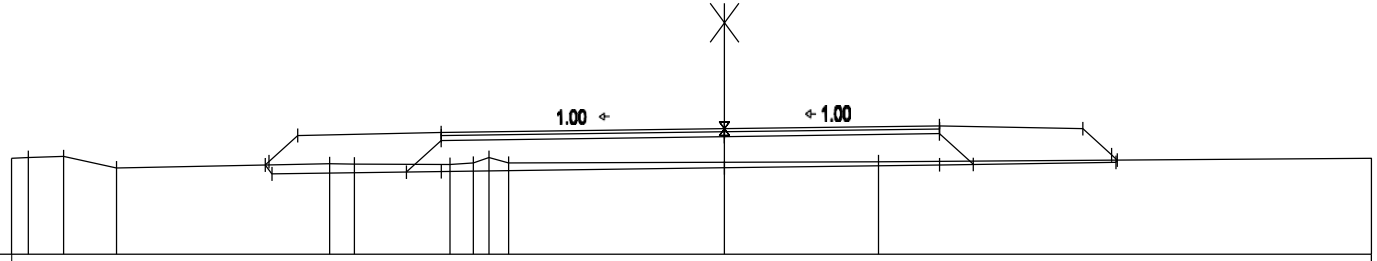
PROFIL 41

TAFRAOUI

S = 647.000
ZTN = 113.358
ZPRO= 114.221

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 111.0

LICENCE : 3725



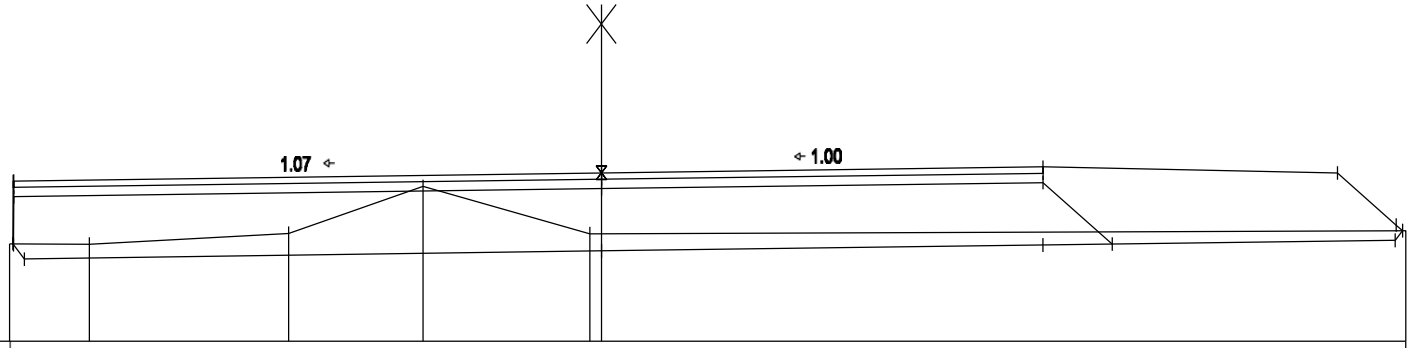
TERRAIN	DISTANCES	-24.86	-24.28	-23.05	-21.20	-13.77	-12.90	-9.57	-8.76	-8.21	-7.53	5.37	22.56
	COTES	113.48	113.48	113.51	113.21	113.32	113.32	113.30	113.34	113.48	113.34	113.37	113.46
PROJET	DISTANCES	-16.01	-15.88	-14.88	-9.88	0.00	7.50	12.50	13.50	13.70			
	COTES	113.29	113.38	114.05	114.12	114.22	114.30	114.22	113.55	113.41			

PROFIL 42

TAFRAOUI

S = 660.000
ZTN = 113.381
ZPRO= 114.161

ECHS=1/ 100
ECHZ=1/ 100
PC = 112.0
LICENCE : 3725



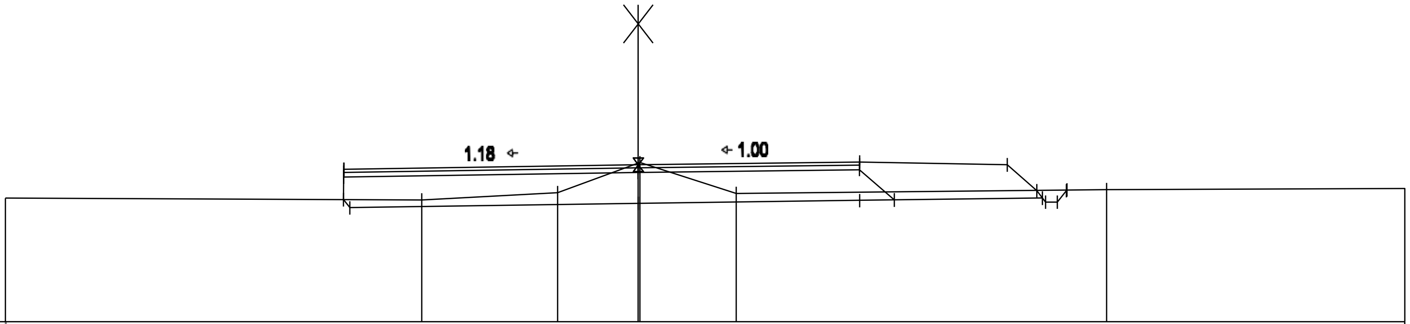
TERRAIN	DISTANCES	-10.05	-8.70	-5.31	-3.03	-0.20				13.66
	COTES	113.25	113.25	113.39	113.99	113.38				113.42
PROJET	DISTANCES	-10.00				0.00		7.50	12.50	13.50 13.61
	COTES	113.25				114.16		114.24	114.16	113.49 113.42

PROFIL 43

TAFRAOUI

S = 680.000
ZTN = 114.111
ZPRO= 114.068

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 110.0
LICENCE : 3725



TERRAIN

DISTANCES	COTES
-21.45	113.21
-7.34	113.16
-2.73	113.35
0.05	114.13
3.32	113.32
15.87	113.43
25.97	113.45

PROJET

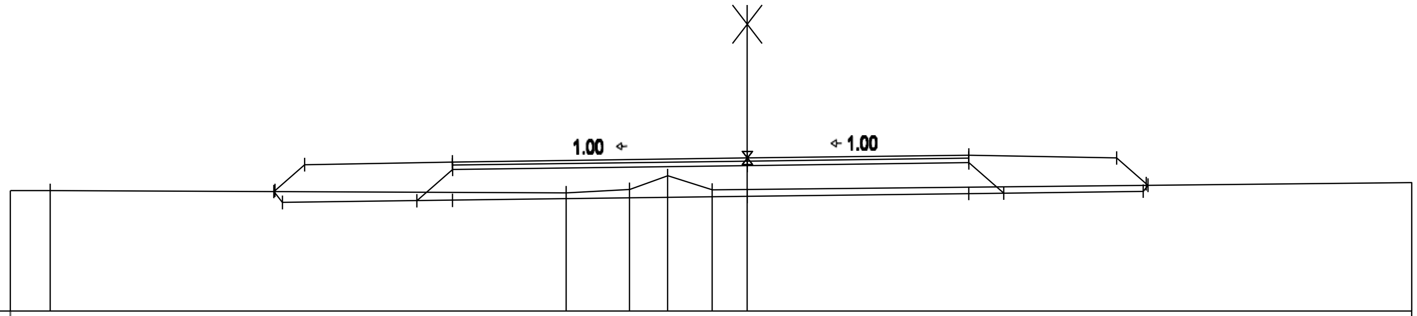
DISTANCES	COTES
-10.00	113.17
-9.99	113.95
0.00	114.07
7.50	114.14
12.50	114.07
13.50	113.40
13.80	113.10
14.20	113.10
14.52	113.42

PROFIL 44

TAFRAOUI

S = 698.000
ZTN = 113.164
ZPRO= 113.985

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 110.0
LICENCE : 3725



TERRAIN							
DISTANCES	-24.94	-23.59	-6.13	-3.99	-2.69	-1.18	22.48
COTES	113.13	113.14	113.08	113.16	113.53	113.15	113.35

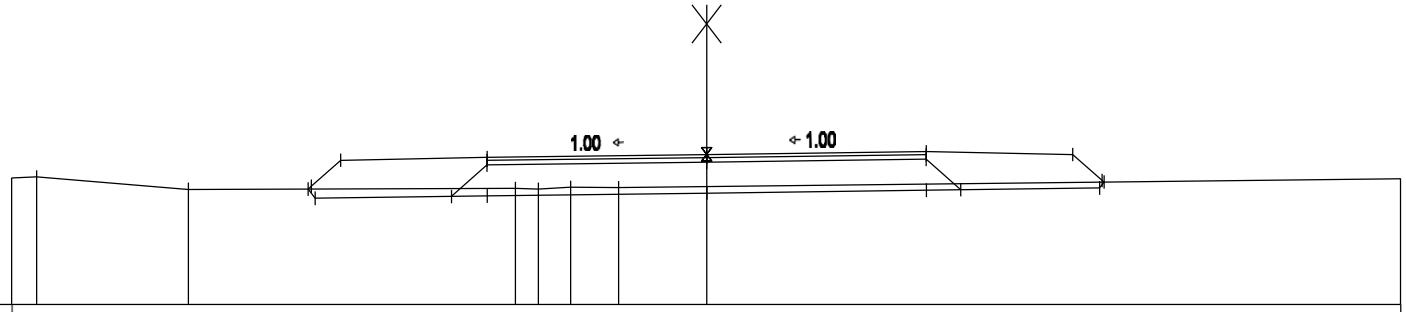
PROJET										
DISTANCES	-16.02	-15.98	-14.98	-9.98	0.00	7.50	12.50	13.50	13.56
COTES	113.11	113.14	113.81	113.88	113.98	114.06	113.98	113.31	113.28

PROFIL 45

TAFRAOUI

S = 720.000
ZTN = 113.051
ZPRO= 113.883

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 110.0
LICENCE : 3725



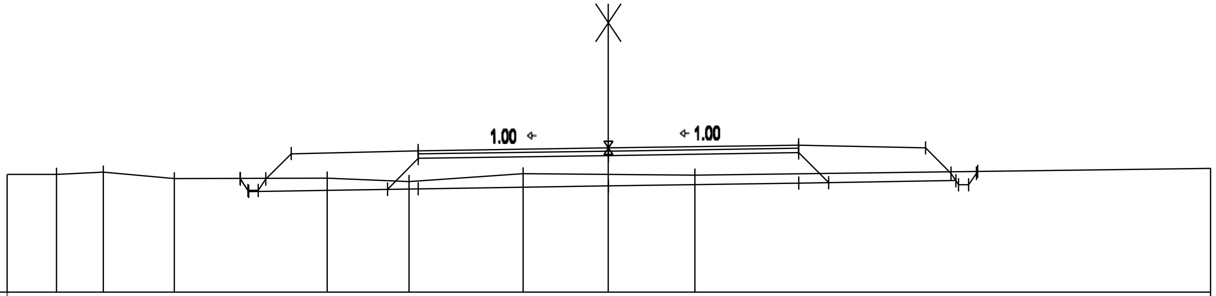
TERRAIN	DISTANCES	-23.73	-22.88	-17.71	-6.53	-5.75	-4.66	-3.01	23.69
	COTES	113.27	113.30	112.98	113.00	112.98	113.03	113.02	113.26
PROJET	DISTANCES	-13.61	-13.50	-12.50	-7.50	0.00	7.50	12.50	13.50	13.57
	COTES	112.99	113.08	113.73	113.81	113.88	113.96	113.88	113.21	113.17

PROFIL 46

TAFRAOUI

S = 740.000
ZTN = 113.097
ZPRO= 113.796

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 110.0
LICENCE : 3725



TERRAIN

DISTANCES	COTES
-23.69	113.09
-21.75	113.10
-19.90	113.16
-17.11	112.98
-11.08	113.00
-7.85	112.91
-3.36	113.11
3.41	113.08
23.73	113.26

PROJET

DISTANCES	COTES
-14.51	112.99
-14.50	112.98
-13.80	112.68
-13.50	112.98
-12.50	113.65
-7.50	113.72
0.00	113.80
7.50	113.87
12.50	113.80
13.50	113.13
13.80	112.83
14.20	112.83
14.55	113.18

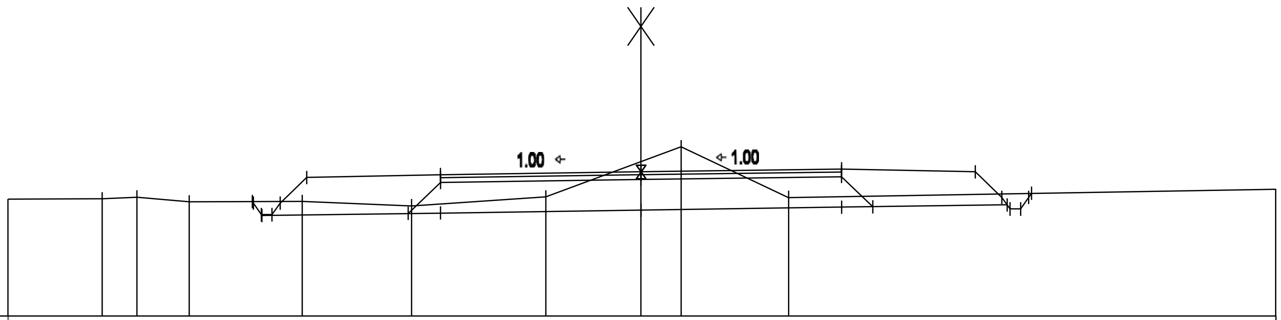
PROFIL 47

TAFRAOUI

S = 747.000
ZTN = 114.033
ZPRO= 113.769

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 110.0

LICENCE : 3725



TERRAIN										
DISTANCES	-23.68	-20.15	-18.86	-16.90	-12.67	-8.58	-3.56	1.50	5.51	23.74
COTES	113.06	113.06	113.11	112.98	113.00	112.88	113.11	114.42	113.10	113.32

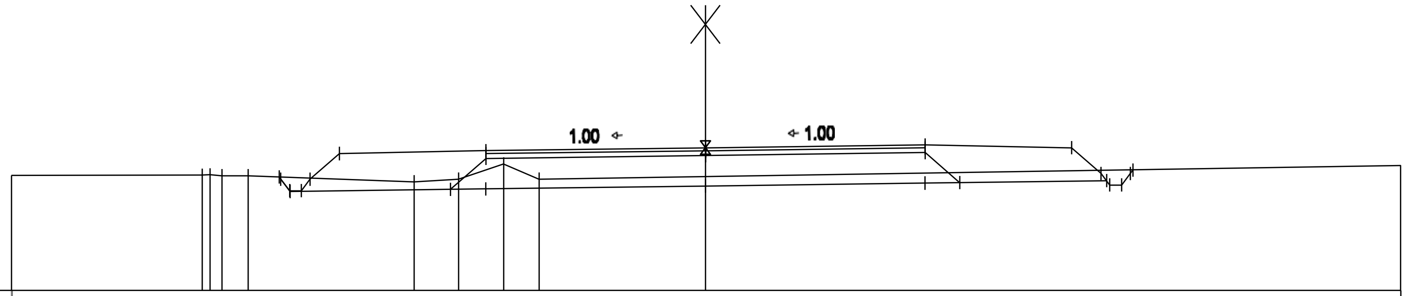
PROJET													
DISTANCES	-14.54	-14.50	-13.80	-13.50	-12.50	-7.50	0.00	7.50	12.50	13.50	13.80	14.20	14.61
COTES	112.99	112.95	112.65	112.95	113.62	113.69	113.77	113.84	113.77	113.10	112.80	112.80	113.21

PROFIL 48

TAFRAOUI

S = 760.000
ZTN = 112.966
ZPRO= 113.723

ECHS=1/ 200
ECHZ=1/ 200
PC = 110.0
LICENCE : 3725



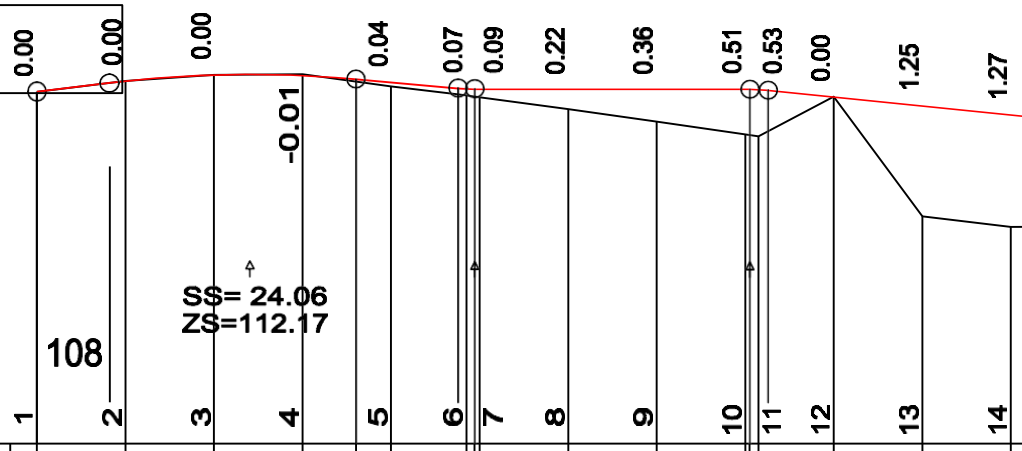
TERRAIN	DISTANCES	COTES
	-23.69	112.99
	-17.19	113.01
	-16.92	113.01
	-16.51	112.99
	-15.62	112.99
	-9.95	112.83
	-8.43	112.90
	-6.89	113.30
	-5.68	112.90
	23.73	113.26

PROJET	DISTANCES	COTES
	-14.56	112.96
	-14.50	112.90
	-13.80	112.60
	-13.50	112.90
	-12.50	113.57
	-7.50	113.65
	0.00	113.72
	7.50	113.80
	12.50	113.72
	13.50	113.05
	13.80	112.75
	14.20	112.75
	14.59	113.14

PROFILS EN LONG DES AXES SECONDAIRES
DU PK 00 AU PK 110

PL AXE SEC 1

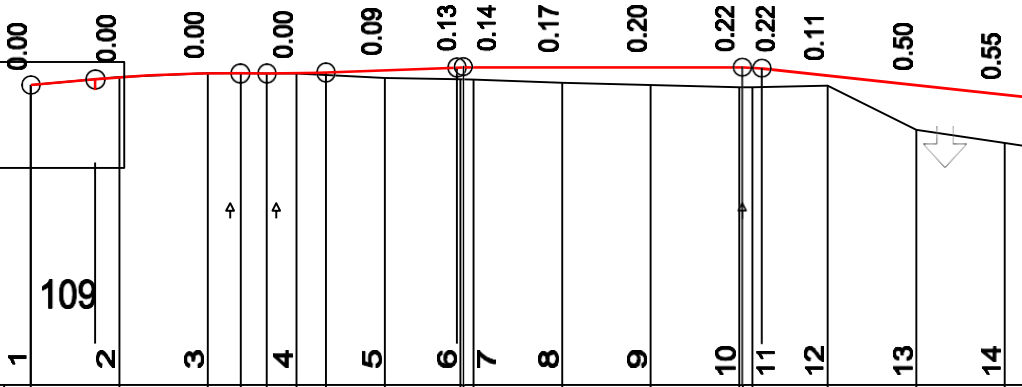
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON 108



	1	2	3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
COTES TERRAIN	111.97	112.10	112.16	112.17	112.09	112.04	111.93	111.91	111.78	111.64	111.49	111.47	111.92	110.57	110.45
DISTANCES CUMULEES	0.00	10.00	20.00	30.00	36.04	40.00	48.50	50.00	60.00	70.00	80.00	81.50	90.00	100.00	110.00
COTES PROJET	111.97	112.09	112.16	112.16	112.11	112.08	112.00	112.00	112.00	112.00	112.00	112.00	111.91	111.81	111.71
DECLIVITES PROJET			R=1300 L=27.802					P=0%		L=31.064		L=57.771			
ALIGNEMENTS ET COURBES		r=18.305 L=140.285													

PL AXE SEC 2

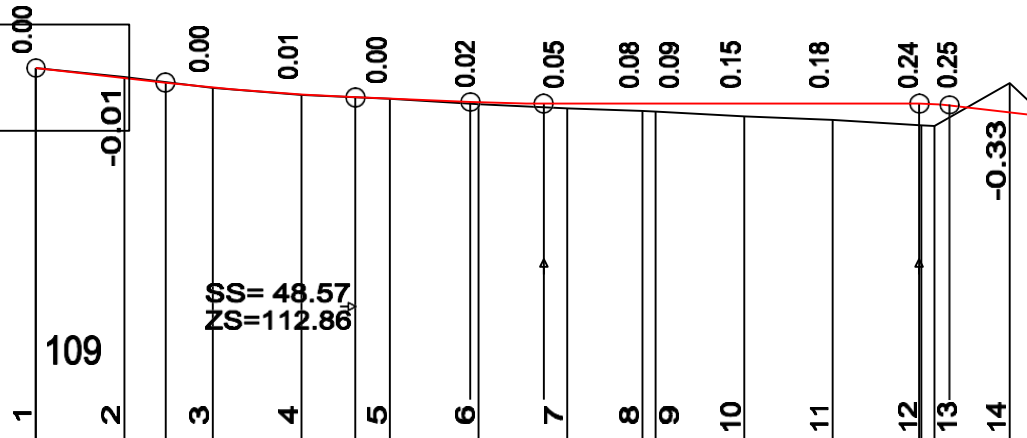
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON 109



	1	2	3		4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
COTES TERRAIN	112.39	112.48	112.52	112.52	112.52	112.50	112.47	112.45	112.45	112.41	112.39	112.36	112.36	112.38	111.88	111.73
DISTANCES CUMULEES	0.00	10.00	20.00	23.71	30.00	33.34	40.00	48.50	50.00	60.00	70.00	80.00	81.50	90.00	100.00	110.00
COTES PROJET	112.39	112.47	112.52	112.52	112.52	112.53	112.55	112.58	112.58	112.58	112.58	112.58	112.58	112.49	112.38	112.28
DECLIVITES PROJET			R=1700 L=16.439				P=0.37%		P=0%		L=31.543			L=65.581		
ALIGNEMENTS ET COURBES											T=46.373 L=148.163					

PL AXE SEC 3

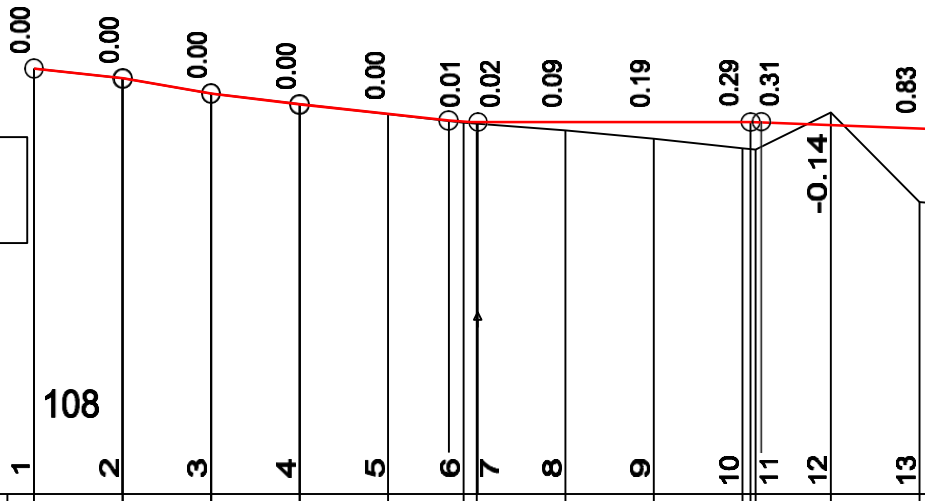
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON 109



	1	2		3	4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
COTES TERRAIN	113.21	113.11	113.05	112.99	112.91	112.88	112.87	112.80	112.76	112.73	112.72	112.66	112.63	112.56	112.56	113.04
DISTANCES CUMULEES	0.00	10.00	14.67	20.00	30.00	36.09	40.00	50.00	60.00	68.50	70.00	80.00	90.00	100.00	101.50	110.00
COTES PROJET	113.21	113.10	113.05	112.99	112.91	112.88	112.86	112.82	112.81	112.81	112.81	112.81	112.81	112.81	112.80	112.71
DECLIVITES PROJET		P=1.13%		R=3000 L=21.419						P=0%			L=42.381		R=300	L=79.2
ALIGNEMENTS ET COURBES														r=386.926 L=182.523		

PL AXE SEC 4

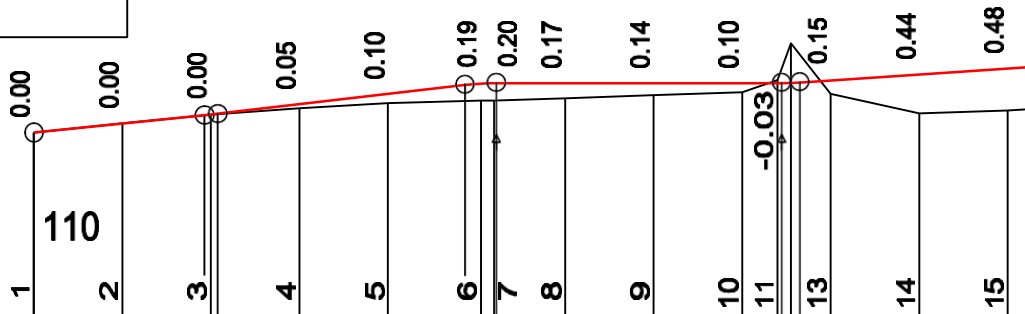
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON 108



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
COTES TERRAIN	112.81	112.70 112.70	112.52 112.52	112.40 112.40	112.29	112.20	112.18	112.11	112.01	111.91	111.89	112.31	111.30
DISTANCES CUMULEES	0.00	10.00 10.02	20.00 20.01	30.00 30.00	40.00	48.50	50.00	60.00	70.00	80.00	81.50	90.00	100.00
COTES PROJET	112.81	112.70 112.70	112.52 112.52	112.40 112.40	112.29	112.20	112.20	112.20	112.20	112.20	112.20	112.17	112.13
DECLIVITES PROJET				P=1.09% L=16.837		R=300	P=0% L=30.802				L=93.329		
ALIGNEMENTS ET COURBES													=356.540 L=175.411

PL AXE SEC 7

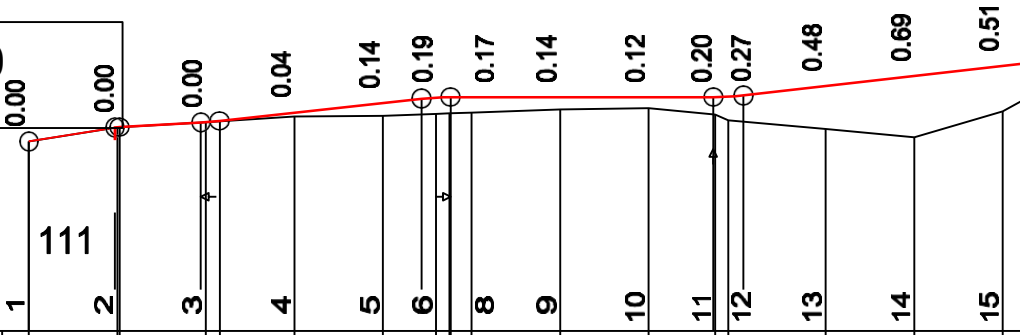
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON 110



	1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15
COTES TERRAIN	112.08	112.19	112.29	112.29	112.35	112.42	112.44	112.44	112.47	112.50	112.54	112.67	112.52	112.30	112.33
DISTANCES CUMULEES	0.00	10.00	20.00	20.73	30.00	40.00	50.50	52.00	60.00	70.00	80.00	84.00	90.00	100.00	110.00
COTES PROJET	112.08	112.18	112.29	112.29	112.40	112.52	112.63	112.64	112.64	112.64	112.64	112.64	112.67	112.74	112.81
DECLIVITES PROJET		P=1.02% L=19.271		P=1.16% L=28.029			R=300	P=0% L=32.244					P=0.68%		
ALIGNEMENTS ET COURBES															

PL AXE SEC 10

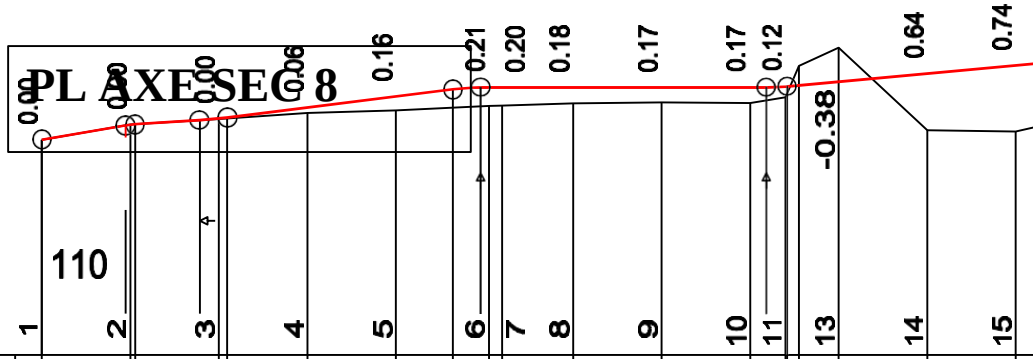
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON



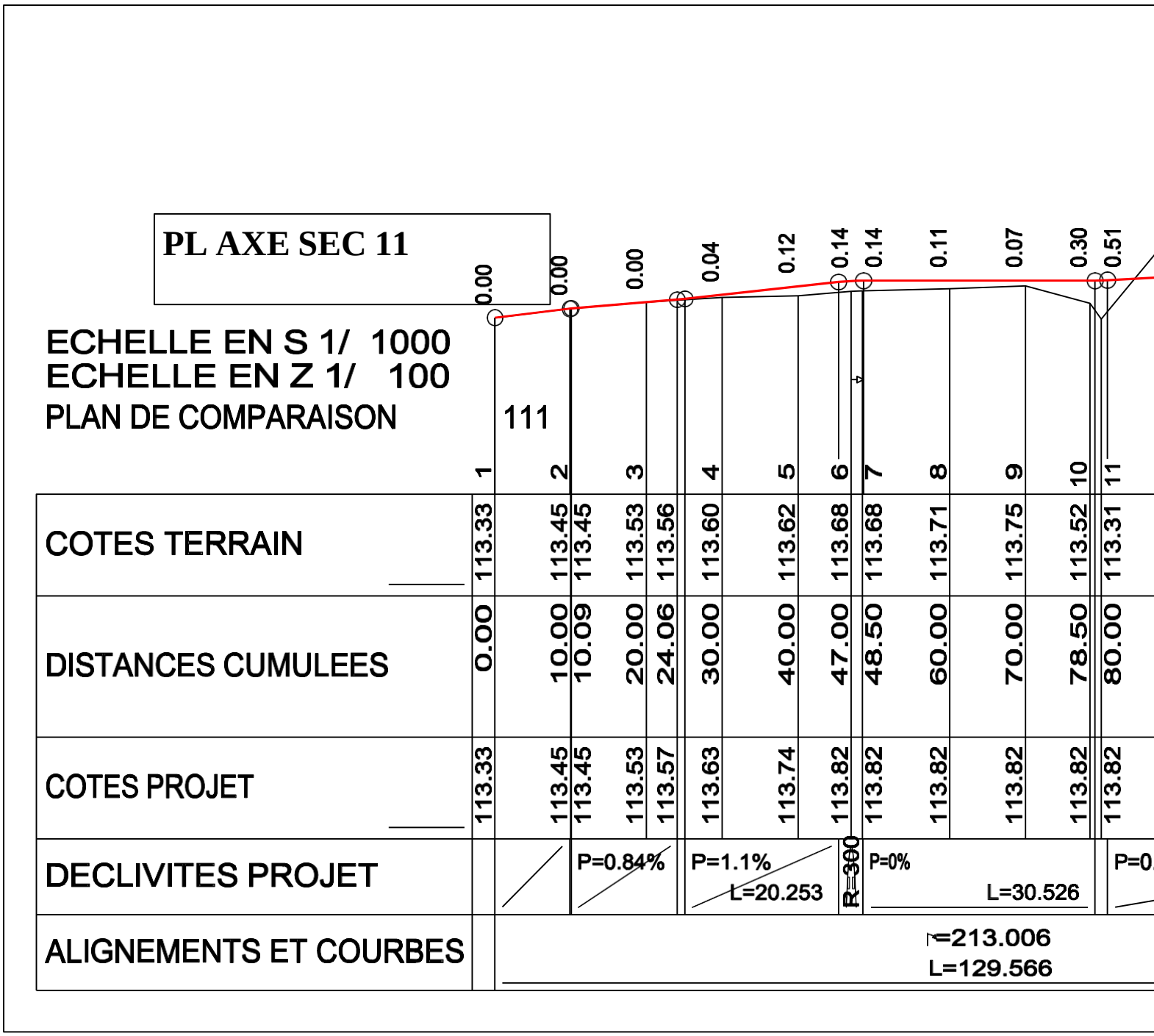
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15		
COTES TERRAIN	113.14	113.30	113.30	113.36	113.37	113.42	113.43	113.45	113.47	113.50	113.52	113.44	113.38	113.28	113.19	113.48
DISTANCES CUMULEES	0.00	10.00	10.26	20.00	21.58	30.00	40.00	46.00	50.00	60.00	70.00	77.50	79.00	90.00	100.00	110.00
COTES PROJET	113.14	113.30	113.30	113.36	113.37	113.46	113.57	113.64	113.64	113.64	113.64	113.64	113.64	113.77	113.88	113.99
DECLIVITES PROJET					P=1.1% L=22.771	R=300	P=0% L=29.644				R=300	P=1.14%				
ALIGNEMENTS ET COURBES																

PL AXE SEC 8

ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON

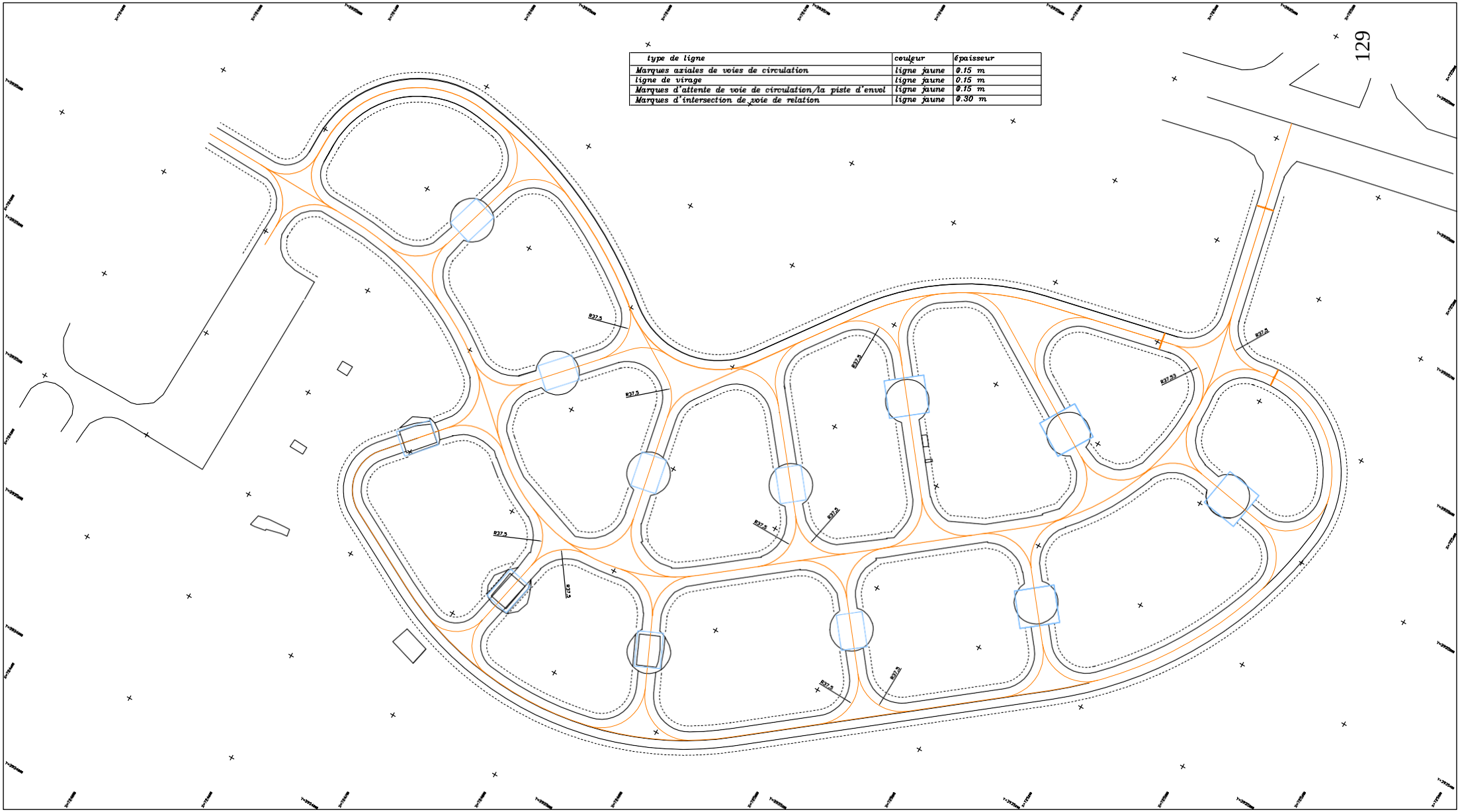


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15						
COTES TERRAIN	112.43	112.60	112.61	112.67	112.67	112.73	112.76	112.79	112.81	112.82	112.84	112.85	112.85	112.91	113.47	112.54	112.52			
DISTANCES CUMULEES	0.00	10.00	10.54	20.00	20.94	30.00	40.00	46.43	50.50	52.00	60.00	70.00	80.00	84.00	90.00	100.00	110.00			
COTES PROJET	112.43	112.60	112.61	112.67	112.68	112.79	112.92	113.00	113.02	113.02	113.02	113.02	113.02	113.03	113.08	113.18	113.27			
DECLIVITES PROJET				R=500	P=1.25% L=25.491				R=250	P=0% L=32.277					P=0.92%					
ALIGNEMENTS ET COURBES																				

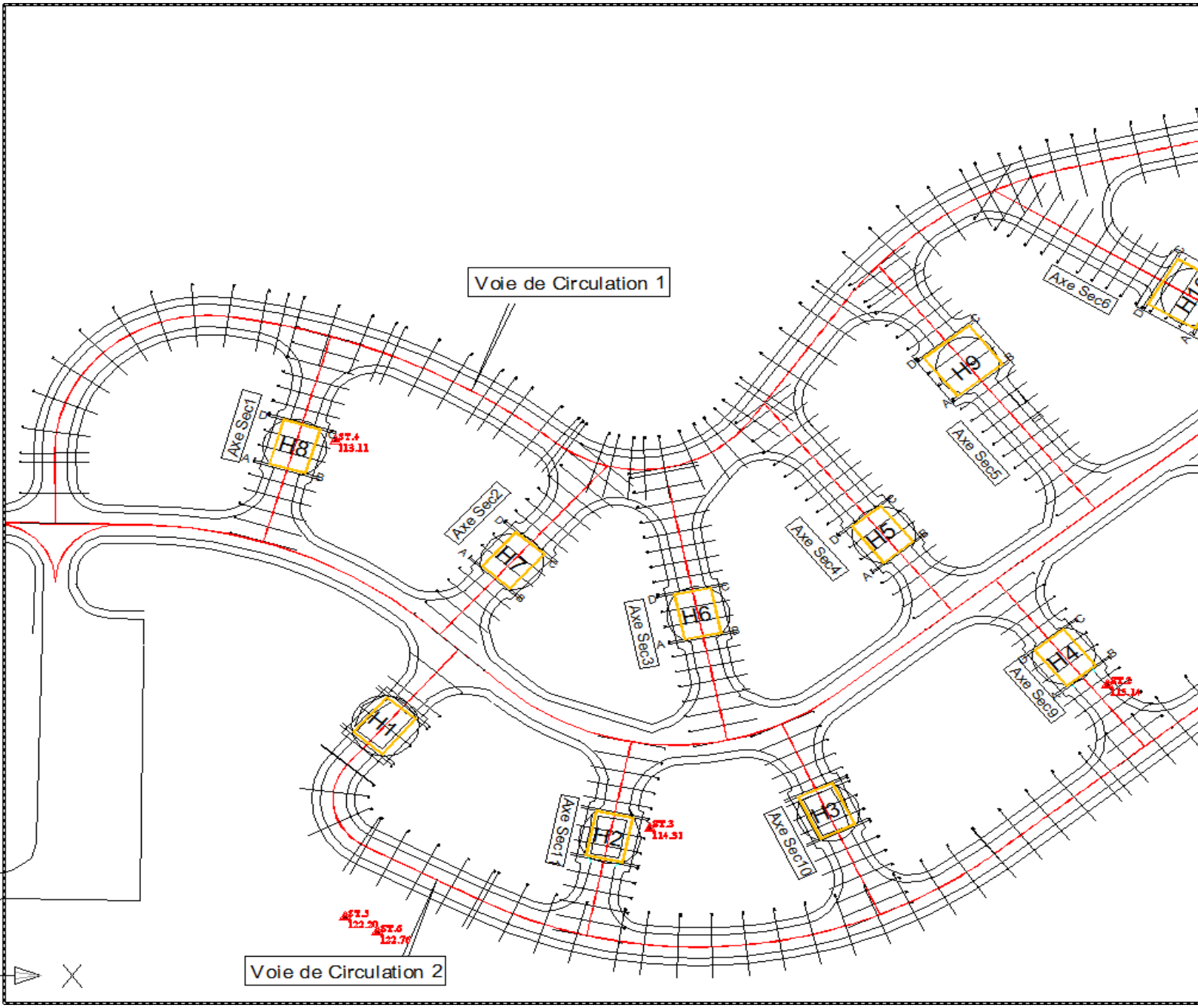


PLAN DE SIGNALISATION

type de ligne	couleur	épaisseur
Marques axiales de voies de circulation	ligne jaune	0.15 m
ligne de virage	ligne jaune	0.15 m
Marques d'attente de voie de circulation/la piste d'envol	ligne jaune	0.15 m
Marques d'intersection de voie de relation	ligne jaune	0.30 m



TRACE EN PLAN SEUIL 26



Marguerite du Seuil 26

LISTING D'IMPLANTATION

Voie de Circulation N° 2 :

N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0.000	112.470	112.470	724642.882	3935263.234	345.445g	1.00	1.00
2	20.000	112.514	112.536	724629.787	3935248.118	345.445g	-0.45	-0.45
3	40.000	112.628	112.822	724616.692	3935233.001	345.445g	-0.14	-0.14
4	49.000	112.673	112.950	724610.799	3935226.198	345.445g	0.00	0.00
5	51.000	112.680	112.959	724609.489	3935224.686	345.445g	0.00	0.00
6	66.000	112.796	112.960	724599.668	3935213.349	345.445g	0.00	0.00
7	81.000	113.292	112.960	724589.847	3935202.011	345.445g	0.00	0.00
8	83.000	113.678	112.964	724588.538	3935200.499	345.445g	0.00	0.00
9	99.433	112.780	113.124	724577.778	3935188.079	345.445g	0.97	0.97
10	100.000	112.778	113.130	724577.410	3935187.647	344.414g	1.00	1.00
11	120.000	113.000	113.330	724569.511	3935169.568	308.035g	1.00	1.00
12	140.000	113.227	113.524	724572.645	3935150.090	271.657g	1.00	1.00
13	160.000	113.349	113.664	724585.815	3935135.400	235.279g	1.00	1.00
14	162.614	113.338	113.677	724588.087	3935134.109	230.525g	1.00	1.00
15	180.000	113.310	113.739	724603.512	3935126.088	230.525g	1.00	1.00
16	200.000	113.288	113.800	724621.257	3935116.862	230.525g	1.00	1.00
17	220.000	113.254	113.860	724639.002	3935107.636	230.525g	1.00	1.00
18	237.182	113.374	113.912	724654.246	3935099.709	230.525g	1.00	1.00
19	240.000	113.394	113.920	724656.753	3935098.422	229.884g	1.00	1.00
20	260.000	113.453	113.980	724674.897	3935090.019	225.337g	1.00	1.00

21	280.000	113.551	114.040	724693.595	3935082.932	220.789g	1.00	1.00
22	300.000	113.639	114.084	724712.751	3935077.198	216.242g	0.50	1.00
23	325.000	113.811	114.110	724737.191	3935071.977	210.558g	1.00	1.00
24	340.000	113.594	114.111	724752.045	3935069.898	207.148g	1.00	1.00
25	360.000	113.328	114.108	724771.982	3935068.368	202.600g	1.00	1.00
26	380.000	113.376	114.104	724791.977	3935068.266	198.053g	1.00	1.00
27	400.000	113.509	114.107	724811.929	3935069.591	193.506g	1.00	1.00
28	420.000	113.769	114.130	724831.736	3935072.336	188.958g	1.00	1.00
29	440.000	113.992	114.173	724851.296	3935076.488	184.411g	1.00	1.00
30	460.000	113.795	114.235	724870.509	3935082.025	179.864g	1.00	1.00
31	480.000	114.104	114.318	724889.279	3935088.919	175.317g	1.14	1.00
32	500.000	113.929	114.421	724907.509	3935097.135	170.769g	1.00	1.00
33	520.000	114.619	114.544	724925.106	3935106.632	166.222g	1.00	1.00
34	540.000	114.832	114.631	724941.980	3935117.359	161.675g	1.00	1.00
35	560.000	114.771	114.619	724958.046	3935129.264	157.127g	1.00	1.00
36	560.153	114.772	114.619	724958.165	3935129.360	157.093g	1.00	1.00
37	580.000	114.239	114.531	724973.672	3935141.746	157.093g	1.00	1.00
38	600.000	113.681	114.439	724989.299	3935154.229	157.093g	1.00	1.00
39	620.000	113.522	114.346	725004.926	3935166.711	157.093g	1.00	1.00
40	640.000	113.391	114.253	725020.553	3935179.193	157.093g	1.00	1.00
41	647.000	113.358	114.221	725026.022	3935183.562	157.093g	1.00	1.00
42	660.000	113.381	114.161	725036.179	3935191.675	157.093g	1.07	1.00
43	680.000	114.111	114.068	725051.806	3935204.157	157.093g	1.18	1.00
44	698.000	113.164	113.985	725065.870	3935215.391	157.093g	1.00	1.00
45	720.000		113.883			157.093g	1.00	1.00

		113.051		725083.060	3935229.121			
46	740.000	113.097	113.796	725098.687	3935241.604	157.093g	1.00	1.00
47	747.000	114.033	113.769	725104.156	3935245.972	157.093g	1.00	1.00
48	760.000	112.966	113.723	725114.313	3935254.086	157.093g	1.00	1.00
49	780.000	113.666	113.663	725129.940	3935266.568	157.093g	1.00	1.00
50	805.500	112.758	113.604	725149.864	3935282.483	157.093g	1.00	1.00
51	820.000	112.759	113.572	725161.194	3935291.532	157.093g	0.95	1.00
52	830.975	112.700	113.548	725169.769	3935298.382	157.093g	0.92	1.00
53	840.000	112.951	113.528	725176.745	3935304.107	155.403g	1.07	1.00
54	865.500	113.370	113.472	725195.605	3935321.260	150.628g	1.50	1.00
55	880.000	112.867	113.440	725205.739	3935331.629	147.913g	1.00	1.00
56	900.000	112.864	113.396	725218.973	3935346.621	144.168g	1.00	1.00
57	920.000	113.203	113.352	725231.303	3935362.365	140.423g	1.00	1.00
58	940.000	112.488	113.308	725242.686	3935378.806	136.679g	1.00	1.00
59	960.000	112.729	113.264	725253.082	3935395.888	132.934g	1.00	1.00
60	980.000	112.819	113.220	725262.456	3935413.552	129.189g	1.00	1.00
61	1000.000	112.139	113.176	725270.776	3935431.736	125.444g	1.00	1.00
62	1020.000	112.443	113.132	725278.012	3935450.378	121.699g	1.00	1.00
63	1040.000	112.554	113.089	725284.140	3935469.413	117.954g	1.31	1.00
64	1052.500	112.546	113.061	725287.397	3935481.481	115.614g	1.50	1.00
65	1060.000	112.540	113.045	725289.138	3935488.776	114.210g	1.28	1.00
66	1080.000	112.520	113.000	725292.989	3935508.398	110.465g	0.68	1.00
67	1096.062	112.498	112.958	725295.245	3935524.299	107.724g	1.14	1.00
68	1108.500	112.473	112.920	725295.884	3935536.711	98.827g	1.50	1.00
69	1120.000	112.439	112.880	725294.931	3935548.164	90.601g	1.32	1.00
70			112.805			76.295g	1.00	1.00

	1140.000	112.371		725289.800	3935567.451			
71	1160.000	112.297	112.730	725280.501	3935585.110	61.988g	1.00	1.00
72	1180.000	112.204	112.655	725267.500	3935600.252	47.682g	1.00	1.00
73	1200.000	112.096	112.580	725251.452	3935612.117	33.376g	1.00	1.00
74	1220.000	112.017	112.505	725233.163	3935620.108	19.070g	1.00	1.00
75	1240.000	111.950	112.430	725213.554	3935623.822	4.764g	1.00	1.00
76	1260.000	111.895	112.355	725193.610	3935623.073	390.458g	1.00	1.00
77	1266.896	111.876	112.329	725186.838	3935621.780	385.526g	1.00	1.00
78	1280.000	111.850	112.278	725174.071	3935618.827	385.526g	1.00	1.00
79	1290.000	112.103	112.222	725164.328	3935616.572	385.526g	1.00	1.00
80	1300.000	112.163	112.163	725154.586	3935614.318	385.526g	1.00	1.00
81	1303.272	112.144	112.144	725151.398	3935613.581	385.526g	1.00	1.00

Axe Secondaire N° 1 :

N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0.000	111.974	111.974	724528.144	3935334.024	118.305g	0.63	0.63
2	10.000	112.095	112.094	724530.980	3935343.613	118.305g	0.63	0.63
3	20.000	112.164	112.164	724533.816	3935353.203	118.305g	0.63	0.63
4	30.000	112.170	112.156	724536.652	3935362.792	118.305g	0.63	0.63
5	40.000	112.036	112.078	724539.488	3935372.382	118.305g	0.29	0.29
6	48.500	111.932	112.002	724541.898	3935380.533	118.305g	0.00	0.00
7	50.000	111.912	112.000	724542.324	3935381.971	118.305g	0.00	0.00
8	60.000	111.776	112.000	724545.159	3935391.561	118.305g	0.00	0.00
9	70.000		112.000	724547.995		118.305g	0.00	0.00

		111.637			3935401.150			
10	80.000	111.493	112.000	724550.831	3935410.740	118.305g	0.00	0.00
11	81.500	111.471	111.997	724551.257	3935412.178	118.305g	0.00	0.00
12	90.000	111.918	111.914	724553.667	3935420.329	118.305g	0.30	0.30
13	100.000	110.565	111.812	724556.503	3935429.918	118.305g	0.65	0.65
14	110.000	110.446	111.711	724559.339	3935439.508	118.305g	1.00	1.00
15	120.000	110.449	111.610	724562.175	3935449.097	118.305g	0.55	0.55
16	130.000	110.456	111.508	724565.010	3935458.687	118.305g	0.10	0.09
17	140.000	110.441	111.407	724567.846	3935468.276	118.305g	1.00	-1.00
18	140.285	110.439	111.404	724567.927	3935468.549	118.305g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 2 :

N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0.000	112.387	112.387	724631.852	3935273.116	146.373g	0.30	0.30
2	10.000	112.477	112.475	724638.509	3935280.578	146.373g	0.30	0.30
3	20.000	112.523	112.519	724645.166	3935288.040	146.373g	0.30	0.30
4	30.000	112.516	112.519	724651.823	3935295.502	146.373g	0.30	0.30
5	40.000	112.468	112.553	724658.480	3935302.965	146.373g	0.60	0.60
6	48.500	112.453	112.585	724664.139	3935309.307	146.373g	0.00	0.00
7	50.000	112.448	112.585	724665.137	3935310.427	146.373g	0.00	0.00
8	60.000	112.413	112.585	724671.794	3935317.889	146.373g	0.00	0.00
9	70.000	112.387	112.585	724678.451	3935325.351	146.373g	0.00	0.00
10	80.000	112.363	112.585	724685.108	3935332.813	146.373g	0.00	0.00

11	81.500	112.361	112.582	724686.106	3935333.933	146.373g	0.00	0.00
12	90.000	112.382	112.493	724691.765	3935340.276	146.373g	0.30	0.30
13	100.000	111.882	112.385	724698.422	3935347.738	146.373g	0.65	0.65
14	110.000	111.732	112.277	724705.079	3935355.200	146.373g	1.00	1.00
15	120.000	111.582	112.168	724711.736	3935362.662	146.373g	0.53	0.58
16	130.000	111.432	112.060	724718.393	3935370.125	146.373g	0.05	0.16
17	140.000	111.318	111.952	724725.050	3935377.587	146.373g	1.00	-1.00
18	148.163	111.251	111.864	724730.484	3935383.678	146.373g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 3 :

N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0.000	113.213	113.213	724800.971	3935203.632	86.926g	-0.90	-0.90
2	10.000	113.111	113.100	724798.931	3935213.422	86.926g	-0.90	-0.90
3	20.000	112.987	112.991	724796.892	3935223.212	86.926g	-0.90	-0.90
4	30.000	112.907	112.913	724794.853	3935233.002	86.926g	-0.90	-0.90
5	40.000	112.865	112.865	724792.814	3935242.792	86.926g	-0.90	-0.90
6	50.000	112.802	112.824	724790.775	3935252.582	86.926g	-0.90	-0.90
7	60.000	112.757	112.810	724788.735	3935262.372	86.926g	-0.41	-0.41
8	68.500	112.728	112.810	724787.002	3935270.693	86.926g	0.00	0.00
9	70.000	112.720	112.810	724786.696	3935272.161	86.926g	0.00	0.00
10	80.000	112.664	112.810	724784.657	3935281.951	86.926g	0.00	0.00
11	90.000	112.626	112.810	724782.618	3935291.741	86.926g	0.00	0.00
12	100.000	112.565		724780.579		86.926g	0.00	0.00

			112.810		3935301.531			
13	101.500	112.556	112.805	724780.273	3935303.000	86.926g	0.00	0.00
14	110.000	113.041	112.712	724778.540	3935311.321	86.926g	-0.22	-0.22
15	120.000	112.097	112.596	724776.500	3935321.111	86.926g	-0.48	-0.48
16	130.000	111.977	112.480	724774.461	3935330.901	86.926g	-0.74	-0.74
17	140.000	111.823	112.364	724772.422	3935340.691	86.926g	-1.00	-1.00
18	150.000	111.670	112.248	724770.383	3935350.480	86.926g	-0.55	-0.57
19	160.000	111.517	112.132	724768.344	3935360.270	86.926g	-0.09	-0.14
20	170.000	111.408	112.016	724766.304	3935370.060	86.926g	1.00	-1.00
21	180.000	111.298	111.901	724764.265	3935379.850	86.926g	1.00	-1.00
22	182.523	111.270	111.871	724763.751	3935382.320	86.926g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 4 :

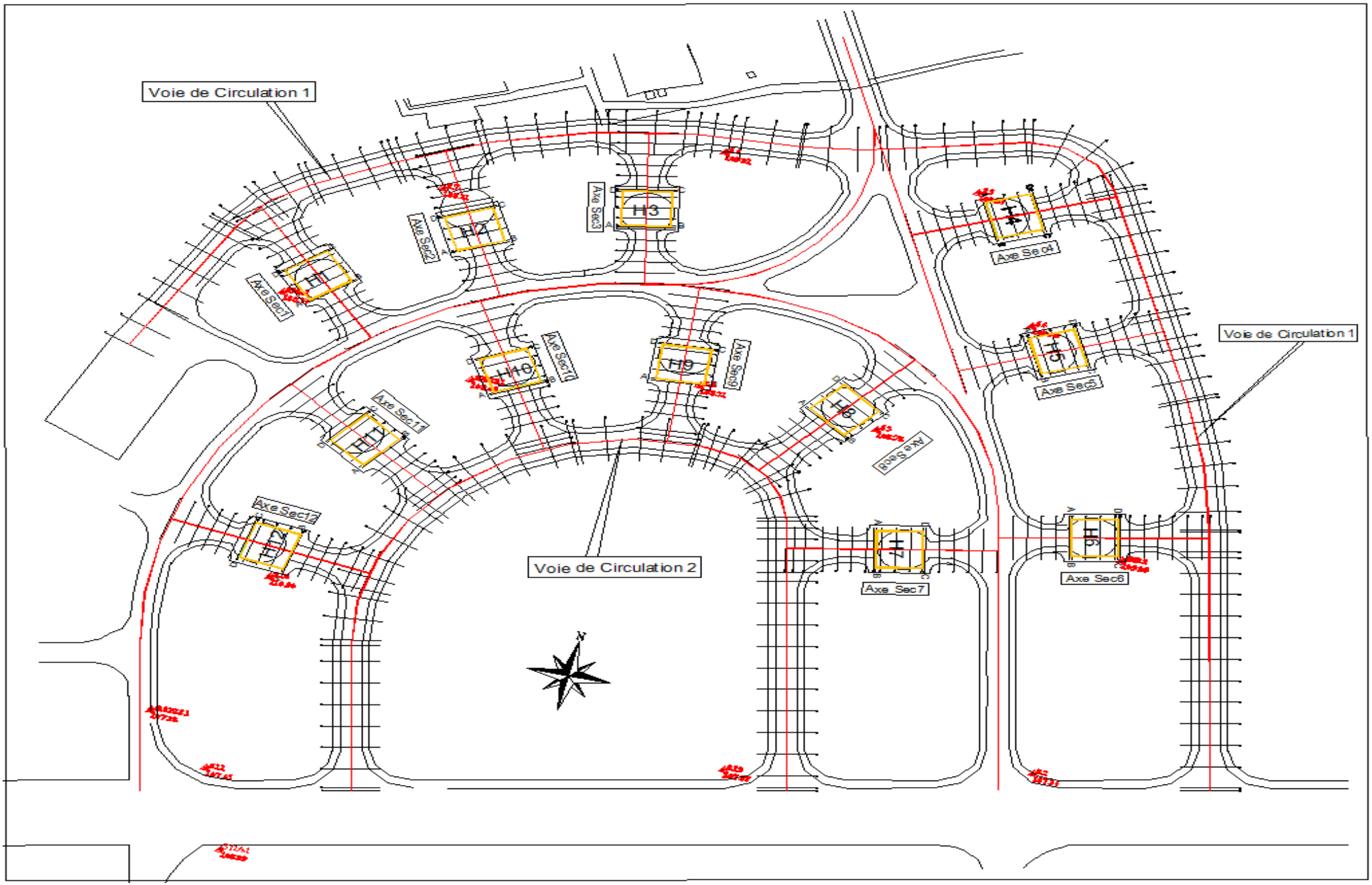
N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	112.805	112.805	724933.265	3935288.650	56.540g	-0.40	-0.40
2	10.000	112.695	112.695	724926.957	3935296.409	56.540g	-0.32	-0.32
3	20.000	112.522	112.522	724920.648	3935304.168	56.540g	-0.24	-0.24
4	30.000	112.402	112.402	724914.339	3935311.927	56.540g	-0.15	-0.15
5	40.000	112.290	112.293	724908.031	3935319.686	56.540g	-0.40	-0.40
6	48.500	112.195	112.204	724902.668	3935326.281	56.540g	0.00	0.00
7	50.000	112.184	112.200	724901.722	3935327.445	56.540g	0.00	0.00
8	60.000	112.107	112.200	724895.413	3935335.204	56.540g	0.00	0.00
9	70.000	112.014	112.200	724889.105	3935342.963	56.540g	0.00	0.00
10	80.000	111.906	112.200	724882.796	3935350.722	56.540g	0.00	0.00
11	81.500	111.889	112.199	724881.850	3935351.886	56.540g	0.00	0.00

12	90.000	112.310	112.167	724876.488	3935358.481	56.540g	-0.22	-0.22
13	100.000	111.296	112.128	724870.179	3935366.240	56.540g	-0.48	-0.48
14	110.000	111.213	112.089	724863.870	3935373.999	56.540g	-0.74	-0.74
15	120.000	111.133	112.051	724857.562	3935381.758	56.540g	-1.00	-1.00
16	130.000	111.092	112.012	724851.253	3935389.516	56.540g	-0.46	-0.51
17	140.000	111.052	111.973	724844.944	3935397.275	56.540g	0.07	-0.02
18	150.000	111.011	111.934	724838.636	3935405.034	56.540g	0.61	0.47
19	160.000	110.971	111.895	724832.327	3935412.793	56.540g	1.00	-1.00
20	170.000	110.939	111.857	724826.018	3935420.552	56.540g	1.00	-1.00
21	175.411	110.922	111.836	724822.605	3935424.751	56.540g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 5 :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	112.639	112.640	725017.315	3935355.772	57.023g	1.00	-1.00
2	10.000	112.584	112.584	725011.065	3935363.578	57.023g	1.00	-1.00
3	20.000	112.447	112.447	725004.816	3935371.385	57.023g	1.00	-1.00
4	30.000	112.370	112.382	724998.566	3935379.191	57.023g	1.00	-1.00
5	40.000	112.315	112.317	724992.317	3935386.998	57.023g	1.00	-1.00
6	50.000	112.257	112.252	724986.067	3935394.804	57.023g	1.00	-1.00
7	60.000	112.200	112.187	724979.817	3935402.611	57.023g	1.00	-1.00
8	70.000	112.122	112.122	724973.568	3935410.418	57.023g	1.00	-1.00
9	80.000	112.062	112.075	724967.318	3935418.224	57.023g	0.70	0.70
10	90.000	112.002	112.076	724961.069	3935426.031	57.023g	0.80	0.80
11	100.000	111.960		724954.819		57.023g	0.32	0.32

			112.091		3935433.837			
12	106.500	111.938	112.100	724950.757	3935438.912	57.023g	0.00	0.00
13	108.000	111.931	112.100	724949.819	3935440.083	57.023g	0.00	0.00
14	120.000	111.866	112.100	724942.320	3935449.451	57.023g	0.00	0.00
15	130.000	111.809	112.100	724936.070	3935457.257	57.023g	0.00	0.00
16	140.000	111.781	112.100	724929.821	3935465.064	57.023g	0.00	0.00
17	141.500	111.795	112.100	724928.883	3935466.235	57.023g	0.00	0.00
18	150.000	111.662	112.057	724923.571	3935472.870	57.023g	-0.30	-0.30
19	160.000	111.186	112.006	724917.321	3935480.677	57.023g	-0.65	-0.65
20	170.000	111.033	111.955	724911.072	3935488.483	57.023g	-1.00	-1.00
21	180.000	111.029	111.905	724904.822	3935496.290	57.023g	-0.43	-0.75
22	185.800	111.030	111.875	724901.198	3935500.818	57.023g	-0.10	-0.60
23	190.000	111.031	111.854	724898.573	3935504.097	57.023g	1.00	-1.00
24	200.000	111.023	111.803	724892.323	3935511.903	57.023g	1.00	-1.00
25	204.184	111.003	111.782	724889.708	3935515.169	57.023g	2.50	-2.50


Voie de Circulation 1
Voie de Circulation 1
Voie de Circulation 2
Axe Sec1
Axe Sec2
Axe Sec3
Axe Sec4
Axe Sec5
Axe Sec6
Axe Sec7
Axe Sec8
Axe Sec9
Axe Sec10
Axe Sec11
Axe Sec12
H1
H2
H3
H4
H5
H6
H7
H8
H9
H10
H11
H12
N

Voie de Circulation N° 2 :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	107.725	107.725	722947.106	3935586.996	85.533g	1.00	-1.00
2	2.400	107.675	107.701	722946.565	3935589.334	85.533g	1.00	-1.00
3	20.000	107.487	107.526	722942.600	3935606.481	85.533g	1.00	-1.00
4	40.000	107.276	107.354	722938.094	3935625.967	85.533g	1.00	-1.00
5	60.000	107.169	107.222	722933.589	3935645.453	85.533g	1.00	-1.00
6	80.000	107.135	107.130	722929.083	3935664.939	85.533g	1.00	-1.00
7	100.000	107.044	107.077	722924.577	3935684.425	85.533g	1.00	-1.00
8	120.000	106.922	107.060	722920.071	3935703.911	85.533g	1.00	-1.00
9	134.586	106.832	107.052	722916.785	3935718.121	85.533g	1.00	-1.00
10	140.000	106.798	107.049	722915.639	3935723.413	87.319g	0.76	-1.00
11	160.000	106.660	107.037	722912.704	3935743.187	93.916g	-0.12	-1.00
12	180.000	106.598	107.024	722911.829	3935763.159	100.513g	-1.00	-1.00
13	188.000	106.586	107.015	722912.060	3935771.155	103.152g	-0.76	-1.00
14	200.000	106.564	106.996	722913.026	3935783.114	107.110g	-0.40	-1.00
15	219.500	106.519	106.949	722916.174	3935802.350	113.543g	-0.30	-1.00
16	240.000	106.461	106.880	722921.557	3935822.121	120.305g	-1.00	-1.00
17	260.000	106.361	106.807	722928.800	3935840.753	126.902g	-1.00	-1.00
18	273.650	106.280	106.758	722934.833	3935852.994	131.404g	-0.50	-1.00
19	280.000	106.244	106.738	722937.932	3935858.537	133.499g	-0.46	-1.00
20	300.000	106.200	106.687	722948.854	3935875.280	140.096g	-0.34	-1.00
21	307.330	106.193	106.673	722953.269	3935881.131	142.238g	-0.30	-1.00
22	320.000	106.180	106.654	722961.404	3935890.841	146.552g	0.03	-1.00

23	340.000	106.165	106.626	722975.530	3935904.986	153.360g	0.56	-1.00
24	357.000	106.123	106.602	722988.667	3935915.767	159.148g	1.00	-1.00
25	380.000	106.029	106.569	723007.891	3935928.367	166.978g	0.20	-1.00
26	395.850	106.049	106.547	723021.973	3935935.633	172.374g	0.38	-1.00
27	400.000	106.062	106.541	723025.757	3935937.336	173.787g	0.49	-1.00
28	420.000	106.070	106.521	723044.478	3935944.346	180.595g	1.00	-1.00
29	443.100	106.096	106.522	723066.885	3935949.901	188.459g	0.50	-1.00
30	460.000	106.074	106.539	723083.623	3935952.193	194.213g	0.20	-1.00
31	481.250	106.066	106.579	723104.849	3935952.917	201.447g	0.80	-1.00
32	483.867	106.065	106.585	723107.465	3935952.839	202.338g	0.85	-1.00
33	492.098	106.069	106.602	723115.690	3935952.537	202.338g	1.00	-1.00
34	500.000	106.077	106.618	723123.554	3935951.802	209.525g	1.00	-1.00
35	515.200	106.092	106.649	723138.221	3935947.929	223.349g	1.00	-1.00
36	520.000	106.096	106.659	723142.640	3935946.056	227.714g	0.86	-1.00
37	540.000	106.731	106.699	723159.332	3935935.163	245.903g	0.30	-1.00
38	546.300	106.910	106.712	723163.870	3935930.796	251.633g	0.26	-1.00
39	560.000	106.126	106.740	723172.277	3935920.007	264.092g	-0.04	-1.00
40	580.000	106.138	106.781	723180.426	3935901.816	282.281g	-0.49	-1.00
41	583.553	106.144	106.789	723181.315	3935898.377	285.513g	-0.57	-1.00
42	589.600	106.155	106.801	723182.679	3935892.486	285.513g	-0.70	-1.00
43	600.000	106.174	106.820	723185.026	3935882.354	285.513g	-0.40	-1.00
44	620.000	106.209	106.844	723189.538	3935862.870	285.513g	0.18	-1.00
45	631.100	106.246	106.850	723192.042	3935852.056	285.513g	0.50	-1.00
46	640.000	106.307	106.854	723194.050	3935843.385	285.513g	0.65	-1.00
47	660.000	106.339	106.863	723198.562	3935823.901	285.513g	1.00	-1.00

48	680.000	106.452	106.873	723203.074	3935804.416	285.513g	1.00	-1.00
49	700.000	106.565	106.882	723207.586	3935784.932	285.513g	1.00	-1.00
50	720.000	106.674	106.891	723212.098	3935765.448	285.513g	1.00	-1.00
51	740.000	106.752	106.911	723216.610	3935745.963	285.513g	1.00	-1.00
52	760.000	106.821	106.969	723221.122	3935726.479	285.513g	1.00	-1.00
53	780.000	106.889	107.067	723225.634	3935706.994	285.513g	1.00	-1.00
54	800.000	107.029	107.205	723230.146	3935687.510	285.513g	1.00	-1.00
55	820.000	107.230	107.384	723234.658	3935668.026	285.513g	1.00	-1.00
56	831.800	107.470	107.502	723237.321	3935656.530	285.513g	1.00	-1.00
57	834.286	107.527	107.527	723237.881	3935654.108	285.513g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 1 :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	106.344	106.344	722865.460	3936000.345	50.115g	1.00	-1.00
2	10.000	106.481	106.476	722858.402	3936007.429	50.115g	1.00	-1.00
3	20.000	106.558	106.561	722851.343	3936014.513	50.115g	1.00	-1.00
4	30.000	106.600	106.591	722844.285	3936021.597	50.115g	-0.14	-0.14
5	40.000	106.570	106.565	722837.227	3936028.680	50.115g	-0.60	-0.60
6	50.500	106.508	106.504	722829.815	3936036.118	50.115g	0.00	0.00
7	52.000	106.495	106.501	722828.757	3936037.181	50.115g	0.00	0.00
8	60.000	106.417	106.500	722823.110	3936042.848	50.115g	0.00	0.00
9	70.000	106.315	106.500	722816.052	3936049.932	50.115g	0.00	0.00
10	80.000	106.206	106.500	722808.993	3936057.016	50.115g	0.00	0.00
11	84.000	106.130	106.499	722806.170	3936059.849	50.115g	0.00	0.00
12	85.500	106.240	106.492		3936060.912	50.115g	0.00	0.00

				722805.111				
13	90.000	106.911	106.470	722801.935	3936064.099	50.115g	0.18	0.18
14	100.000	106.487	106.419	722794.877	3936071.183	50.115g	0.59	0.59
15	110.000	105.746	106.368	722787.819	3936078.267	50.115g	1.00	1.00
16	120.000	105.677	106.317	722780.760	3936085.351	50.115g	0.45	0.80
17	130.000	105.627	106.267	722773.702	3936092.435	50.115g	0.66	0.66
18	140.000	105.739	106.216	722766.644	3936099.518	50.115g	1.00	-1.00
19	143.609	105.787	106.198	722764.096	3936102.075	50.115g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 2 :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	106.118	106.118	722943.112	3936058.236	68.351g	1.00	-1.00
2	10.000	106.259	106.254	722938.343	3936067.026	68.351g	1.00	-1.00
3	20.000	106.340	106.338	722933.574	3936075.815	68.351g	1.00	-1.00
4	30.000	106.359	106.359	722928.805	3936084.605	68.351g	0.40	0.40
5	40.000	106.344	106.354	722924.036	3936093.394	68.351g	0.16	0.16
6	47.000	106.258	106.350	722920.697	3936099.547	68.351g	0.00	0.00
7	48.500	106.240	106.350	722919.982	3936100.865	68.351g	0.00	0.00
8	60.000	106.130	106.350	722914.497	3936110.973	68.351g	0.00	0.00
9	70.000	106.045	106.350	722909.728	3936119.762	68.351g	0.00	0.00
10	80.500	105.961	106.350	722904.720	3936128.991	68.351g	0.00	0.00
11	82.000	105.949	106.349	722904.005	3936130.310	68.351g	0.00	0.00
12	90.000	105.859	106.317	722900.190	3936137.341	68.351g	-0.21	-0.21
13	100.000	105.743	106.277	722895.420	3936146.131	68.351g	-0.47	-0.47
14	110.000	106.766	106.236	722890.651	3936154.920	68.351g	-0.74	-0.74

15	120.000	105.482	106.195	722885.882	3936163.710	68.351g	-1.00	-1.00
16	130.000	105.602	106.154	722881.113	3936172.499	68.351g	0.50	0.54
17	140.000	105.812	106.114	722876.344	3936181.289	68.351g	1.00	-1.00
18	140.500	105.805	106.112	722876.105	3936181.728	68.351g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 3 :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	106.128	106.128	723037.359	3936091.887	86.761g	1.00	-1.00
2	10.000	106.031	106.031	723035.294	3936101.671	86.761g	1.00	-1.00
3	20.000	105.951	105.959	723033.230	3936111.456	86.761g	-0.21	-0.21
4	30.000	105.924	105.976	723031.165	3936121.241	86.761g	-0.46	-0.46
5	40.000	105.929	106.082	723029.101	3936131.025	86.761g	-0.70	-0.70
6	50.000	105.991	106.226	723027.036	3936140.810	86.761g	-0.12	-0.12
7	52.000	106.008	106.249	723026.623	3936142.767	86.761g	0.00	0.00
8	53.500	106.021	106.255	723026.313	3936144.234	86.761g	0.00	0.00
9	60.000	106.070	106.255	723024.971	3936150.594	86.761g	0.00	0.00
10	70.000	106.099	106.255	723022.907	3936160.379	86.761g	0.00	0.00
11	80.000	106.135	106.255	723020.842	3936170.163	86.761g	0.00	0.00
12	85.500	106.135	106.255	723019.707	3936175.545	86.761g	0.00	0.00
13	87.000	106.136	106.254	723019.397	3936177.012	86.761g	0.00	0.00
14	90.000	106.223	106.240	723018.778	3936179.948	86.761g	0.09	-0.09
15	100.000	106.108	106.190	723016.713	3936189.732	86.761g	0.39	-0.39
16	110.000	105.920	106.140	723014.648	3936199.517	86.761g	0.70	-0.70
17	120.000	105.830	106.090	723012.584	3936209.301	86.761g	1.00	-1.00
18	130.000	105.649	106.040		3936219.086	86.761g	0.48	0.20

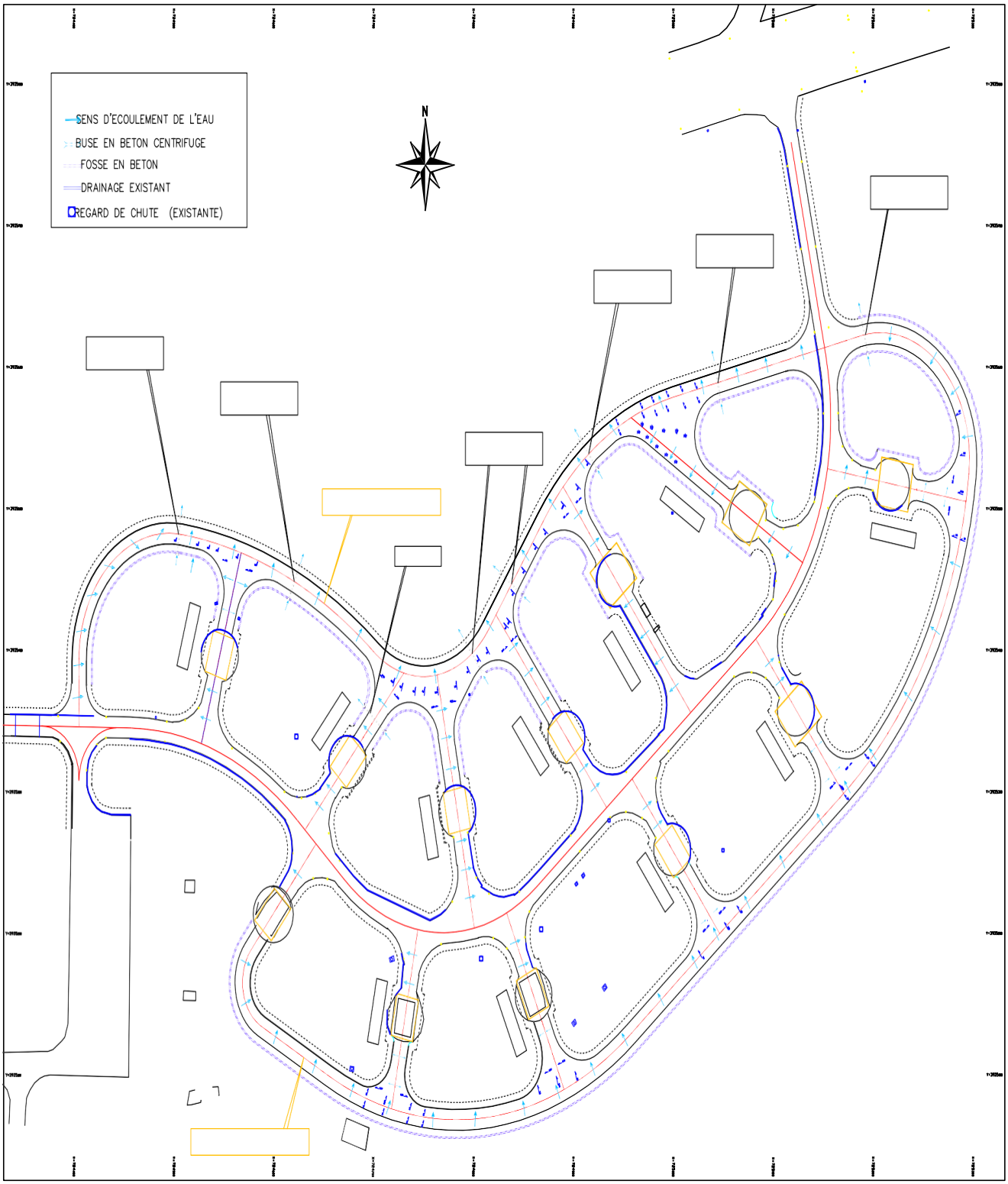
				723010.519				
19	140.000	105.466	105.990	723008.455	3936228.871	86.761g	1.00	-1.00
20	140.513	105.456	105.987	723008.349	3936229.373	86.761g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 4 :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	105.841	105.841	723205.162	3936176.570	169.691g	1.00	-1.00
2	10.000	105.701	105.701	723214.050	3936181.153	169.691g	1.00	-1.00
3	20.000	105.637	105.642	723222.938	3936185.736	169.691g	0.51	0.51
4	30.000	105.614	105.725	723231.826	3936190.319	169.691g	0.76	0.76
5	40.000	105.657	105.895	723240.714	3936194.902	169.691g	1.00	1.00
6	50.000	105.783	106.065	723249.602	3936199.485	169.691g	0.33	0.33
7	55.000	105.831	106.143	723254.046	3936201.777	169.691g	0.00	0.00
8	56.500	105.846	106.150	723255.379	3936202.464	169.691g	0.00	0.00
9	60.000	105.883	106.150	723258.490	3936204.068	169.691g	0.00	0.00
10	70.000	105.974	106.150	723267.378	3936208.651	169.691g	0.00	0.00
11	80.000	106.068	106.150	723276.266	3936213.234	169.691g	0.00	0.00
12	88.500	107.794	106.150	723283.821	3936217.130	169.691g	0.00	0.00
13	90.000	108.245	106.150	723285.154	3936217.818	169.691g	0.00	0.00
14	100.000	105.708	106.130	723294.042	3936222.401	169.691g	0.50	0.50
15	110.000	105.657	106.109	723302.930	3936226.984	169.691g	1.00	1.00
16	120.000	105.605	106.089	723311.818	3936231.567	169.691g	0.22	0.83
17	130.000	105.402	106.068	723320.706	3936236.150	169.691g	1.00	-1.00
18	140.000	105.430	106.048	723329.594	3936240.733	169.691g	1.00	-1.00
19	145.000	105.729	106.038	723334.038	3936243.024	169.691g	1.00	-1.00

Axe Secondaire N° 5 :

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	106.200	106.200	723264.957	3936060.932	169.238g	1.00	-1.00
2	10.000	106.105	106.105	723273.812	3936065.578	169.238g	1.00	-1.00
3	20.000	106.073	106.082	723282.667	3936070.224	169.238g	0.59	0.59
4	30.000	106.028	106.142	723291.522	3936074.871	169.238g	0.75	0.75
5	40.000	106.097	106.290	723300.378	3936079.517	169.238g	0.90	0.90
6	50.000	106.186	106.449	723309.233	3936084.163	169.238g	0.21	0.21
7	53.000	106.210	106.492	723311.889	3936085.557	169.238g	0.00	0.00
8	54.500	106.222	106.500	723313.217	3936086.254	169.238g	0.00	0.00
9	60.000	106.326	106.500	723318.088	3936088.809	169.238g	0.00	0.00
10	70.000	106.470	106.500	723326.943	3936093.455	169.238g	0.00	0.00
11	80.000	106.432	106.500	723335.798	3936098.102	169.238g	0.00	0.00
12	86.500	106.695	106.500	723341.554	3936101.122	169.238g	0.00	0.00
13	88.000	107.234	106.499	723342.882	3936101.819	169.238g	0.00	0.00
14	100.000	106.403	106.440	723353.508	3936107.394	169.238g	0.38	0.38
15	110.000	106.001	106.390	723362.363	3936112.040	169.238g	0.69	0.69
16	120.000	106.009	106.341	723371.218	3936116.687	169.238g	1.00	1.00
17	130.000	106.014	106.291	723380.073	3936121.333	169.238g	0.13	0.19
18	140.000	105.896	106.241	723388.928	3936125.979	169.238g	1.00	-1.00
19	145.003	105.898	106.216	723393.358	3936128.303	169.238g	1.00	-1.00



PLAN D'ASSAINISSEMENT SEUIL 26