

République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



**Ecole Nationale Supérieure  
des Travaux Publics**

المدرسة الوطنية العليا للأشغال العمومية

Code : .....

# Projet de Fin d'Études

*Pour l'Obtention du Diplôme  
d'Ingénieur d'Etat des Travaux Publics*

## Thème

Étude du périphérique nord de la ville  
Zéralda-Cyberparc sur 5.2 km avec étude de  
l'échangeur de Mahelma

*Proposé par :*

**cosider** Travaux Publics  
كوسيدار

*Encadré par :*

Mr : DERRADJI Ayachi.

*Réalisé par :*

Mr : METMER Rabeh.

Mr : SAHARA Yahia.

**Promotion 2012/1433**

*Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics. Garidi. Kouba.*

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



## Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr : **DERRADJI Ayachi** pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.*

*Nous remercions vivement nos familles **METMER** et **SAHARA** pour leur aide matérielle et morale durant toute la période de préparation.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de l'ENSTP qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce présent travail*

*Mr : **KARA Benchohra**.*

*Mr : **BOULARAK Moukhter**.*

*Nous remercions l'équipe de COSIDER travaux publics :*

*Mr : **BAZA Athmane**.*

*Mme : **ZEKRI Zakia**.*

*Mme : **ISSAD Sabrina**.*

*Nous remercions les ingénieurs : **ADJOU Mourad, MABROUKI Khaled, CHAKI Nadir, CHIRIFI Hakim, HARZALLAH Salah, BABAKHOUYA Youcef**.....*

*Ainsi que tous les personnels de l'école, à toute notre promotion pour tous les bons moments qu'on a passés ensemble.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail. Et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*



MERCI



# الإهداء



والصلاة والسلام على أشرف المرسلين محمد بن عبد الله خاتم الأنبياء والمرسلين أما بعد  
أهدي هذا العمل المتواضع..

إلى النبي نبي ربنا وسهرت الليالي لإلهي في السجود  
إلى أحب شخص في هذه الدنيا بعد الله ورسوله.

إلى أمي الحبيبة.

التي فرحت ووما تنجاني وسعدني. أسأل الله أن يطيل عمرها لكي أرو جزءا من خيرها  
إلى النبي جعل مني رجلا لإلهي أفني عمره من أجل راحتي ووراسي  
إلى أبي الغالي.

- ✓ إلى كل الأختوة الأحرار. الخاسي, بلقاسم, الحاج, إلى أختي الغالية مليكة, إلى روح أختي بلقاسم رحمه الله وأسكنه فسيح جنانه.
- ✓ إلى كل الذين عرفهم في مسوار ووراسي إلى كل أصدقائي. بن وادو, نذير, صلاح, باباخو يا يوسف, حكيح, محي, مصطفى, ياسين, نسرين, لانيمة  
جوهر وخامسة
- ✓ إلى كل من أعاننا في إنجاز هذا العمل المتواضع. العباسي, السيد بازة, زكية, صبرينه, مراد عجبو.

إلى أنت أيتها الفارتي

إلى الذين نحبهم ونغزهم مكانهم ليست بين الأسطر والصفحات, إلى مقامهم الأجل وأعلي فالقلب سكنهم والذكرى ذكرهم, والفؤاد لس ينسأهم.

مطهر الدين



# الإهداء

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَالصَّلَاةَ وَالسَّلَامَ عَلَى رَسُولِ اللَّهِ

أولاً بأول أحمد الله تعالى على ما وفقني إليه أما بعد،

أهدي هذا العمل المتواضع، مع خالص شكري :

👍 إلى أمي وأبي وإخوتي وكل عائلة صالحة.

👍 إلى كل من أمانني في مشوار دراستي وكل أصدقائي.

👍 إلى من وفقني في هذا العمل زميلي رابع.

👍 إليك أنت أيها القارئ.

يحي صالحة



# **SOMMAIRE**

|  | <b>Page</b> |
|--|-------------|
| <b>AVANTPROPOS.....</b>  | <b>01</b>   |
| <b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b>   |             |
| 1- Généralités sur la commune de Zéralda.....                                  | 02          |
| 2- Généralités sur le Cyberparc. ....  | 05          |
| <b>CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET</b>                                     |             |
| 1- Cadre de l'étude .....  | 07          |
| 2- Objectifs principaux de l'étude.....  | 08          |
| <b>CHAPITRE II : JUSTIFICATION DE L'ÉCHANGEUR</b>                              |             |
| 1- Introduction. ....  | 10          |
| 2- Conséquences de liaison actuelle sur l'utilisateur et la collectivité. .... | 10          |
| 3- Conclusion.....   | 11          |
| <b>CHAPITRE III : CONCEPTION ET CHOIX DE L'ÉCHANGEUR</b>                       |             |
| 1- Introduction. ....  | 12          |
| 2- Définition. ....  | 12          |
| 3- Caractéristiques géométriques des échangeurs. ....                          | 12          |
| 4- Rôle d'un échangeur .....   | 14          |
| 5- Avantages de l'échangeur .....  | 14          |
| 6- Inconvénients de l'échangeur.....   | 14          |
| 7- Critère de base.....  | 14          |
| 8- Règle de conception.....  | 15          |
| 9- Types d'échangeurs .....  | 15          |
| 10- Choix de site d'implantation.....  | 18          |
| 11- Critères de choix de l'échangeur.....                                      | 18          |
| 12- Application au projet.....   | 19          |
| 13- Les avantages .....  | 21          |
| 14- Les inconvénients.....   | 21          |
| 15- Conclusion .....   | 21          |
| 15-a) 1 <sup>ère</sup> Variante .....  | 21          |
| 15-b) 2 <sup>ème</sup> Variante .....  | 22          |
| 15-c) 3 <sup>ème</sup> Variante .....  | 22          |
| <b>CHAPITRE IV : ETUDE DE TRAFIC</b>   |             |
| 1- Introduction. ....  | 23          |
| 2- Analyse du trafic. ....   | 23          |
| 3- Différents type de trafic. ....   | 23          |
| 4- Modèles de présentation de trafic .....                                     | 23          |
| 5- Calcul de la capacité .....   | 25          |
| 6- Données et analysé de projet.....   | 27          |

## CHAPITRE V : ETUDE GÉOTECHNIQUE

|   |    |
|---|----|
| Introduction. ....  | 30 |
| • Partie de la route. ....  | 30 |
| 1- Identification des matériaux : tronçon du pk 0+000 au pk 2+500. .... | 30 |
| 2- Identification des matériaux : tronçon du pk 2+500 au pk 5+200. .... | 31 |
| 3- Conclusion ..... ..  | 33 |
| • Partie de l'ouvrage. ....   | 33 |
| 1- Présentation du projet. ....   | 33 |
| 2- Cadre géologique. ....   | 34 |
| 3- Lithologie du site. ....   | 34 |
| 4- Travaux de reconnaissance. ....                                      | 34 |
| 4-a)- Essais in situ. ....  | 34 |
| 4-b)- Essais de laboratoire. ....                                       | 34 |
| 5- Interprétation des résultats. ....                                   | 35 |
| 6- Conclusion et recommandations. ....                                  | 38 |

## CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

|   |    |
|---|----|
| 1- Introduction. ....   | 39 |
| 2- La chaussée. ....  | 39 |
| 2-a)- Définition. ....  | 39 |
| 2-b)- Les différents types de chaussée. ....  | 39 |
| 3- Les différents facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée ..... .. | 42 |
| 4- Les principales méthodes de dimensionnement. ....  | 43 |
| 5- Application au projet ..... ..   | 46 |
| 5-a)-Méthode C.B.R.....   | 46 |
| 5-b)- La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves. ....                     | 47 |
| 6- Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support. ....             | 51 |
| 7- Résultats de la simulation ..... ..  | 54 |
| 8- Echangeur. ....  | 55 |

## CHAPITRE VII : TRACE EN PLAN

|  |    |
|--|----|
| 1- Introduction. ....  | 56 |
| 2- Définitions. ....   | 56 |
| 3- Règles à respecter dans le trace en plan. ....                      | 56 |
| 4- Les éléments du tracé en plan. ....                                 | 57 |
| 5- Combinaison des éléments de trace en plan. ....                     | 62 |
| 6- La vitesse de référence. ....                                       | 63 |
| 7- Vitesse de projet. ....   | 64 |
| 8- Paramètres fondamentaux. ....                                       | 64 |
| 9- Échangeur. ....   | 64 |
| 9-a)- Définition. ....   | 65 |
| 9-b)- Types de bretelles. ....   | 65 |
| 9-c)- Caractéristiques des bretelles. ....                             | 65 |
| 9-d)- Principes généraux. ....   | 65 |
| 9-e)- Tracé en plan des rampes (bretelles, boucles). ....              | 66 |
| 10- Description des axes utilisés par le logiciel « PISTE 5.06 ». .... | 68 |
| 11- Calcul d'axe ..... ..  | 68 |
| 12- Exemple de tracé en plan. ....                                     | 69 |

|   |    |
|---|----|
| 12-a)- Périphérique nord Zéralda-Cyber parc ..... | 69 |
| 12-b)- L'échangeur de Mahelma.....                | 70 |

## **CHAPITRE VIII : PROFIL EN LONG**

|   |    |
|---|----|
| 1- Introduction. ....                                       | 72 |
| 2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long. .... | 72 |
| 3- Coordination du tracé en plan et profil en long. ....    | 73 |
| 4- Déclivités. ....   | 73 |
| 5- Raccordements en profil en long. ....                    | 74 |
| 5-a) Raccordements convexes (angle saillant). ....          | 74 |
| 5-b) Raccordements concaves (angle rentrant). ....          | 75 |
| 6- Détermination pratique du profil en long. ....           | 76 |
| 7- Raccordement des dévers. ....                            | 78 |
| 8- Exemple de calcul de profil en long. ....                | 79 |
| 9- Application au projet. ....                              | 80 |
| 10- Exemple de profils en long. ....                        | 81 |
| 10-a) Périphérique nord Zéralda-Cyberparc .....             | 81 |
| 10-b) L'échangeur de Mahelma .....                          | 81 |

## **CHAPITRE IX : PROFIL EN TRAVERS**

|   |    |
|---|----|
| 1- Définition. ....                             | 83 |
| 2- Les éléments du profil en travers. ....      | 83 |
| 3- Classification du profil en travers. ....    | 85 |
| 4- Profil en travers de la route. ....          | 85 |
| 5- Profil en travers des bretelles. ....        | 85 |
| 6- Profil en travers sous l'ouvrage d'art. .... | 86 |
| 7- Profil en travers sur l'ouvrage d'art. ....  | 86 |
| 8- Profils types de projet .....                | 87 |
| 8-a) – Périphérique nord Zéralda-Cyberparc..... | 87 |
| 8-b) – L'échangeur de Mahelma .....             | 87 |

## **CHAPITRE X : LES CUBATURES**

|   |    |
|---|----|
| 1- Introduction. ....                         | 88 |
| 2- Cubatures des terrassements. ....          | 88 |
| 3- Méthode de calcul des cubatures. ....      | 88 |
| 4- Calcul des cubatures de terrassement ..... | 90 |

## **CHAPITRE XI : OUVRAGE D'ART**

|   |    |
|---|----|
| 1- Introduction. ....                       | 91 |
| 2- Les types des ouvrages. ....             | 91 |
| 3- Présentation et choix des ouvrages ..... | 93 |

## **CHAPITRE XII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT**

|  |     |
|--|-----|
| 1- Introduction .....                                      | 94  |
| 2- Portée de l'étude d'impact sur l'environnement. ....    | 94  |
| 3- L'environnement au niveau de l'étude préliminaire ..... | 95  |
| 4- L'impact sur l'agriculture. ....                        | 96  |
| 5- L'impact sur la nature. ....                            | 96  |
| 6- L'impact sur le milieu humain. ....                     | 101 |
| 7- Conclusion .....  | 102 |

## **CHAPITRE XIII : ASSAINISSEMENT**

|  |     |
|--|-----|
| 1- Introduction. ....                                      | 103 |
| 2- Drainage des eaux. ....                                 | 104 |
| 3- Ouvrage de drainage. ....                               | 104 |
| 4- Choix de la fréquence de pluie. ....                    | 105 |
| 5- Dimensionnement du réseau d'assainissement projet. .... | 105 |
| 6- Assainissement de la plate-forme. ....                  | 107 |
| 7- Application au projet. ....                             | 108 |

## **CHAPITRE XIV : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE**

### **1<sup>ER</sup> PARTIE SIGNALISATION**

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 1- Introduction. ....               | 110 |
| 2- Dispositifs de retenue. ....     | 110 |
| 3- Les types de signalisation. .... | 110 |
| 4- Application au projet. ....      | 113 |

### **2<sup>EME</sup> PARTIE ECLAIRAGE**

|  |     |
|--|-----|
| 1- Introduction. ....                                | 115 |
| 2- Catégories d'éclairage. ....                      | 115 |
| 3- Paramètres de l'implantation des luminaires. .... | 116 |
| 4- Application au projet. ....                       | 116 |

## **CHAPITRE XV : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF..... 117**

## **CONCLUSION GENERALE.....119**

## **BIBLIOGRAPHIE.....120**

## **ANNEXES**

# AVANT PROPOS

## AVANT PROPOS

En fin de chaque cycle de formation, l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics (**ENSTP**), prévoit dans son programme, du deuxième semestre de la cinquième année un travail de fin d'étude qui s'étale sur une durée de trois (03) mois.

L'objectif de ce travail, est d'étudier un projet réel afin de permettre de :

- compléter les connaissances théoriques acquises durant les cycles de formation.
- s'imprégner du monde du travail.
- connaître les missions et les responsabilités d'un Ingénieur d'Etat.

De ce fait l'élève Ingénieur, est appelé à fournir beaucoup d'efforts, faire des observations, des remarques afin de présenter un travail étoffé.

Dans ce cadre, aujourd'hui en Algérie, le trafic routier a connu une évolution rapide, le réseau routier existant qui supportent ce trafic dont un pourcentage important du poids lourds, nécessite des aménagements appropriés pour endiguer le phénomène de congestionnement.

L'objectif des ces mesures est d'assurer la sécurité et le confort des usagers tout en respectant l'environnement.

Ce présent projet de fin d'études consiste à réaliser **périphérique nord ZERALDA-CYBERPARC sur 5.2 Km avec l'étude de l'échangeur de MAHELMA** proposée par **COSIDER travaux publics**.

L'objectif visé par ce projet est de fluidifier, en premier lieu, le trafic sur cet axe en le débarrassant de toutes les entraves et, en second lieu, lui offrir une liaison routière rapide en cohérence avec le développement futur.

Notre mémoire se termine par une soutenance qui se fera en présence d'un jury qui nous fera l'honneur de juger notre étude et de nous diriger par leurs conseils précieux.

**Le projet s'articulera sur deux axes principaux à savoir pour l'échangeur :**

- Phase d'Avant-Projet Sommaire (APS).
- Phase d'Avant-Projet Détaillé (APD).

# **INTRODUCTION**

## **GÉNÉRALE**

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

La ville d'ALGER, en raison de l'importance économique et commerciale qu'elle revêt, sa position géographique lui permettant d'être le trait d'union principal non seulement entre les autres grandes villes voisines mais aussi au sein d'elle-même : véritable pôle stratégique d'échange de toute sorte et avec une forte croissance de motorisation.

Cette croissance socio-économique impose la préservation et la rénovation des moyens de communication notamment dans le domaine de travaux publics.

Pour un souci de maintenir la phase entre motorisation et infrastructure de transports d'une part et d'autre part répondre à la demande de transport, un véritable programme de modernisation et d'élargissement du réseau routier Algérois a été pensé conformément aux recommandations du journal Algérien sur la politique des infrastructures et leur intégration dans une politique de développement durable.

Dans notre domaine de travaux publics plusieurs types de transports parmi celle-ci les réseaux routiers qui induit un flux migratoire arrivant de plusieurs régions. Tout ça a intervenu largement dans l'augmentation rapide du parc automobile, cette situation nous demandera de prendre conscience la capacité de la route, Pour cela, le ministère des travaux publics a inscrit plusieurs projets des ouvrages d'arts portant sur l'aménagement des carrefours, et réalisation des ponts.

## 1-GÉNÉRALITÉS SUR LA COMMUNE DE ZÉRALDA

### 1- Le contexte général :

#### 1.a) Administration :

- Nom algérien : زرالدة -Zéralda
- Wilaya : ALGER
- Daïra : Zéralda
- Code postal : 16001
- Code ONS : 1646

#### 1.b) Aperçu historique :

- Selon certains historiens on attribue le nom de **Zéralda** à l'installation dans la région de Sidi Ménif d'un homme de culte venu de l'ouest nommé **Mohamed Zeradli**.
- Le village de Zéralda est fondé en 1844.

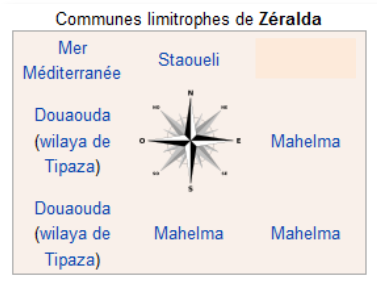
- Dépendant du district de koléa le village passera sous l'autorité de chéraga en 1860, avant d'être rattaché en 1887 à la commune de staoueli.
- 1905, Zéralda devient une commune de plein exercice.
- Jusque-là Zéralda reste très peu habitée, on y trouve surtout des personnes refoulées de la ville.
- Au début du XXe siècle avec l'apparition de la phylloxera dans la Mitidja, de plus en plus de colons sont venus s'y installer pour y implanter la culture de la vigne.
- 1962, la commune qui ne comptait que 3000 habitants avant l'indépendance va voir sa population décupler en 30 ans avec un fort mouvement migratoire des régions du titteri (Berrouaghia, Tablat, Aïn Defla).
- 1981, inauguration du village socialiste Agricole de Mazafran.

### 1.c) Situation géographique :

Coordonnées : 36°43'05''N  
2°51'01''E

La Commune de **Zéralda** se situe à environ de **24 Km** au sud-ouest d'Alger, elle s'étend sur une superficie de 31,46 km<sup>2</sup> (et sur 111 Km<sup>2</sup> de tout la daïra de Zéralda regroupant 05 communes) est limitée :

- Au nord : Staouali et mer Méditerranée.
- Au sud : Mahelma et Douaouda (Wilaya de Tipaza).
- A l'Est par Mahelma.
- A l'ouest par Douaouda.



Les frontières de la ville de Zéralda



Wilaya d'Alger

### 1.d) Relief et hydrographie :

**Zéralda** est située sur une vaste plaine du sahel algérois en légère déclivité et qui débouche sur des plages de sable fin (la ville de Zéralda située à **1,5 km** de la mer)

- la commune de **Zéralda** dans une zone à relief plats.
- Les altitudes moyennes varient entre 87 et 100 m.
- Au sud-ouest on trouve l'oued Mazafran et au nord-est l'oued Mahelma dit aussi "ravin des voleurs".
- Au sud il y a une forêt de 600 hectares appelée "forêt des planteurs".

## 1.e) Démographie :

Évolution démographique : source ONS

Avec une densité de **1639 hab/Km<sup>2</sup>**.

| 1987  | 1998  | 2008  |
|-------|-------|-------|
| 20484 | 33047 | 51552 |

## 1.f) Climatologie :

La commune de **Zéralda** subi de par sa position géographique, une influence de la mer, Jouissant donc d'un climat de type méditerranée corrigé par des particularités continentales.

La pluviométrie est assez élevée, entre 100 et 400 mm en moyenne par an, les principales précipitations en général sont enregistrées entre octobre et avril, et les mois secs se situent quant à eux de juin à septembre.

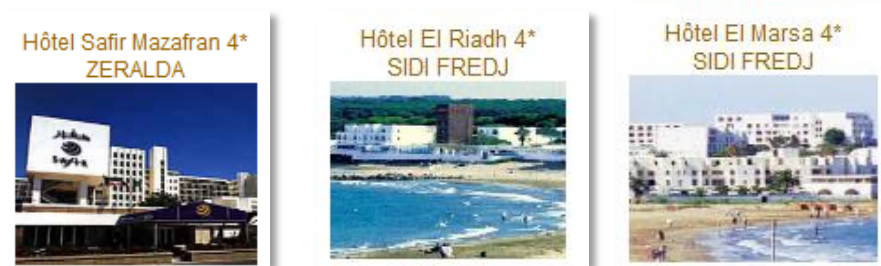
La température subi la même variation saisonnière, mais les passages de la saison froide à la saison chaude et vis versa, se font de façon continue par des demi-saisons très marquées.

Température (moyenne) :

- Hiver : maximum 10°.
- Eté : maximum 36°.

## 1.g) Economie :

**Zéralda** s'est fortement développée autour de l'activité touristique et hôtelière, cependant, elle reste une région agricole avec particulièrement la culture maraichère. Il existe plusieurs coopératives agricoles à travers la commune.



- Complexe touristique les sables d'or.
- Hôtel Safir Mazafran.
- Hôtel Sables d'Or.
- Centre d'affaires.
- Complexe aquatique "Terra Parc".
- Complexe technologie Cyber parc.

**1.h) La circulation routière :** A **Zéralda** comme dans la plupart des villes, les exigences de la circulation automobile souvent prises en compte prioritairement on conduit à laisser aux piétons que des accotements réduits et ceux-ci ne sont pas aménagés en trottoirs.

L'agglomération chef lieu de Zéralda en tant que circonscription regroupent un grand nombre service d'équipement et d'administration, surtout entre ville, se traduisant par un grand volume de déplacement des automobilistes, ces insuffisances relevées obligent souvent les piétons à investir la chaussées qui supporte dans certains endroit un trafic assez élevés, cette situation perturbe la circulation en générale et contribue en partie au ralentissement d'écoulement du trafic.

Si l'on tient compte des caractéristiques particulières de la ville de Zéralda l'infrastructure routière d'une manière générale est importante et tend à s'améliorer et à se développer d'avantage au même titre que les autres secteurs, et nécessite une étude approfondie.

## 2-GÉNÉRALITÉS SUR LE CYBERPARC

La libration du secteur de télécommunication et la reforme de secteur postale en constituer les premiers étapes de la transition de l'Algérie vers une économie de l'information ce dont cet optique on a peuplé la création à Alger d'un parc technologique.



Le **Cyberparc** de Sidi abdellah est une zone de 80 hectares qui appartient de l'agglomération nouvelle de Sidi abdellah, le ministère de la poste et de technologie de l'information et télécommunication a convoqué un concours internationale pour le projet de trois bâtiments intelligents, la proposition de Peres Garas Algérie a été retenue, un auditorium de 600 places, un hôtel 5 étoiles de 150 chambres, le siège de l'agence pour une administration de Cyber parc. Ce projet prévoit la création de 3 bâtiments technologiques d'avant-garde construit à partir la structurelle géométrique la réimplantation cherche la création intis urbain, les volumes architectonique et les espaces extérieurs s'intégra meunieusement.

L'unité de conception se retrouve dans chaqu'un des éléments et s'exprime par les formes, les symétries, les relations spatiales et par les matériaux utilisés : béton, verre, pierre, ainsi inoxydable brillant et oxydable rougeole, le bâtiment de l'auditorium est un cube à léger par une coupure a diagonale situé à 4eme niveau. Il s'ouvre sous des

terrasses extérieures, le grand self-service de l'auditorium donne sous la place centrale de l'hôtel, les quatre premiers étages comprennent les bureaux administratifs, cafeteria, salle de presse, salle de réunion, service de vidéo, conférence, médiathèque. auditorium : 600 personnes, projection, traduction, éclairage son deux promenoirs, salle d'accueil.

L'hôtel situé en face à l'auditorium est aligné sur l'axe diagonal, il est formé par deux tours situés sur un cycle a deux niveau celle-ci est en cadre à bren ou dont l'entrée est couverte une toiture complètement vitré de nonce de l'auditorium le rez-de-chaussée est au niveau inférieur avec le restaurant de self-service le piano bar les boutiques ainsi que tous les services c'est le cout technique indispensable les deux tours relis par une passerelle sur trois niveaux il berge 156 chambres dans 8 suites junior et 2 suites présidentielles, deux piscines et un restaurant panoramique occupent les deux derniers niveaux deux rompes latérales permettent l'accès à un parking de 180 places, il est pouverz d'un système intelligents le détection de places libres.

Le club sportif dispose une grande piscine deux pistes de tennis un minigolf , le siège administratif est formé par trois blocs envers situé sur un porte a fou sur un terrain en pente douce laisse en plain cette grande surface aménagée en jardin ce volume se relie en trou par de passerelle couverte un petit escalier en point situé l'élément central facilite l'entrée en siège, l'accès en parking souterrain se fait pour des rompes symétriques toute l'ajustion interne externe de trois bâtiments sera confié cette trois centres de contrôle de Cyberparc il assura la coordination et mis en fonction de tous les paramètres des décision de contrôle intelligent tel que confort intérieur contrôle des accès alimentation fluide ces trois bâtiments forme la première tranche de réalisation prévu dans le Cyberparc ils annonce qui a pour but la création d'un pôle d'interaction et de référence pour une nouvelle relation des entreprises et citoyens l'intention architecturale a été difformé les buses sou les plus image et la conception urbaine pour les futures projet de **Cyberparc** dans le nouveau cadre de l'économie de savoir.



# **CHAPITRE I :**

# **PRÉSENTATION DU**

# **PROJET**

## CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET

### 1-Cadre de l'étude :

Ce projet de fin d'étude fait partie intégrante de l'opération liaison de la ville de Zéralda avec le pôle technologie et touristique Cyberparc à partir de grand projet de nouvelle ville technologie de Sidi Abdallah dont les points de raccordement origine extrémité sont respectivement carrefour giratoire et l'échangeur de l'entre au cyber- par cet aussi il existe une trémie après l'échangeur de Cyberparc entre de tous ces points on a l'échangeur de Mahelma qui nous intéresse.

La longueur totale du périphérique Zéralda Cyberparc 5.2 Km mais dans notre étude nous intéressent dans le tronçon de PK 0+350 au PK 5+200 par ce que PK0+00 c'est un center de giratoire il y a autre projet fin d'étude pour le giratoire.

Le périphérique Zéralda cyberparc croise avec la RN63 au niveau de PK 2+200 pour donner l'échangeur du Mahelma.

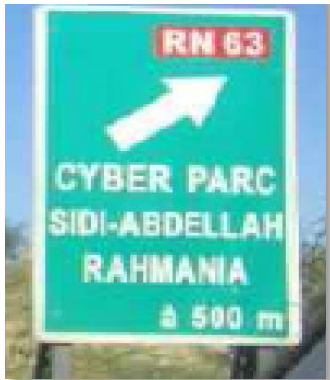
**Remarque :** la RN63 : Aïn Naâdja (Gué de constantine) – Birkhadem – Saoula – Khraïcia – Douéra – Rahmania – Mahelma – Zéralda – Sables d'Or.



Point d'intersection le périphérique Zéralda-cyber parc avec la RN 63



Périphérique nord Zéralda-Cyberparc et point d'intersection avec RN 63 pour  
donnée l'échangeur de Mahelma



500m entre Mahelma et  
le Cyberparc RN 63



Dans la RN63 ; 4Km entre  
Zéralda et Cyberparc

## 2-Objectifs principaux de l'étude :

L'objectif principal assigné au projet est d'assurer une fluidité de la circulation et de sécuriser le voyageur sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanente.

Le travail que nous allons vous présenter, est structuré en quatre parties :

- ✓ Justification du projet.
- ✓ Proposition des variantes en fonction des perspectives d'aménagement et de réalisation.
- ✓ Choix des variantes qui répond aux critères suivants :
  - Economique.
  - Sécurité.
  - Environnement.
- ✓ Présentation de l'étude d'A.P.D de la variante retenue.



Fig 01 : Notre tracé sur l'image de Google Earth



Fig. 02 : Notre tracé sur la carte d'état-major

**CHAPITRE II:**  
**JUSTIFICATION DE**  
**L'ÉCHANGEUR**

## CHAPITRE II : JUSTIFICATION DE L'ÉCHANGEUR

### 1-Introduction :

Profiter abusivement d'une infrastructure, c'est de la faire travailler ou bien fonctionner de la meilleure manière, ceci selon les normes et les mesures réglementaires qui correspondent parfaitement à l'objet.

La bonne conception de l'échangeur est un enjeu essentiel de l'exploitation, mais la mauvaise exploitation de l'échangeur provoque de graves conséquences sur les usagers comme les accidents, perte de temps, bruit, et la consommation du carburant.

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents paramètres ayant conditionnés le choix de la conception :

- Perte de temps.
- La sécurité.
- Le confort.
- Les dépenses de la consommation d'usure des véhicules.

### 2-Conséquences de liaison actuelle sur l'utilisateur et la collectivité :

#### 2-a) Perte de temps :

On sait bien que le temps c'est de l'argent et ce dernier joue un rôle très important dans le développement d'une société. Pour les usagers empruntant l'échangeur, on remarque une perte de temps considérable à cause d'un éventuel barrage militaire qui va gêner la circulation.

#### 2-b) Dépenses de consommation et d'usure des véhicules :

##### ✓ Toxicité et usure des moteurs :

La toxicité que provoque un moteur et d'usure de celui-ci dépendent des conditions de l'écoulement de la circulation. Le seuil critique est atteint lorsqu'il y a d'une part une succession d'accélération et de freinage et d'autre part lorsque le moteur fonctionne selon un régime à vide ce qui provoque un dégagement intense de fumée et crée plusieurs problèmes comme :

- Pollution de l'environnement.
- Manque de visibilité. L'usure du moteur est plus intense car la fumée pénètre dans l'huile le rendant moins efficace.

### ✓ **Consommation de carburant :**

La consommation de carburant par les véhicules l'une des plus importantes préoccupations d'un conducteur en raison de l'augmentation croissante du prix du carburant.

C'est claire que plus la vitesse est faible, plus la consommation est très élevée, ce qui est le cas dans les encombrements et les files d'attentes.

### **2-c) Sécurité :**

L'ouverture de la center technologie cyber parc ainsi que la route qui relie ce dernière a la ville de Zéralda va causer Des problèmes au niveau de l'intersection avec la RN63 qui sont dus essentiellement au :

- Cisaillement.
- Mauvaise visibilité.

### **2-d) Confort :**

Renflements des moteurs et klaxons des véhicules empruntant le carrefour (bruit cause par le trafic).

### **3-Conclusion :**

A cause de perte de temps, les accidents (peut-être), bruits, les dépenses de la consommation d'usure des véhicules etc..., Tous ces facteurs influent de façon négative sur le comportement et l'activité quotidienne de l'individu.

C'est pour cela notre projet de réalisation de l'échangeur de Mahelma aura pour but d'assurer une fluidité de la circulation et procurera aux usagers et à la collectivité des avantages qui justifient la dépense engagée, tout en ayant une économie d'utilisation supérieure à l'économie de réalisation.

**CHAPITRE III :**  
**CONCEPTION ET**  
**CHOIX DE**  
**L'ÉCHANGEUR**

## CHAPITRE III : CONCEPTION ET CHOIX DE L'ÉCHANGEUR

### 1-Introduction :

Si l'intensité de la circulation devient trop forte (voir l'étude de trafic) pour s'accommoder d'un écoulement intermittent des véhicules et surtout lorsque l'importance des itinéraires n'est pas compatible avec les systèmes d'arrêt et de reprises, on est conduit à supprimer le carrefour plan en faisant le croisement des routes à des niveaux différents.

### 2-Définition :

L'échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir.

Les croisements à niveau sont éliminés complètement aux conflits de virage ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les désignera par:

- **Nœud** : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide.
- **Diffuseur** : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
- **Mixte** : quand il assure en plans des échanges avec voirie locale.

### 3-Caractéristiques géométriques des échangeurs :

Tout échangeur quel que soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

- Pont.
- Carrefour (s) plan (s).
- Bretelles.

#### ❖ **Pont :**

Le fait qu'on parle d'échangeur « qui n'est rien d'autre qu'un carrefour dénivelé implique impérativement une dénivellation de courant qui est assurée par le passage supérieur, ce passage supérieur est un ouvrage d'art désigne pont.

Le nombre d'ouvrage d'art « pont » dans un échangeur est en étroite relation avec :

- Le type d'échangeur choisi.
- La condition de coordination profil en long-tracé en plan.
- Les contraintes du terrain d'implantation.
- Les instructions et réglementation de conception.

### ❖ Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement sur les raccordements autoroute-route ordinaire, leur aménagement doit tenir compte des facteurs sécurité commodité et débit un compromis entre ces conditions doit être recherché.

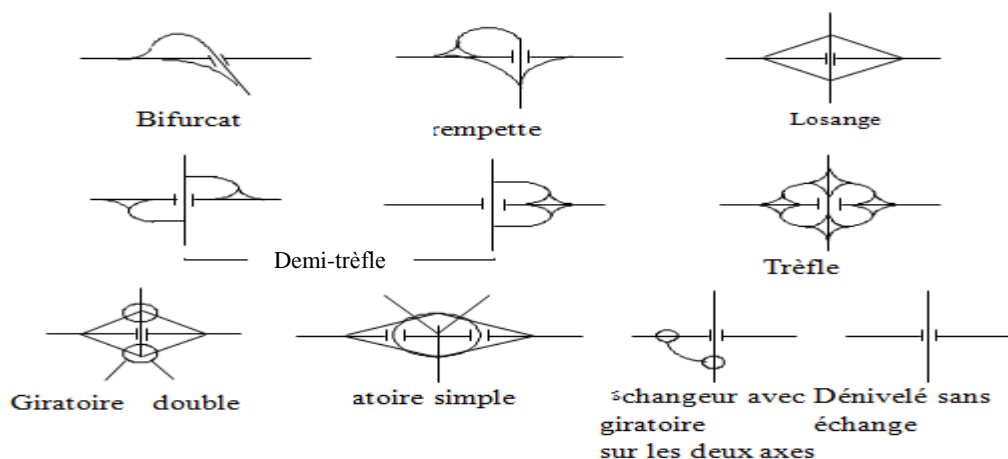
### ❖ Bretelles :

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent de/et vers l'autoroute « route ordinaire » du côté droite de la chaussée considérée, terminer à une de ses extrémités par une voie de décélération et à l'autre par des voies d'accélération, comportant une section de manœuvre et une section de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

### ❖ Type de bretelles :

Il y a trois type de bretelles, leurs combinaisons nous donnent plusieurs types d'échangeurs et leurs utilisations et en fonction du débit qu'elles vont écouler.

| Bretelle                 | boucle | diagonale | anse      |
|--------------------------|--------|-----------|-----------|
| Débit de pointe<br>(v/h) | <1500  | 500-1000  | 1000-2000 |



Les caractéristiques géométriques fondamentales des bretelles sont résumées dans le tableau suivant :

|                                  |              | Symbole        | Valeurs limites pour une vitesse de base $V_B$ (km/h)  |             |             |             |             |             |
|----------------------------------|--------------|----------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                  |              |                | 30   | 40          | 50          | 60          | 70          | 80          |
| <b>Rayon minimum<br/>En plan</b> |              | <b>R (m)</b>   | <b>25</b>  | <b>50</b>   | <b>80</b>   | <b>130</b>  | <b>190</b>  | <b>280</b>  |
| <b>déclivité</b>                 | <b>rampe</b> | <b>+i (%)</b>  | <b>6.0</b>   |             |             |             |             |             |
|                                  | <b>pente</b> | <b>-i (%)</b>  | <b>6.0</b>   |             |             |             |             |             |
| <b>Rayon convexe<br/>minimum</b> |              | <b>RV (m)</b>  | <b>500</b>   | <b>1000</b> | <b>1500</b> | <b>2000</b> | <b>2800</b> | <b>4000</b> |
| <b>Rayon concave<br/>minimum</b> |              | <b>R'V (m)</b> | <b>250</b>   | <b>500</b>  | <b>750</b>  | <b>1000</b> | <b>1400</b> | <b>2000</b> |
| <b>dévers</b>                    | <b>Min</b>   | <b>d (%)</b>   | <b>2,5</b>   |             |             |             |             |             |
| <b>dévers</b>                    | <b>Max</b>   | <b>d (%)</b>   | <b>7,00</b>  |             |             |             |             |             |
| <b>largeur</b>                   |              | <b>l (m)</b>   | <b>4m (7m pour une bretelle à 2 voies)<br/>sur largeur à prévoir si <math>R &lt; 1000</math> m</b> |             |             |             |             |             |

#### 4. Rôle d'un échangeur :

L'échangeur a pour rôle d'assurer la continuité des réseaux autoroutiers et de desservir plusieurs directions en même temps en distribuant les flux dans les différentes directions selon l'ordre d'importance et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité tout en évitant les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents, et les points d'arrêt provoquent des pertes de temps.

#### 5-Avantages de l'échangeur :

Les avantages de l'échangeur sont :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonnes conditions de confort et de sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents.
- Evite les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérable « problèmes d'encombrement bouchon ».
- Evite les contraintes d'arrêt et de reprise.
- Assure la continuité du réseau autoroutier.

#### 6-Inconvénients de l'échangeur :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être pleinement justifiée.

#### 7-Critère de base :

Le type d'échangeur à adopter est fonction de :

- L'intensité de trafic.
- L'importance des différents courants tournant avec leurs volumes de trafic.
- Les contraintes qui peuvent se poser lors de l'étude et au cours de la réalisation (terrain d'implantation).

### 8-Règle de conception :

La conception est l'étape la plus déterminante d'un projet puisqu'elle tient compte du prix de revient comparativement aux avantages procurés à moyen et long terme, est pour alléger son prix de revient en évite :

- Passage sur terrain agricole.
- Les longs alignements droits.
- Les terrassements importants.
- Passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- Passages sur les oueds ou leur voisinage pour ne pas avoir d'ouvrage d'art à construire et de murs de soutènement.
- Les sections à forte déclivité.
- Les sites en courbures à faibles rayons.

### 9-Types d'échangeurs :

La conception d'échangeur est toujours influencée par plusieurs facteurs comme la catégorie de l'autoroute caractères et composition du trafic, la vitesse désignée et le degré de maîtrise d'accès.

Ces contrôles demandent plus d'exigences, économiques de terrains et de droit de passage doit requière d'une grande importance lors de la conception adapter à la capacité du trafic, offrant sécurité.

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et détendue aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types donnaient des formes plus complexes. Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle a considéré, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs :

- Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

### 1- Echangeurs majeurs :

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute sans qu'il y a cisaillement dans les deux autoroutes à raccordement sont :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

### 1-a) Type trèfle complet :

Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art, et la nécessité permettre les boucles et nécessairement lente, et la nécessité d'y incorporé des voies collectives et distributrices pour permettre les entrée sans croisement le rend finalement très coûteux.

Mais lorsqu'il n'y a pas d'importants courants trouvant le trèfle du point de vue coût de construction est le plus économique.

Son encombrement le fait exclure dans les sites de topographie difficile et pour les niveaux de raccordement trop différent on dans les zones urbaines.

Le carrefour en trèfle à l'inconvénient de présenter les longs des trajets compliqués pour les itinéraires des tournes à gauche sur des courbes à petit rayon réduit la vitesse et en conséquence le débit horaire. Sa dépense ne peut être justifiée que pour le plus important croisement de routes à très forte circulation.

Pour remédier aux défauts du trèfle le schéma directionnel ou semi-directionnel le permet « sous toute réserve », au moins il est intéressant d'y avoir recours pour les liaisons les plus importantes particulièrement en site urbain.

### 1-b) Type bifurcation « Y » :

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détaché par la droite de tronc principal on rejoignant par la droit le même tronc principal.

Ce type comporte un ouvrage biais qui fournit une exilant liaison avec les caractéristiques autoroutières continues.

**N.A** : pour le raccordement plus que quatre branches on a recours soit :

- Au giratoire qui comporte ou moins un ouvrage d'art.
- Au directionnel qui comporte beaucoup d'ouvrage d'art.

### 2-Echangeur mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernent par le raccordement sont :

- Losange.
- Demi-trèfle.

## 2-a) Type losange :

Il est composé de quatre diagonal unidirectionnel est un carrefour à niveau sur la route secondaire, les quatre diagonal sont symétrique entre elle par rapport à l'axe de l'autoroute il est adapté principalement pour une distribution symétrique des trafics d'échange.

### ➤ **Avantage :**

- Bretelles directes ce qui permet de pratiquer une grande vitesse.
- Un schéma simple.
- Construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas.
- Permettre une déviation suivant les diagonal, pour le passage de convoi exceptionnel par exemple.

### ➤ **Inconvénients :**

- L'emprise « il occupe quatre quadrants ».
- Subsistent des cisaillements sur la route secondaire qui exige un aménagement de carrefour.

## 2-b) Type demi-trèfle :

Comporte deux boucles et deux diagonales et un carrefour à niveau sur la route secondaire, il est envisagé de préférence au schéma de type losange dans le cas en particulier d'une distribution nettement dissymétrique des trafics d'échange dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrée ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité.

### ➤ **Avantage :**

- Emprise réduite « occupe deux quadrants ».
- Construction économique.

### ➤ **Inconvénients :**

- Schéma moins directionnel.
- Ouvrage de franchissement très large.
- Circulation lente dans les boucles.
- Cisaillement sur la route secondaire.

### **Nota :**

Généralement on a deux types de demi-trèfle :

- Demi-trèfle symétrique.
- Demi-trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

## 2-c) Trempette :

Utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte :

- Alignement droit commun à toutes les bretelles.
- Une boucle « entrée ou sortie ».
- Une diagonale de sortie.

## 10- Choix de site d'implantation :

La conception de l'échangeur exige nécessairement la connaissance de site d'implantation qui permet de mieux apprécier la topographie générale du terrain d'une part ainsi que les contraintes particulières posées par l'existence des constructions publiques et les propriétés privées afin d'éviter les grosses sommes d'indemnisation.

Le site d'implantation doit permettre en particulier la possibilité d'appliquer les normes, notamment en ce qui concerne le dimensionnement des accès et les contraintes de visibilité.

Il est conseillé d'éviter au maximum le choix du site :

- dans des zones de grands déblais
- en courbe de faible rayon
- dans les sections de forte déclivité
- en point haut de profil en long.

## 11- Critères de choix de l'échangeur :

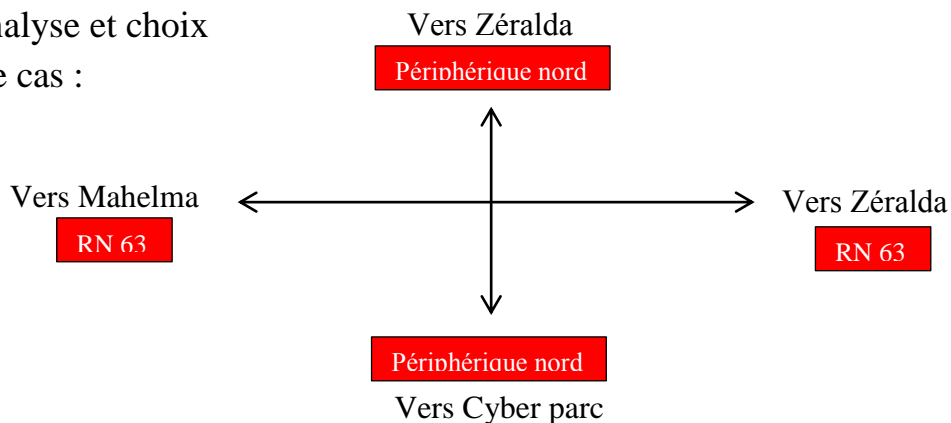
La connaissance des différents types d'échangeurs existants, de leurs propriétés « avantages, inconvénient... » et la limite de leur utilisation, permettent de choisir la configuration la plus adoptée ou cas qui présente.

Donc le choix du type de l'échangeur devient automatique après la détermination de certains paramètres bien spécifiques au site d'implantation et aux objectifs à atteindre.

Une bonne conception d'échangeur nécessite :

- Détermination de tracé.
- projection de plusieurs variantes d'échangeurs.
- Analyse et choix

Dans notre cas :



- ✓ **Etape 1** : détermination du tracé à partir de :
  - présentation du site d'implantation.
  - type de route et nombre de branches à raccorder.
  - distribution du trafic avec différents sens de parcours.
  - Vitesse d'approche pratique qui détermine les caractéristiques sur la bretelle.
- ✓ **Etape 2** : configuration de tracé à adoptés :
  - L'échangeur à adopté doit aussi assurer un haut niveau de sécurité et de service, et ceci est garante en respectant les normes de l'art de la conception qui se résume :
    - tracé respectant les valeurs limitées de conception « valeurs de rayon, d'alignement... »
    - longueurs des voies « insertion, décélération » réglementaires.
- ✓ **Etape 3** : analyse :

C'est cette dernière étape qui valide le choix sous la base que le futur échangeur doit assurer les meilleures conditions de visibilité, de confort, et de sécurité.

## 12-Application au projet :

### 1<sup>ere</sup> Étape : détermination du tracé à partir de :

#### ➤ Terrain :

- le terrain devant recevoir le futur échangeur est en grande partie agricole et propriété privé.
- terrain plat
- carrefour plan.

#### ➤ Types de route raccordée :

L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre :

- RN63 (Zéralda vers Mahelma) ont un profil en travers 1 × 2 voies et nous considérant comme route secondaire.
- Périphérique Zéralda-cyber parc sera 2 × 2 voies (dans le chapitre de dimensionnement des coups de chaussée).
- ❖ Donc notre échangeur est de type :

**ÉCHANGEUR MINEUR**

#### ➤ Vitesses sur les bretelles :

D'après le B40 on a :

- la vitesse sur le périphérique est de  $V_r = 80$  km/h.
- la vitesse sur l'échangeur est de  $V_r = 40$  km/h.

➤ **Distribution du trafic :**

- le croisement est de quatre branches, la répartition de trafic n'est pas symétrique.
- l'échangeur distribue le trafic dans quatre directions.

➤ **Conclusion :**

- Terrain plat.
- Vitesse = 40 Km/h.
- Echangeur mineur.
- Trois (3) sens par ce que la RN63 et le périphérique ils y même origine.

La typologie d'échangeur répondant à la majorité de ces critères est-le :

**ÉCHANGEUR EN TREMPETTE**

**2<sup>ème</sup> Étape : configuration de tracé à adopter :**

➤ **Tracé :**

Valeurs limite sur la bretelle pour une vitesse 40 km/h.

➤ **Rayon des boucles :**  $R_{\min} = 40 \text{ m.}$

$R_{\max} = 75 \text{ m.}$

➤ **Rayon des diagonales :**  $R_{\min} = 80 \text{ m.}$

$R_{\max} = 200 \text{ m}$

➤ **Voie de décélération :** longueur de la voie de décélération est de : 115 m.

➤ **Voie d'accélération :** longueur de la voie d'accélération est de : 180 m.

**3<sup>ème</sup> Étape : Analyse :**

Le fait que la RN63 est à 1 x 2 voies et le périphérique Zéralda-cyber parc est à 2x2 voies.

❖ Donc la solution à adoptée est :

**ÉCHANGEUR EN TREMPETTE AVEC AMÉNAGEMENT CARREFOUR  
EN Y AU NIVEAU DE LA RN 63**

### 13-Les avantages : 3<sup>ème</sup> variante.

- assurer toute les directions et elle assure une bonne fluidité.
- suppression de points de conflits
- une meilleure sécurité pour les usagers.

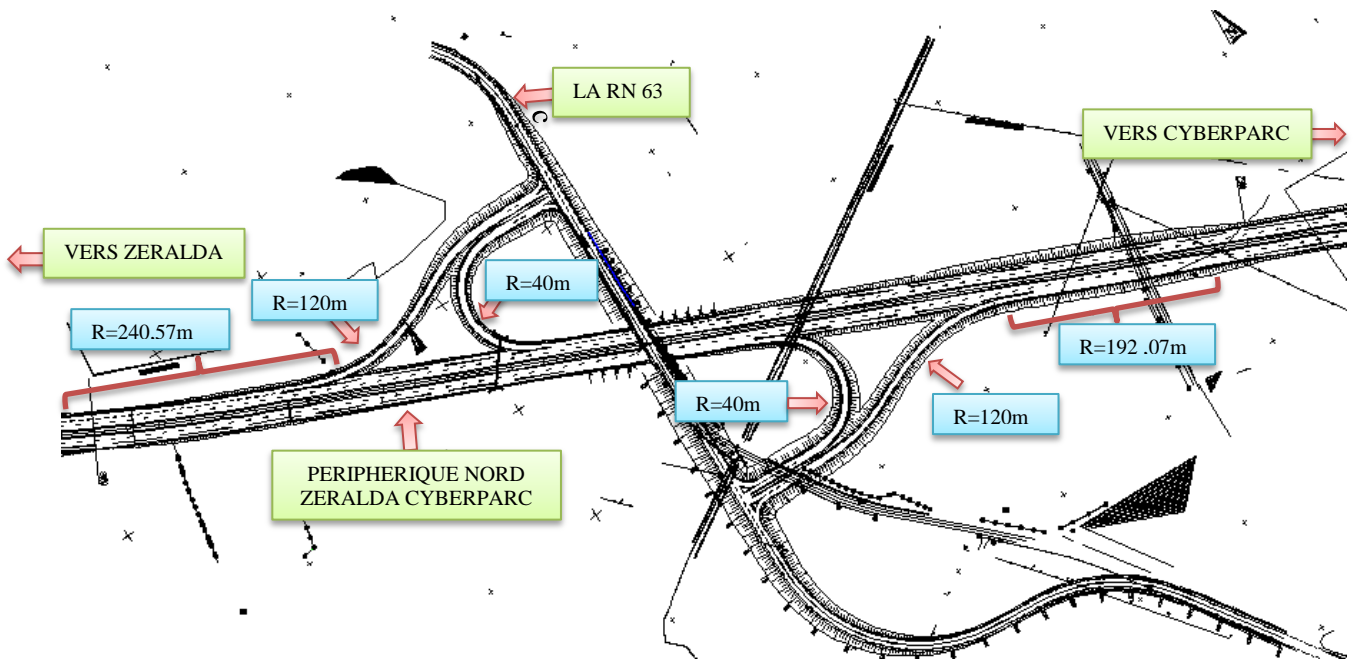
### 14-Les inconvénients : 3<sup>ème</sup> variante.

- Techniquement, le choix ne présente, aucun inconvénient mais économiquement on constate que le coût de réalisation.

### 15- Conclusion :

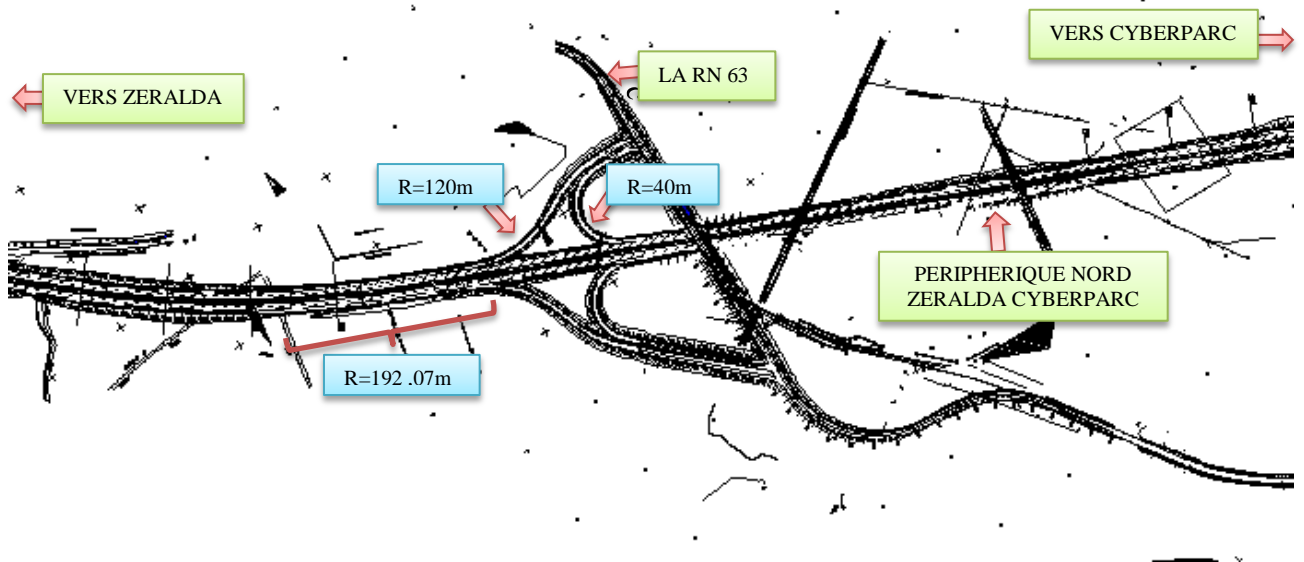
Le choix adopté d'échangeur trempette avec l'aménagement de carrefour en plan, s'avère le mieux adapté pour cet aménagement, puisqu'il assure une fluidité du trafic avec un service plus élevé en occupant le minimum d'emprise du terrain.

### 15-a) 1<sup>ère</sup> Variante :



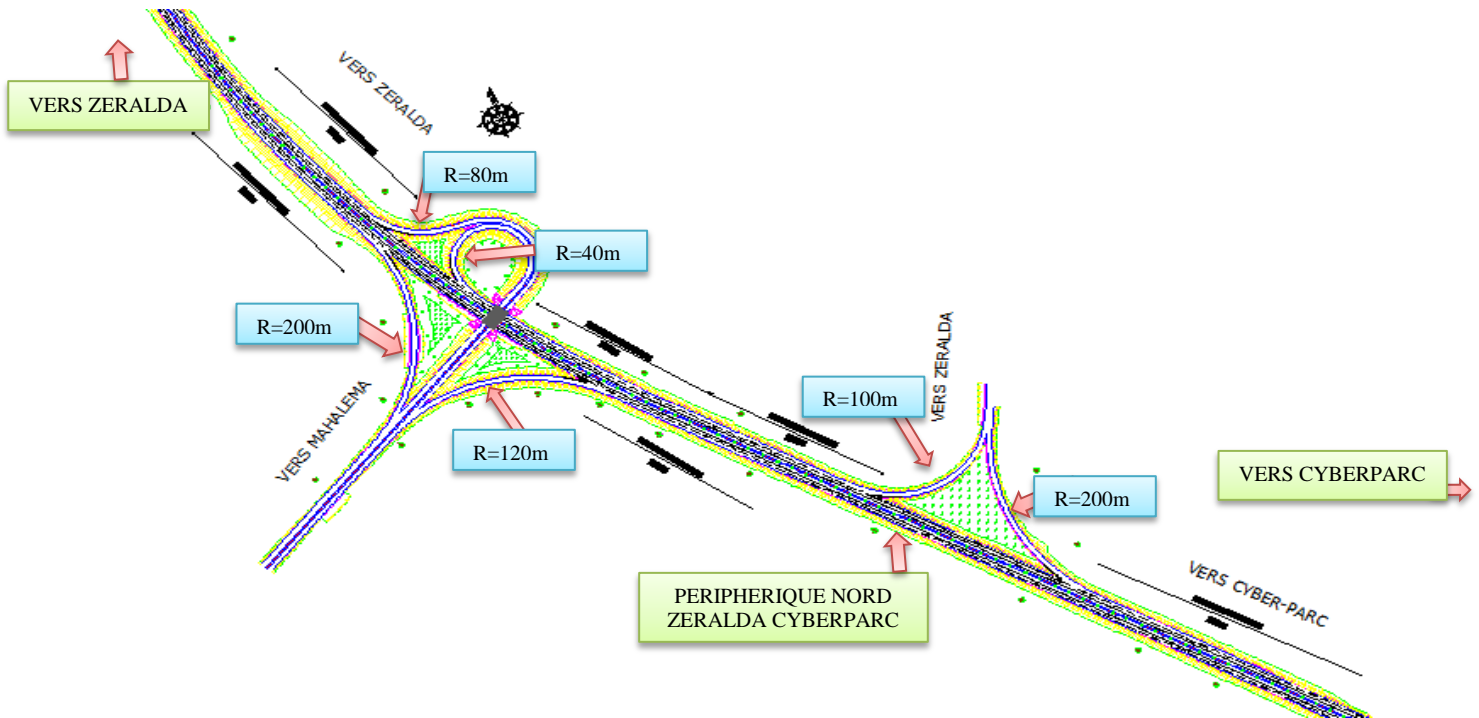
1-Demi-trèfle asymétrique « quadrant opposé ».

**15-b) 2<sup>eme</sup> variante :**



2-Demi-trèfle symétrique

**15-c) 3<sup>eme</sup> variante :**



Échangeur en trempette avec aménagement carrefour en plan au niveau de la RN 63

# **CHAPITRE IV :**

# **ÉTUDE DE TRAFIC**

## CHAPITRE IV : ÉTUDE DE TRAFIC

### 1- Introduction :

Le débit ou volume de circulation est le nombre de véhicule passant par unité de temps sur la route. On entend par véhicule routier : automobile, camion, tracteurs, cycle et motorcycle, le trafic est établit par des comptages périodique (levé direct sur terrain) ou continus (à l'aide de compteurs, boucles magnétiques ou caméras).

L'accroissement du trafic sans cesse croissant pose des problèmes très complexes tant en milieu rural qu'en milieu urbain et intervient sur tout pour la détermination des caractéristique des profils en travers et de la résistance de la structure chaussée.

### 2- Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée.

Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- ✓ La statique générale.
- ✓ Le comptage sur route (manuel et automatique).
- ✓ Une enquête de circulation.

### 3- Différents type de trafic :

On distingue quatre types de trafic:

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Trafic total** : C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

### 4- Modèles de présentation de trafic :

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont:

- ✓ Prolongation de l'évolution passée.

- ✓ Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques.
- ✓ Modèle gravitaire.
- ✓ Modèle de facteur de croissance.

#### 4.a) Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic  $T_n$  à l'année  $n$  sera:

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

Où :

- $T_0$  : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.
- $\tau$  : est le taux de croissance.

#### 4.b) Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques:

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- Produit national brut (PNB).
- Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

#### 4.c) Modèle gravitaire:

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prête mal à la projection.

#### 4.d) Modèle de facteurs de croissance:

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine– destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants:

- ✓ Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- ✓ Le nombre d'emploi.
- ✓ La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

## Remarque:

Pour notre cas, nous utilisons la méthode « **prolongation de l'évolution passée** » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

### 5- Calcul de la capacité:

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passé sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée.

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

#### 5.a) Trafic à un horizon donné :

Du fait de la croissance annuelle du trafic.

$$TJMA_n = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

Tel que:

- **TJMA<sub>n</sub>** : trafic journalier moyen à l'année n.
- **TJMA<sub>0</sub>** : trafic journalier moyen à l'année 0.
- **T** : taux d'accroissement annuel.
- **n** : nombre d'année à partir de l'année d'origine.

#### 5.b) Trafic effectif :

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement.

$$T_{\text{eff}} = [(1-Z) + PZ] TJMA_n$$

Tel que :

- **Z** : le pourcentage de poids lourds.
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route.

| Environnement                          | E1  | E2   | E3    |
|--|-----|------|-------|
| Route à bonne caractéristique          | 2-3 | 4-6  | 8-12  |
| Route étroite, ou à visibilité réduite | 3-6 | 6-11 | 16-24 |

Tableau -1- Coefficient d'équivalence « P »

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

**i. Évaluation de la demande:**

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$Q = 0.12T_{\text{eff}} \quad (\text{UVP/h})$$

**ii. Évaluation de l'offre:**

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 K_2 C_{\text{th}}$$

Tel que :

- $C_{\text{th}}$  : la capacité théorique.
- $K_1$  : coefficient qui dépend de l'environnement.
- $K_2$  : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

| Environnement | E1          | E2         | E3          |
|---------------|-------------|------------|-------------|
| <b>K1</b>     | <b>0.75</b> | <b>0.9</b> | <b>0.95</b> |

Tableau -2- : Coefficient « K1 »

| Environnement | Catégorie de la route |             |             |             |             |
|---------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|               | C1                    | C2          | C3          | C4          | C5          |
| <b>E1</b>     | <b>1.00</b>           | <b>1.00</b> | <b>1.00</b> | <b>1.00</b> | <b>1.00</b> |
| <b>E2</b>     | <b>0.99</b>           | <b>0.99</b> | <b>0.99</b> | <b>0.98</b> | <b>0.98</b> |
| <b>E3</b>     | <b>0.91</b>           | <b>0.95</b> | <b>0.97</b> | <b>0.96</b> | <b>0.96</b> |

Tableau -3- Coefficient « K2 »

|                                   | Capacité théorique       |
|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Route à 2 voies de 3.5 m</b>   | <b>1500 à 2000 uvp/h</b> |
| <b>Route à 3 voies de 3.5 m</b>   | <b>2400 à 3200 uvp/h</b> |
| <b>Route à chaussées séparées</b> | <b>1500 à 1800 uvp/h</b> |

Tableau 4 : Capacité théorique « Cth »

### iii. Calcul du nombre de voies :

#### ❖ Chaussée bidirectionnelle :

On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  pour les divers types de routes et on prend le profil Permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

#### ❖ Chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :

$$N = \frac{s \cdot Q}{Q_{adm}}$$

Tel que :

- $S$  : coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.
- $Q_{adm}$  : débit admissible par voie.

### 6- Données et analysé de projet :

- Le trafic à l'année 2008 TJMA total 2008 =11602v/j.
- Le pourcentage de poids lourds PL=10%.
- Année de mise en service : 2010.
- Taux de croissance annuelle de trafic :  $\tau=3.5\%$ .
- La durée de vie:20ans.
- Année d'horizon à long terme : 2030.
- Catégorie de la route : C1.
- Environnement : E2.

On à :

- $P=6$  (Route à bonne caractéristique, environnement E2)
- $K1=0.9$  (environnementE2)
- $K2=0.99$  (environnementE2, catégorie C1).

#### ✗ Calcul de TJMA horizon :

- $TJMA_n = (1 + \tau)^n TJMA_0$ .
- $TJMA_{2010} = (1 + 0.035)^2 \times 11602$
- $TJMA_{2010} = 12428$  v/j.
- $TJMA_{2030} = (1 + 0.035)^{20} \times 12428$

$$TJMA_{2030} = 24729 \text{v/j}$$

✗ **Calcul des trafics effectifs :**

$$P = 6 \text{ (route de bonnes caractéristiques, E2)}$$

$$T_{\text{eff } 2030} = [(1 - 0.1) + 6 \times 0.1] 24729$$

$$T_{\text{eff } 2030} = 37094 \text{ uvp/j}$$

✗ **Débit de pointe horaire normal :**

$$\bullet Q_{2030} = (1/n) T_{\text{eff}} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$$

$$\bullet Q_{2030} = 0.12 \times 37094$$

$$Q_{2030} = 4451 \text{ uvp/h}$$

Capacité théorique :

$$Q_{2031} < Q_{\text{adm}} \longrightarrow Q_{2031} < K1 \times K2 \times C_{\text{th}} \longrightarrow C_{\text{th}} > \frac{Q_{2030}}{K1 \times K2}$$

$$\text{Donc : } C_{\text{th}} > 4995 \text{ uvp/h.}$$

$$C_{\text{th}} = 1800 \text{ uvp/h (capacité théorique dans les tableaux B40).}$$

✗ **Calcul du débit admissible :**

Il est déterminé par l'application de la formule suivante :

$$Q_{\text{adm}} = K1 \cdot K2 \cdot C_{\text{theo}}$$

Donc:

$$Q_{\text{adm}} = 0.9 \times 0.99 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1604 \text{ uvp/h}$$

✗ **Détermination de nombre des voies :**

$$N = 2/3 (Q/Q_{\text{adm}})$$

$$N = 2/3 (4451/1604) = 1.85$$

$$N = 2 \text{ voie /sens.}$$

✗ **CONCLUSION :**

D'après le calcul de capacité de la périphérique, on constate que son est de profil en travers de :

- ✓ Chaussée de 2 voies par sens (2 × 3.50m).
- ✓ Accotement de 1,5m pour chaque sens (1.5x2).
- ✓ Bande d'arrêt d'urgence de 2.5m pour chaque sens (2.5x 2).
- ✓ Terrain plain central(TPC) de 2m.

✓ Au niveau des voies d'accélération ou décélération le BAU plus une surlargeur de 1,5m pour donne les voies de 4m.

### ✗ L'année de saturation :

On détermine la durée de vie avant saturation du périphérique en 2× 2 voies par la formule suivante :

### ✗ Calcul de QF :

$$Q_F = Q_D$$

$$Q_F = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

$$Q_F = 0.9 \times 0.99 \times 5000 = 4455 \text{ uvp/j.}$$

### ✗ Calcul de QD :

$$Q_{D2010} = 0.12 T_{effn}$$

$$Q_{D2010} = 0.12 \times ((1 - Z) + P \times Z) \times TJMA_n$$

$$Q_{D2010} = 0.12 \times ((1 - 0.35) + 6 \times 0.35) \times TJMA_n$$

$$Q_{D2010} = 0.18 \times TJMA_n$$

$$TJMA_n = TJMA_{2010} (1 + \tau)^n$$

$$TJMA_n = 12428 (1.035)^n$$

$$Q_{D2010} = 2237 (1.035)^n$$

$$Q_F = Q_D \Leftrightarrow 4455 = 2237 (1.035)^n$$

$$n = \log(2) / \log(1.035) = 20 \text{ ans.}$$

Donc l'année de saturation = 2010 + 20 = 2030.

### ✗ Pour la rampe :

On a:  $TJMA_{2008} = 7658 \text{ v/j.}$

66% vers Mahelma.

Donc  $TJMA_{2010} = 8202 \text{ v/j}$

$Z = 10\%$ .

$\tau = 3.5\%$ .

$n = 20 \text{ ans.}$

$P = 6$  (environnement E2)

$K_1 = 0.9; K_2 = 0.99$

$TJMA_{2030} = 8202 \times (1 + 0,035)^{20}$

$TJMA_{2030} = 16320 \text{ v/j.}$

$T_{eff2030} = [(1 - 0.1) + 6 \times 0,1] \times 1632$

$T_{eff 2030} = 24480 \text{ uvp/j.}$

$Q_{2030} = 0,12 \times 24480$

$Q_{2030} = 2938 \text{ uvp/h.}$

$Q_{adm} = 0.9 \times 0.99 \times 1500 = 1337$   
uvp/h.

$N = (2/3) \times (2938/1337)$

$N = 1.47 \approx 1 \text{ voie}$

**Donc : le profil des rampes est 1 voies de 6m.**

**Pour les autres rampes (bretelles) on a le même profil en travers « 1 voie ».**

### ✗ Conclusion :

D'après les calculs effectués on a :

✓ Pour les bretelles (rampes) 1 voie.  
(largeur de 6m).

✓ Accotements 2m.

**CHAPITRE V :**  
**ÉTUDE**  
**GÉOTECHNIQUE**

## CHAPITRE V : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE

### Introduction :

Dans le cadre de l'extension et de la création des nouvelles villes, l'établissement publics d'aménagement de l'agglomération nouvelle de Sidi Abdellah (EPA – ANSA) a chargé l'Organisation nationale de control technique des travaux publics (CTTP) d'élaborer l'étude de sol de l'ouvrage d'art (OA2-1) au Pk 1+330. Prévu pour la réalisation du tronçon autoroutier Zéralda-Cyberparc sur un linéaire d'environ 5,2 km et dont l'axe de projet prend origine au niveau de l'échangeur de Mahelma.

La campagne de reconnaissance. Menée par le CTTP, a consisté en la réalisation de deux (02) sondages carottés et trois (03) essais au pénétromètre statique.

Le présent rapport comporte les résultats des investigations entrepris. Leur interprétation. Le mode de fondation préconisé pour l'ouvrage et les recommandations à observer lors de l'exécution des travaux.

### 1- PARTIE DE LA ROUTE

#### 1-Identification des matériaux : tronçon du pk 0+000 au pk 2+500 :

D'après les résultats des essais d'identification réalisées sur les échantillons en vrac des matériaux prélevés des puits lors de la campagne d'investigation géotechnique , il ressort ( après la classification géotechnique USCS ) que les matériaux provenant des puits (PU1 ,PU3,PU4,PU5,PU6,PU7) appartiennent à la classe des sols fins sensibles à l'eau et sont identifiés comme étant des argiles peu plastique (CL) .par contre pour le puits (PU2) le matériaux est classé comme étant une grave limoneuse (GL) .

Cette classification permet de mettre à l'évidence les résultats obtenus de l'essai de poinçonnement réalisés sur les différents échantillons. Les résultats des indices CBR à 95% de la densité sèche Proctor après 04 jours d'imbibition obtenue des puits PU1 ,PU3,PU4,PU5,PU6,PU7 sont relativement faible à très faibles variant de 2 à 10 et dont la majorité sont inférieures à 5 (sols fin sensibles à l'eau ), alors que le puits PU2 se distingue par un résultat satisfaisant , mais il ne peut être représentatif car il s'écarte trop des autres valeurs.

D'une manière générale le sol support est caractérisé par une portance faible, d'où la nécessité de prévoir une couche de forme.

La couche de forme présente un double but :

- à court terme : permettre la mise en œuvre de la couche de fondation dans de bonnes conditions.
- à long terme : maintenir en tout point sous la chaussée une portance suffisante même en cas de saturation ou de gel si ces éventualités sont à envisager

Selon les cas, une couche de forme peut être souhaitable de ces deux points de vue, ou souhaitable en fonction de l'un ou de l'autre ou inutile. Pour un chantier donné les décisions relatives à la couche de forme doivent prendre en considération ces deux rôles possible qui font intervenir à la fois le type de chaussée prévu et les conditions dans lesquelles se déroule le chantier de terrassement .

La caractéristique de la couche de forme est en effet d'être la transition entre le terrassement et la chaussée, transition qui pose des problèmes particuliers car les terrassements et la chaussée sont des phases de travaux distincts, plus ou moins éloignées dans le temps et dont l'esprit et les méthodes de travail présentent nécessairement des différences importantes.

Lorsque sur un chantier, les terrassements se terminent, la qualité de ce que l'on obtient peut être à la fois assez différente d'une zone à une assez différente aussi, dans l'ensemble, de ce que l'on avait prévu.

Comment concilier l'hétérogénéité et la prévision imparfaite propre aux terrassements avec mise en œuvre des chaussées pour laquelle il est de plus en plus souhaitable ou même nécessaire , d'être exigeant sur l'uniformité et la qualité de la plate-forme.

Cela est possible en agissant sur la couche supérieure du terrassement (la couche de forme).

En effaçant les hétérogénéités le long de la plate-forme, plus précisément en les ramenant à un niveau admissible compte tenu des procédés de mise en œuvre de la chaussée.

En améliorant le nivellement si l'état du terrassement et l'épaisseur prévue de la couche de fondation le rendent désirable.

En faisant en sorte qu'une saturation temporaire ou un gel n'était pas de conséquences graves.

## 2-Identification des matériaux : tronçon du pk 2+500 au pk 5+200 :

Les puits au nombre de zone ont été implantés le long du tronçon n°2 les matériaux mis en évidence sont des sols fins constitués de limons argileux brun-jaunâtres avec

quelques galets centimétrique (PU08, PU09, PU11, PU14) de marne grise à traces d'oxydation (PU12, PU13, PU15, PU17, PU18) et d'argile (PU10, PU16).

En somme, les puits (PU08, PU18) ont mis à jour trois types de sols, à savoir :

- Les limons argileux avec galet centimétriques
- Les marnes
- Les argiles à concrétions calcaires.

• **Limons argileux :**

Les analyses granulométriques réalisées sur les échantillons appartenant à la formation des limons argileux se traduisent par des courbes étalées de gravier à limon, avec des pourcentages des passants à 80  $\mu\text{m}$  variant de 33 à 50 %. Ces sols sont caractérisés par un indice de plasticité variant de 10 à 15 % pour une limite de liquidité de 20 à 30 %, excepté le puits (PU13) qui offre une plasticité élevée dont l'indice est de l'ordre de 30 %.

D'après la classification géotechnique USCS, les matériaux provenant des puits (PU08, PU09, PU11, PU14) appartiennent à la classe des sols fins sensibles à l'eau et sont classés comme étant des argiles peu plastiques (CL).

Ces sols présentent une densité sèche moyenne de 1,8 t/m<sup>3</sup>, après compactage sous une teneur en eau optimale moyenne d'environ 16%.

Les essais de poinçonnement réalisés sur les différents échantillons, après 04 jours d'imbibition, à 95% de l'optimum proctor ont fourni des résultats de portance relativement faibles (indice CBR varie de 2 à 5), et ont mis en évidence légère tendance au gonflement.

• **Marne :**

La granulométrie des échantillons prélevés se traduit par des courbes étalées de gros sable à limon, avec de pourcentages de passants à 80  $\mu\text{m}$  supérieure à 90%.

Ces matériaux sont caractérisés par un indice de plasticité moyen de 20% pour une limite de liquidité moyenne de 40%.

D'après la classification géotechnique USCS, les matériaux provenant des puits (PU12, PU13, PU15, PU17, PU18) appartiennent à la classe des sols fins sensibles à l'eau est sont classés comme étant des argiles peu plastiques (CL).

Les essais de poinçonnement réalisés sur les différents échantillons, après quatre (04) jours d'imbibition, à 95% de l'optimum proctor ont fournis de faible portance (indice CBR moyen varie entre 1 et 3) avec une tendance au gonflement de l'ordre de 5%.

- **Argiles à concrétion calcaires :**

Les analyses granulométrique réalisées sur les deux échantillons offrent des courbes qui s'étalent de graviers à sable fin, avec des pourcentages des passants à 80 µm de 15 %. L'indice de plasticité mesuré est de 15% pour une limite de liquidité de 34%.

D'après la classification géotechnique USCS, les matériaux provenant des puits (PU10, PU16) appartiennent à la classe des sols fins sensibles à l'eau et sont classés comme étant des argiles peu plastiques(CL).

Ces sols représentent une densité sèche moyenne de 2 t /m<sup>3</sup>, après compactage sous une teneur en eau optimale moyenne de l'ordre de 10%.

L'essai de poinçonnement réalisé sur l'échantillon, après quatre (04) jours d'imbibition à 95%, de l'optimum proctor fourni une portance élevée avec un indice CBR moyen de l'ordre 17 et sans aucune tendance au gonflement.

Les résultats des indices CBR à 95%, de la densité sèche proctor après 04 jours d'imbibition obtenue des puits PU8,PU9,PU11,PU12,PU13,PU14,PU15,PU16,PU17 et PU18 sont relativement faibles à très faibles variant de 2 à 10 et dont la majorité sont inférieures à 5 (sols fin sensible à l'eau ), alors que les puits PU10 et PU16 se distinguent par un résultat satisfaisant, mais il ne peut pas être représentatif car il s'écarte trop des autres valeurs.

### 3-Conclusion :

Au vu des points cités précédemment, nous avons prévu une couche de forme de 50 cm en matériaux sélectionnés qui doit répondre aux spécifications mentionnées dans le cahier des clauses techniques particulières. Cela permet d'améliorer nettement la portance du sol où l'indice CBR retenu pour le calcul est de 7.

## 2-PARTIE DE L'OUVRAGE

### 1-Présentation du projet :

L'ouvrage OA2.1 situé au PK 1+330, est un élément de l'échangeur de type trompette qui assurée le changement de la direction vers Mahelma comme passage supérieur.

C'est un pont droit de 30 m de longueur et 16 m de largeur, reposant sur trois (03) appuis (02 culées et une pile centrale).

## 2- Cadre géologique :

La région de Mahelma est située sur l'axe du bourrelet sahélien qui longe la partie septentrionale du bassin subsidant de la Metidja.

Le Sahel est anticlinal formé au cours de la phase orogénique poste-astienne et limité, dans sa partie méridionale, par une faille néotectonique de 90 km environ. Il est constitué essentiellement par des dépôts néogènes datant du Miocène, du Pliocène et du Quaternaire.

Le substratum de l'ensemble du Sahel est formé d'argile marneuse avec une épaisseur évaluée à 250 m.

## 3- Lithologie du site :

Les deux (02) sondages carottés réalisés ont décelé sous une couche de terre végétale. Les limons sablo-graveleux effrités, renfermant des fragments de calcaires localement argileux en sondage carotté (SC-2) sur une épaisseur variant de 4 à 5,8 m.

Une couche de sable moyen (SC-2), localement argileux (d'une épaisseur de 1m), surmontant un grès pouding sur 4 m d'épaisseur est recoupé en SC-1.

Les marnes du Plaisacien sont reconnues à partir de 8 m. elles sont souvent altérées. Plastique devant saine plus compacte et fissuré vers 10 m.

## 4- Travaux de reconnaissance :

### 5-a) Essais in situ :

Deux (02) essais au pénétromètre statique PS1, PS2 et PS3 ont été réalisés au droit des culées et au niveau de la pile centrale. Les refus ont été enregistrés respectivement aux profondeurs 6 et 5 m.

L'allure des pénétrogrammes est identique surtout pour les PS1 et PS2 dont les résistances moyennes enregistrées varient de 30 bars sur les premiers 2 m. à 200 bars au-delà de cette profondeur.

### 5-b) Essais de laboratoire :

Les échantillons de carottes ont été soumis aux essais d'identification et mécaniques.

#### • Essai d'identification :

- ✓ Mesures des teneurs en eau (W)
- ✓ Mesures des densités sèches ( $\gamma_d$ )
- ✓ Analyses granulométriques (CH)
- ✓ Analyses sédimentaires
- ✓ Mesures des limites d'Atterberg (WL, WP, IP)

• **Essai mécaniques :**

- ✓ Essai de compressibilité à l'œdomètre (Cg, Ct, Pc)
- ✓ Essai de cisaillement à la boîte Casagrande (C,  $\Phi$ )

5- **Interprétation des résultats :**

La lithologie du terrain est représentée par trois (03) couches distinctes à savoir :

- ✓ Couche de limon sablo-graveleux (prof : 0,5-5,80 m)
- ✓ Couche de grès pouding : prof (5,8 à 7 m) d'environ.
- ✓ Couche de marne altérée et devenant compacte en profondeur, prof (7 à 15 m).

• **Couche de limons sablo-graveleux (prof : 0,5-5,8m) :**

Les analyses granulométriques effectuées sur ces matériaux présentent un pourcentage de fines variant de 50 à 60 % et des passants à 2 mm d'environ 97%.

Les limites d'atterberg mesurées offrent des teneurs en eau de limite de liquidité de l'ordre de variant de 33 à 60 % et des indices de plasticité variant 15 à 33 %.

Selon la classification géotechnique USCS, ces matériaux sont classés comme étant des argiles peu à très plastiques (CL à CH).

Le sol offre des teneurs en eau naturelles variant de 12 à 25 %. Ces sols sont moyennement compacts, présentant des densités sèches variant de 1,5 à 1,9 t /m<sup>3</sup> avec une certaine consistance à l'état sec ( $I_c > 1$ ).

Des essais de compressibilité à l'œdomètre ont été réalisés sur les échantillons paraffinés prélevés des sondages et offrent les résultats suivants :

| N° sondage | Prof (m)  | Pc (bar) | Ct    | Cg (%) | $\sigma_0$ (bar) |
|------------|-----------|----------|-------|--------|------------------|
| SC-2       | 2,60/3,00 | 2,18     | 0,137 | 2,6    | 0,60             |
| SC-2       | 3,80/4,00 | 0,6      | 0,160 | 2      | 0,72             |
| SC-1       | 5,50/5,70 | 2,5      | 0,122 | 1,8    | 0,97             |

**Pc** : Pression de consolidation.

**Ct** : Coefficient de tassement.

**Cg** : Coefficient de gonflement.

Ces mesures montrent que le sol est sur consolidé ( $P_c > \sigma_0$ ) avec  $\sigma_0 = \sum \gamma_i H_i$  et moyennement compressible avec un coefficient de tassement compris entre 0,1 et 0,2 et sans aucune tendance au gonflement ( $C_g < 4\%$ ).

**Remarque :** Lors du taillage des carottes paraffinées. Les échantillons prélevés de la couche des limons sablo-graveleux effrités ont été annulés, en raison de la présence de

concrétions calcaires et de la difficulté de taillage des échantillons (ils s'effritent rapidement).

- **Couche de marne altérée (Prof 7 à 15 m) :**

La couche marneuse est caractérisé par des granulométriques s'étalent de sables fin à limons avec des pourcentages des poussant à 80  $\mu\text{m}$  de 100 %. La mesure des limites d'Atterberg a montré que la valeur de l'indice de plasticité moyenne est de 25% pour une limite de liquidité de 54%. Selon la classification géotechnique USCS, ces matériaux sont classés comme étant des argiles très plastiques (CH).

L'essai de cisaillement rectiligne réalisé à la boîte de Casagrande sur les échantillons prélevés à différentes profondeurs récupéré du sondage SC-1. A donné les résultats récapitulés ci-après :

| Profondeur (m) | Cisaillement à la boîte de Casagrande |                   |
|----------------|---------------------------------------|-------------------|
| 7.5/7.8        | C = 0.7 bar                           | $\Phi = 16^\circ$ |
| 9.20/9.8       | C = 1 bar                             | $\Phi = 11^\circ$ |
| 11.1/11.6      | C = 0.9 bar                           | $\Phi = 15^\circ$ |

Des essais de compressibilité à l'odomètre ont été réalisés sur les échantillons paraffinés prélevés du SC-1 à différentes profondeur et offrent ce qui suit :

| N° sondage | Prof (m)    | Pc (bar) | Ct    | Cg (%) | $\sigma_0$ (bar) |
|------------|-------------|----------|-------|--------|------------------|
| SC-2       | 9.20/9.80   | 2.9      | 0.096 | 5.3    | 1.66             |
|            | 11.10/11.65 | 4.5      | 0.087 | 2.2    | 2                |

**Pc** : pression de consolidation.

**Ct** : coefficient de tassement.

**Cg** : coefficient de gonflement.

Ces paramètre montrent que le sol est sur consolidé ( $P_c > \sigma_0$ ) avec  $\sigma_0 = \sum \gamma_i H_i$  et non compressible, avec un coefficient de tassement de l'ordre de 0,1 et présente une tendance au gonflement ( $C_g = 5\%$ ).

- **Fondation de l'ouvrage :**

La nature lithologie des terrains rencontrés et les résultats obtenus à partir des essais in situ et en laboratoire permettent de préconiser un mode de fondation superficiel.

- **Evaluation de la capacité portante :** d'après les valeurs des résistances statiques et la nature géologique du terrain, le taux de travail des fondations à 2 m

de profondeur est de 3 bars et augmente en profondeur jusqu'à dépasser largement cette valeur.

Cette contrainte a été évaluée à l'aide de la formule empirique de Bouissman :

$$Q_{adm} = R_p / \alpha \longrightarrow (\alpha \text{ compris entre } 20 \text{ et } 30)$$

$\alpha$ : Coefficient réducteur dépendant du pénétromètre dynamique du type de sol.

$R_p$  : la résistance statique offerte à la profondeur d'ancrage retenue.

#### • Ancrage des fondations :

Après analyse et corrélation de l'ensemble des résultats in situ, il ressort que le terrain présente une portance de 3 bars à partir de 2 m de profondeur.

Par conséquent, le mode de fondation préconisé est de type semelles superficielles isolées pour l'ensemble des appuis de l'ouvrage d'art (culé et pile intermédiaire).

La semelle isolée travaillant à une contrainte admissible de bars sera ancrée à 2,5 m de profondeur dans la couche de limons sablo-graveleux.

#### • Evaluation des tassements induits :

Le calcul des tassements a été effectué en utilisant les résultats des courbes œdométriques par application de la formule de TERZAGUI.

$$\Delta H_i = H_i (\Delta e / (1+e_0))$$

$H_i$  : épaisseur de la couche considérée.

$\Delta e$  : variation des indices de vide.

$e_0$  : indice du vide initial.

Les tassements calculés sont données ci-dessous :

| Profondeur<br>à mi-<br>couche | $\Delta \sigma$<br>(bar) | $\sigma_0$<br>(bar) | $e_0$ | $\sigma_f$<br>(bar) | $e_f$ | $\Delta e$ | $H_i$<br>(cm)                   | $\Delta H_i$<br>(cm) |
|-------------------------------|--------------------------|---------------------|-------|---------------------|-------|------------|---------------------------------|----------------------|
| 1,5                           | 0,255                    | 0,067               | 0,511 | 0,322               | 0,480 | 0,02       | 230                             | 4,5                  |
| 3,2                           | 0,660                    | 0,350               | 0,520 | 1,016               | 0,530 | 0,01       | 100                             | 0,65                 |
|                               |                          |                     |       |                     |       |            | $\Sigma \Delta H_i = 5,2$<br>cm |                      |

Le tassement moyen est de l'ordre de 5 cm pour l'ensemble des appuis de l'ouvrage.

## 6- Conclusion et recommandations :

A la lumière des résultats de la campagne géotechnique, il ressort que le terrain devant recevoir l'OA2.1 situé au PK 1+330 est constitué de limons sablo-graveleux effrités reposant sur un passage de couche de sable moyen et des marnes du Plaisancien à partir de 8 m de profondeur.

D'après les résultats des essais de laboratoire, ce type de sol appartient à la classe des argiles peu à très plastique (CL à CH), il est sur consolidé.

Les valeurs des résistances dynamiques obtenues sont élevées à partir de 2 m de profondeur, caractérisant un sol compact et résistant.

Le mode de fondation préconisé est de type semelle superficielle isolé pour l'ensemble des appuis de l'ouvrage d'art (culé et pile intermédiaire), ancrée à 2,5 m de profondeur dans la couche de limon sablo-graveleux et travaillant à une contrainte admissible de 3 bars.

Les recommandations relatives à la réalisation des fondations doivent être respectées et qui sont comme suit :

- La réalisation des travaux de terrassement et de fondation (fouilles) par temps sec.
- Le fond de fouille doit être propre et non remaniée.
- Eviter les inondations des fonds des fouilles avant le coulage des fondations.
- L'imperméabilité des surfaces par un matériau étanche, afin d'éviter au mieux toute infiltration des eaux de surface (eaux pluviales) au sol de fondation.
- La morphologie générale du terrain appelle la prévision d'un système de collecte et d'évacuation des eaux de pluies telle que les fossés bétonnés au pied du talus et des regards équipés et des rigoles continues le long des talus au pied.

**CHAPITRE VI :**  
**DIMENSIONNEMENT**  
**DU CORPS DE**  
**CHAUSSÉE**

## CHAPITRE VI: DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSÉE

### 1- Introduction :

Le dimensionnement d'une structure de chaussées (neuve ou renforcement) consiste à satisfaire à moindre coût et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité, des objectifs (durée de vie souhaitée de l'ouvrage) sous un certain nombre de paramètres (trafic, climat, matériaux locaux et politiques d'entretien).

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister aux agressions des agents extérieurs (L'environnement de la route le climat essentiellement), et aux surcharges d'exploitations (trafic).

### 2- La chaussée :

#### 2.a) Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme, la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- ✓ Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- ✓ reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel la chaussée est défini comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

#### 2.b) Les différents types de chaussée :

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

- ✓ Chaussée souple.
- ✓ Chaussée semi-rigide.
- ✓ Chaussée rigide.

## i. Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

### ✗ Couche de roulement (surface) :

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers.

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

### ✗ Couche de base :

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

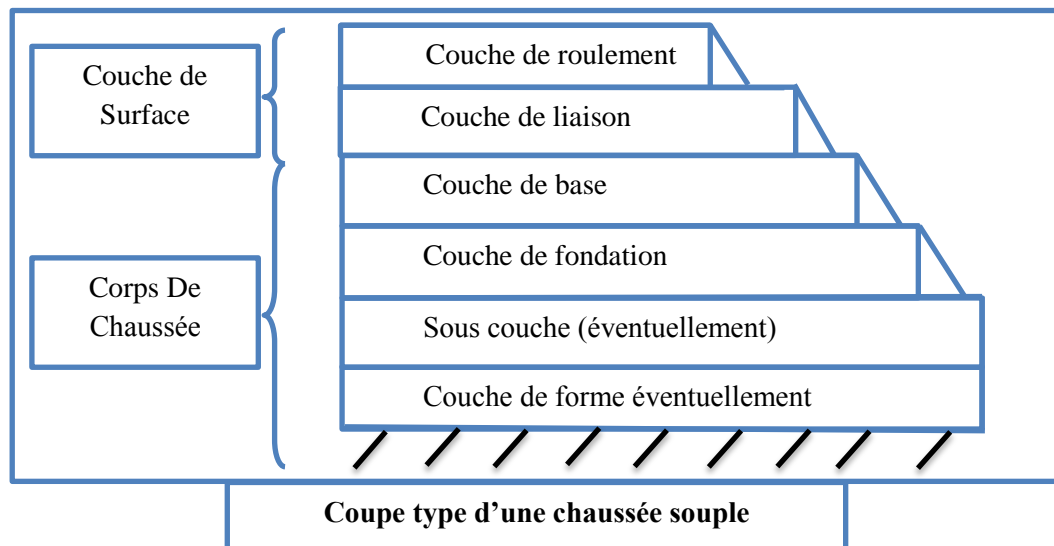
### ✗ Couche de fondation :

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

### ✗ Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm



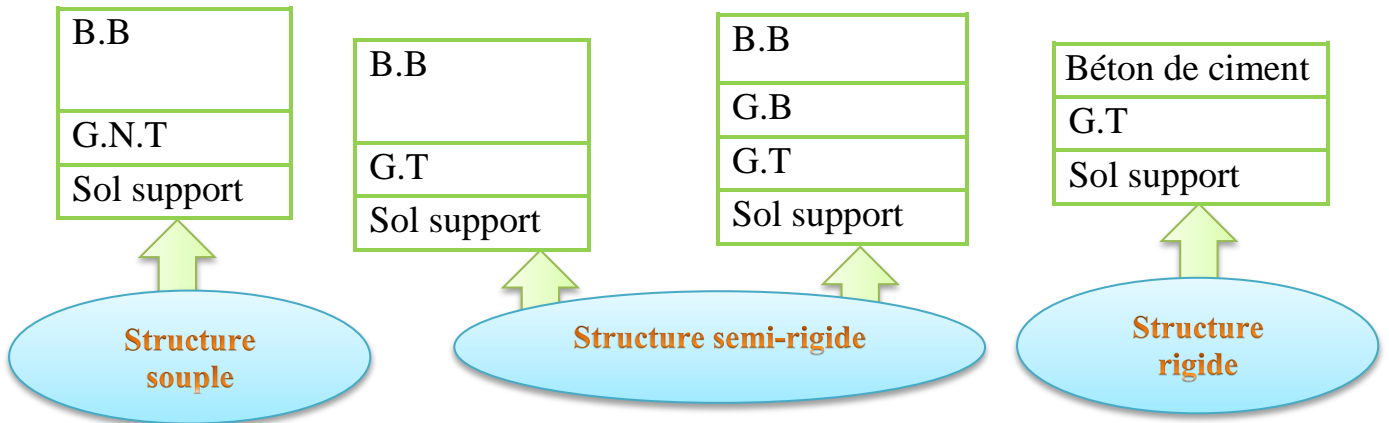
### ii. Chaussée semi-rigide :

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,..). La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

### iii. Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui fléchissant élastiquement sous les charges transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé.



**BB** : béton bitumineux.

**GB** : grave bitume.

**GT** : grave traité.

**G.N.T** : grave non traité.

### 3- Les différents facteurs déterminants pour les études de dimensionnement de chaussée :

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance d'un certains paramètres fondamentaux liés au :

#### 3.a) Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à 3.5tonnes) .il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

- De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.
- De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par :

$$N = T.A.C$$

**N** : trafic cumulé.

**A** : facteur d'agressivité globale du trafic.

**C** : facteur de cumul :

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau.$$

**\tau** : Taux de croissance du trafic.

**p** : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

### **3.b) Environnement :**

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi la variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support. Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

### **3.c) Le Sol Support :**

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitue du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates-formes sont définies à partir :

- ✓ De la nature et de l'état du sol ;
- ✓ De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

### **3.d) Matériaux :**

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

## **4- Les principales méthodes de dimensionnement :**

On distingue deux familles des méthodes :

- Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- Les méthodes rationnelles, basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

### **4.a) Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):**

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après:

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

Avec:

**e**: épaisseur équivalente.

**I**: indice CBR (sol support).

**n**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

**P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

**Log**: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

Où:

c1, c2, c3 : coefficients d'équivalence.

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

#### ✗ Coefficient d'équivalence :

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

| Matériaux utilisés                  | Coefficient d'équivalence |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Béton bitumineux ou enrobe dense    | 2.00                      |
| Grave ciment – grave laitier        | 1.50                      |
| Grave bitume                        | 1.20 à 1.70               |
| Grave concassée ou gravier          | 1.00                      |
| Grave roulée – grave sableuse T.V.O | 0.75                      |
| Sable gypseux                       | 0.75                      |
| Sable ciment                        | 1.00 à 1.20               |
| Sable                               | 0.50                      |
| Tuf                                 | 0.60                      |

#### 4.b) Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

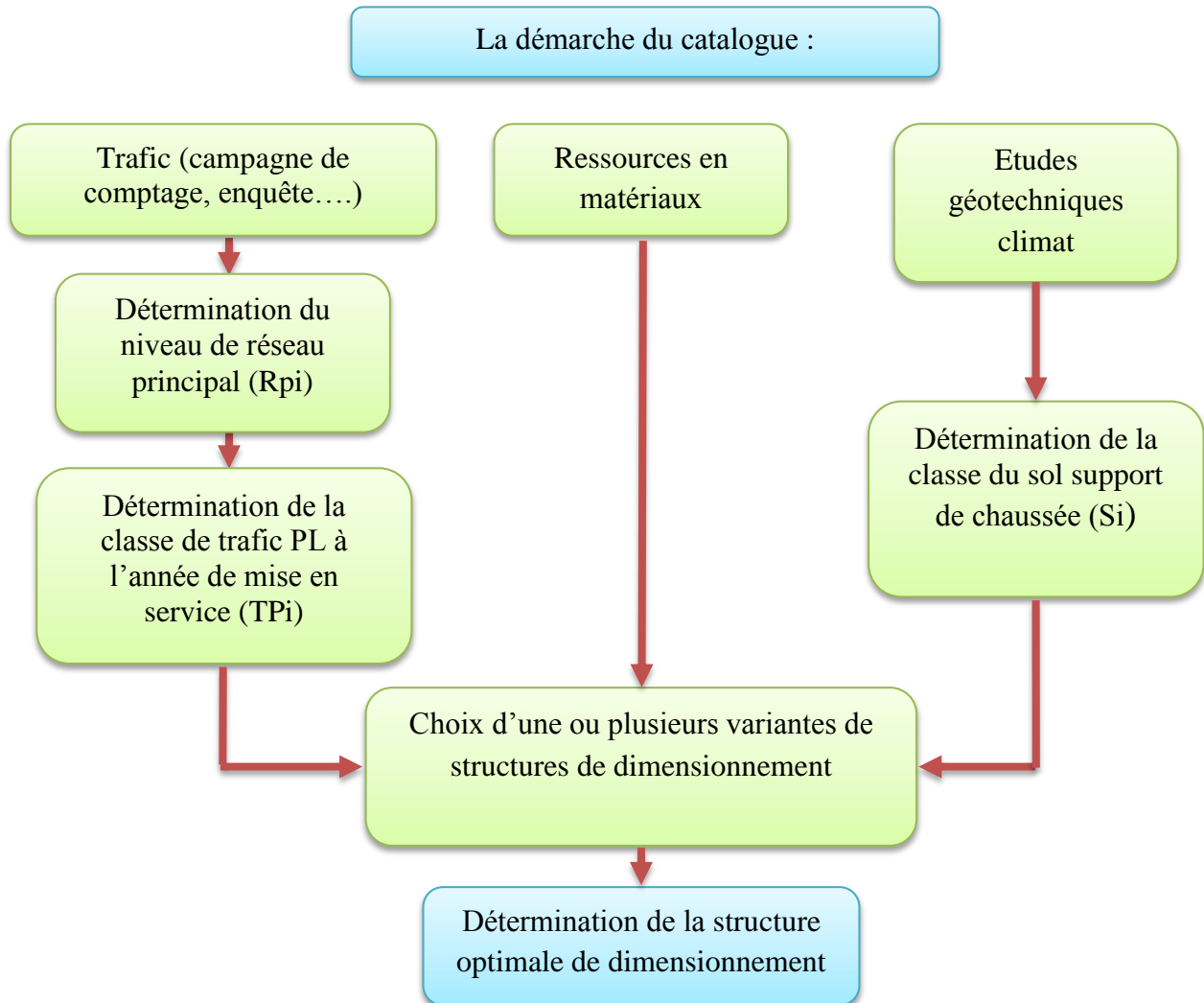
L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées :

- **Trafic** : Le trafic caractérisé par le nombre de poids lourds de charge utile supérieur à 50 KN par jour la voie la plus chargée.
- **Sol support** : Le sol doit être classé selon la valeur de CBR de densité proctor modifié maximal.
- **Matériaux**.

### ➤ Environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches : Approche théorique, Approche empirique.



#### 4.c) -Methode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials) :

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales. Chaque section reçoit l'application d'environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.

- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- L'influence des charges et de leur répétition.

#### 4.d) La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) :

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression :

$$T_{eq} = [TJMA \cdot a [(1+Z)^n - 1] \times 0.75 \times P \times 365] / [(1+z) - 1].$$

$T_{eq}$  = trafic équivalent par essieu de 13t.

$TJMA$  = trafic à la mise en service de la route.

$a$  = coefficient qui dépend du nombre de voies.

$Z$  = taux d'accroissement annuel.

$n$  = durée de vie de la route.

$p$  = pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente  $e$  (en fonction de  $T_{eq}$ ,  $I_{CBR}$ ) à partir de l'abaque L.C.P.C. L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

#### 5- Application au projet :

##### 5.a) Méthode C.B.R :

###### ❖ Données de l'étude :

- Année de comptage : 2008.
- $TJMA_{2008} = 11602$  v/j/2 sens.
- Mise en service : 2010.
- Durée de vie : 20 ans.
- Taux d'accroissement :  $\tau = 3.5 \%$ .
- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 10 \%$ .
- $ICBR = 7$ .

###### ❖ Détermination de $N_{PL2030}$ :

$$\begin{aligned} TJMA_{2010} &= TJMA_{2008} (1 + \tau)^2 \\ &= 11602 (1 + 0.035)^2 \\ &= 12429 \text{ v/j} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{PL2010} &= TJMA_{2010} \times P\% \\ &= 12429 \times 0.1 \\ &= 1243 \text{ PL/j/2sens} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{PL2030} &= N_{PL2010} \times (1 + \tau)^{20} \\ &= 1243 \times (1 + 0.035)^{20} \\ &= 2473 \text{ PL/j/2sens.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{PL2030} &= 2473 \times 0.5 \times 0.9 \\ &= 1113 \text{ PL/j/sens.} \end{aligned}$$

90% du trafic PL sur la voie lente de droite,

❖ **Détermination de l'épaisseur équivalente :**

$$\begin{aligned} E_{\text{équi}} &= [100 + \sqrt{P} (75 + 50 \log_{10} (N/10))] / (ICBR + 5) \\ E_{\text{équi}} &= [100 + \sqrt{\frac{13}{2}} (75 + 50 \log_{10} (1113/10))] / (7 + 5) \end{aligned}$$

**$E_{\text{équi}} = 46\text{cm.}$**

**Donc l'épaisseur équivalente :  $a_1 \cdot e_1 + a_2 \cdot e_2 + a_3 \cdot e_3 = 46\text{cm}$**

Où

$a_i$  : coefficient d'équivalence des différents matériaux.

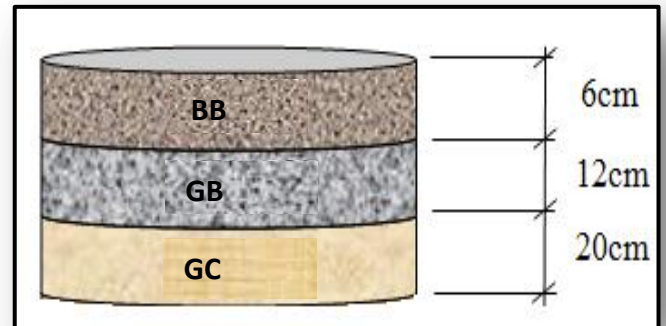
On suppose:

| Nom de la couche | Matériaux | Coefficient d'équivalence | L'épaisseur de la couche |
|------------------|-----------|---------------------------|--------------------------|
| Roulement        | BB        | 2                         | 6                        |
| Base             | GB        | 1,4                       | 12                       |
| Fondation        | GC        | 0,9                       | ?                        |

$$\begin{aligned} e_3 &= 46 - (2 \times 6 + 1,4 \times 12) / 0.9 \\ &= 20.08 \text{ cm} \end{aligned}$$

On prend  **$e_3 = 20\text{cm}$**

**Donc  $E_{\text{TOTAL}} = 38\text{cm}$**



**5.b) La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :**

❖ **Données de l'étude :**

- Année de comptage : 2008.
- $TJMA_{2008} = 11602 \text{ v/j}$
- Mise en service : 2010.
- Durée de vie : 20 ans
- Taux d'accroissement :  $\tau = 3.5 \%$

- Pourcentage de poids lourds :  $Z = 10 \%$
- CBR imbibé =7.

❖ **Détermination du type de réseaux principaux :**

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

| Réseau principal | Trafic (véhicules/jour) |
|------------------|-------------------------|
| RP1              | >1500                   |
| RP2              | <1500                   |

$TJMA_{2008} = 11602 \text{ V/j.}$

$11602 \text{ V/j} > 1500 \text{ (V/j)} \longrightarrow$  le réseau principal est RP1.

❖ **Détermination de la classe de trafic :**

**Définition du poids lourd :**

Un poids lourd (PL) est un véhicule de plus de 3.5 tonnes de poids total autorisé en charge.

- $TJMA_{2030} = 24729 \text{ v/j.}$
- $\tau = 3.5 \%$ .
- $Z = 10\%$ .
- $TPL = 24729 \times 0.1 \times 0.5 = 1237 \text{ PL/ j/sens.}$

**Répartition transversale du trafic :**

En l'absence d'informations précises sur la répartition de poids lourds sur les différentes voies de circulation, on adoptera la valeur suivante :

- chaussée unidirectionnelles à  $2 \times 2$ voies :90% du trafic PL sur la voie lente de droite.

$TPL_{2010} = 1237 \times 0.9 = 1114 \text{ (PL/j/sens).}$

**Détermination de la classe de trafic (TPLi) :**

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

classe TPLi pour RP1 :

| TPL <sub>i</sub> | TPL <sub>3</sub> | TPL <sub>4</sub> | TPL <sub>5</sub> | TPL <sub>6</sub> | TPL <sub>7</sub> |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| PL/j/sens        | 150-300          | 300-600          | 600-1500         | 1500-3000        | 3000-6000        |

$TPL = 1114$  (PL/j/sens).  $\longrightarrow$  La classe de trafic est  $TPL_5$ .

**Remarque : dans l'amélioration du sol il faut passer à S4 au S2 par ce qu'on a RP1.TPL5 les structures proposées par CTTP (catalogue 2003) pour S0, S1, S2 alors ajoute 60cm de matériaux non traités en 2 couches.**

**Nouvelle valeur de CBR=15.**

❖ **Détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

**Présentation des classes de portance des sols :**

Le tableau suivant regroupe les classes de portance des sols par ordre de  $S_4$  à  $S_0$ . Cette classification sera également utilisée pour les sol-supports de chaussée.

| Portance ( $S_i$ ) | CBR   |
|--------------------|-------|
| S4                 | <5    |
| S3                 | 5-10  |
| S2                 | 10-25 |
| S1                 | 25-40 |
| S0                 | >40   |

**Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :**

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

$S_3, S_2, S_1, S_0$ . Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{CBR}$$

| Classes de sol-support | $S_3$ | $S_2$  | $S_1$   | $S_0$ |
|------------------------|-------|--------|---------|-------|
| Module (MPa)           | 25-50 | 50-125 | 125-200 | >200  |

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times 15 = 75 \text{ (MPa)} \longrightarrow S_2.$$

▪ **Choix de différentes couches constitue de la chaussée :**

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : GC. Ou GNT

### Détermination de la zone climatique :

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, notre projet est dans la zone climatique I (>600mm/an).

### Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (3.5%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL5).

Avec toutes ces données le catalogue Algérien (fascicule 3) on a proposé la structure suivante:

|  |    | RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1) GB/GB  |                        |                        |
|--|----|---|------------------------|------------------------|
|  |    | FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE BITUME |                        |                        |
| Type : MTB                                       |    |   |                        |                        |
| Zone climatique : I et II                        |    |   |                        |                        |
| Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4% |    |   |                        |                        |
| TPLi<br>PL/j/sens                                | Si | S2  | S1                     | S0                     |
|  |    | 50 MPa                                    | 125 MPa                | 200 MPa                |
| 6000   |    | 8 BB<br>14 GB<br>15 GB                    | 8 BB<br>12 GB<br>13 GB | 8 BB<br>11 GB<br>11 GB |
| TPL7   |    |   |                        |                        |
| 3000   |    | 8 BB<br>12 GB<br>13 GB                    | 8 BB<br>11 GB<br>11 GB | 8 BB<br>10 GB<br>10 GB |
| TPL6   |    |   |                        |                        |
| 1500   |    | 6 BB<br>11 GB<br>12 GB                    | 6 BB<br>10 GB<br>10 GB |                        |
| TPL5   |    |   |                        |                        |
| 600  |    |   |                        |                        |

2

RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1)


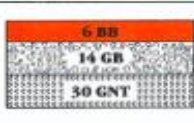

GB/GNT

FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE NON TRAITEE

Type : MTB

Zone climatique : I et II

Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

| TPI<br>PL/j/sens | Si     | S2  | S1   | S0  |
|------------------|--------|---|--|---|
|                  | 50 MPa | 125 MPa   | 200 MPa  |   |
| 6000             |        |   |  |   |
| TPL7             |        |   |  |   |
| 3000             |        |   |  |   |
| TPL6             |        |   |  |   |
| 1500             |        |   |  |   |
| TPL5             |        |  |  |  |
| 600              |        |   |  |   |

- Donc soit une structure MTB GB/GB :

$$6BB+11GB+12GB+60TVO$$

- Ou bien une structure MTB GB/GNT :

$$6BB+20GB+30GNT+60TVO$$

- Et n'oublier pas pour la methode CBR :

$$6BB+12GB+20GC+50TUF$$

Catalogue dimensionnement du  
corps de chaussée

Méthode CBR

Le choix du corps de chaussée d'après les résultats récapitulatif, nous remarquons que la méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves nous a donné des épaisseurs plus grandes que la méthode CBR.

Pour cela et il y a aussi des autres raisons économiques, On opte la Méthode CBR.

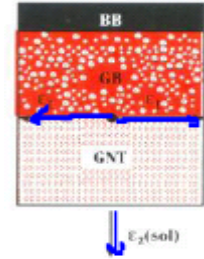
#### 6- Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol support :

Pour la structure donnée par CBR : **6BB+12GB+20GC+50TUF**

Il faudra vérifier que  $\epsilon_t$  et  $\epsilon_z$  calculées à l'aide d'Alize III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à  $\epsilon_{t, adm}$  et  $\epsilon_{z, adm}$ .

$$\epsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times \left(\frac{TCEi}{10^6}\right)^{-0.235}$$

$$\epsilon_{t.ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$



**Calcul de la déformation admissible sur le sol support :**

$$\epsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times -0.235$$

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \times 365 \times A$$

- **TPLi**=560pl/j/vois la plus chargée.
- **N**=20 ans
- **I**=3.5%
- Coefficient d'agressivité : **A= 0.6**

| Niveau de réseau principal (RPI) | Types de matériaux et structures                                       | Valeurs de A |
|----------------------------------|--|--------------|
| <b>RPI</b>                       | Chaussées à matériaux traités au bitume : GB/GB , GB/Tuf , GB/SG...    | <b>0,6</b>   |
|                                  | Chaussées à matériaux traités aux liants hydrauliques : GL/GL , BCg/GC | 1            |

Donc **TCEi** =  $3.47 \times 10^6$  essieux équivalents de 13 tonnes

$$\epsilon_{z.ad} = 22.10^{-3} \times (3.47.10^6 / 10^6)^{-0.235} = 1.642 \cdot 10^{-2}$$

**Calcul de la déformation admissible  $\epsilon_{t.ad}$  à la base de GB :**

$$\epsilon_{t.ad} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) \times Kne \times K\theta \times Kr \times Kc$$

| Température équivalente $\theta_{eq}$ (°C) | Zone climatique |     |    |
|--|-----------------|-----|----|
|  | I et II         | III | IV |
|  | <b>20</b>       | 25  | 30 |

| Matériau (MTB) | E (30°C, 10Hz) (Mpa) | E (25°, 10Hz) (Mpa) | E (20°, 10Hz) (Mpa) | E (10°, 10Hz) (Mpa) | $\epsilon_6$ (10°, 25Hz) ( $10^{-6}$ ) | -1/b        | SN          | Sh (cm)  | v           | kc Calage  |
|----------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|-------------|-------------|----------|-------------|------------|
| BB             | 2500                 | 3500                | 4000                | -                   | -                                      | -           | -           | -        | 0,35        | -          |
| <b>GB</b>      | 3500                 | 5500                | <b>7000</b>         | <b>12500</b>        | 100                                    | <b>6,84</b> | <b>0,45</b> | <b>3</b> | <b>0,35</b> | <b>1,3</b> |
| SB             | 1500                 | -                   | -                   | 3000                | 245                                    | 7,63        | 0,68        | 2,5      | 0,45        | 1,3        |

$$K_{ne} = \left( \frac{TCEi}{10^6} \right)^b = \left( \frac{3.47 \times 10^6}{10^6} \right)^{-0.146} = 0.833$$

$$K_{\theta} = \left( \frac{E(10^{\circ}C, 10Hz)}{E(\theta_{eq}, 10Hz)} \right)^{0.5} = \left( \frac{12500}{7000} \right)^{0.5} = 1.336$$

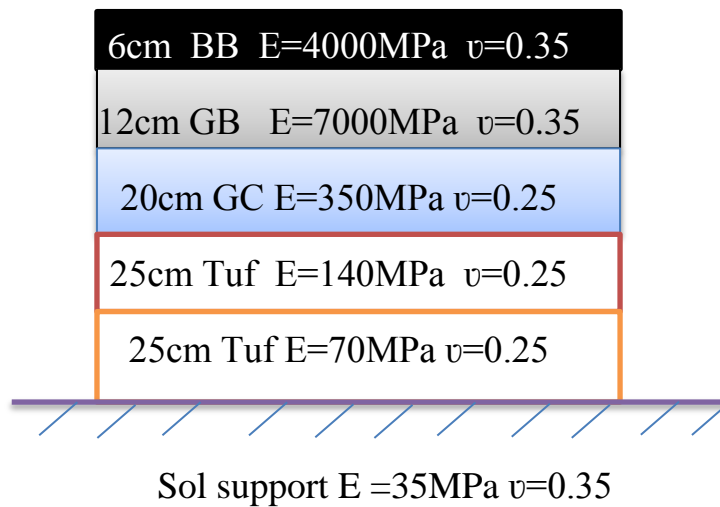
$$K_r = 10^{-tb\delta}, \text{ avec } r=10\%, \text{ d'où } t = -1.282 \quad b = -0.146$$

$$\delta = \sqrt{\left( SN^2 + \left( \frac{c}{b} \times Sh \right)^2 \right)} = \sqrt{\left( 0.45^2 + \left( \frac{0.02}{-0.146} \times 3 \right)^2 \right)} = 0.61$$

$$\text{Donc: } K_r = 10^{-0.114} = 0.768$$

$$\epsilon_{t.ad} = 100 \cdot 10^{-6} \times 0.833 \times 1.336 \times 0.768 \times 1.3 = 1.11 \cdot 10^{-4}$$

### Résultats de calcul par Alize III :





## 8- Echangeurs :

Il est supposé que les bretelles des échangeurs supportent les deux tiers (2 /3) 67% du trafic drainé par chaque sens de l'autoroute, le trafic lourd considéré dans le calcul est de :

$$N = 625 \text{ PL/J/voie}$$

$$E_{\text{eq}} = \frac{100 + \sqrt{P(75 + 50 \log \frac{N}{10})}}{I + 5}$$

Avec :

**P** : Charge maximale par roue (6 ,5 t)

**N** : Nombre moyen journalier des véhicules > 1,5 t à l'année horizon

**I** : Indice CBR

**Log** : Logarithme décimal

**E<sub>éq</sub>** : Epaisseur équivalant en cm

### Application numérique :

L'épaisseur équivalente est égale à  $E_{\text{éq}} = 43,3 \text{ cm}$

Pour une meilleur facilité d'exécution des deux couches (roulement et base), on fixe les deux aux même épaisseurs que l'autoroute et on calcul l'épaisseur réelle de la couche de fondation en grave concassée.

$$e_1 = 6 \text{ cm en béton bitumineux} \quad \Rightarrow a_1 = 2$$

$$e_2 = 12 \text{ cm en grave bitume} \quad \Rightarrow a_2 = 1,4$$

$$e_3 = \text{épaisseur en grave concassée GK} \quad \Rightarrow a_3 = 0,9$$

$$e_3 = \frac{E_{\text{éq}} - a_1 e_1 - a_2 e_2}{a_3}$$

$$e_3 = \frac{43,3 - 6 * 2 - 12 * 1,4}{0,9} = 17 \text{ cm.}$$

La structure proposée est alors :

**6BB + 12GB + 20GC**

# **CHAPITRE VII :**

# **TRACÉ EN PLAN**

## CHAPITRE VII : TRACÉ EN PLAN

### 1- Introduction :

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain. on tenant compte des obligations suivantes :

- une obligation de sécurité, liée au tracé, à la qualité des véhicules admis et à l'adhérence de la surface de roulement.
- une obligation de confort, pour diminuer la fatigue des usagers et la nuisance.
- une obligation d'économie globale, en vue de réduire le coût social des accidents et d'exploitation.
- dans le cas de l'étude de projet routiers, il faudrait tenir compte des variations considérables relatives aux caractéristiques des véhicules admis aux conditions de surface de la chaussée et aux conditions ambiantes (météologie, visibilité ...etc.).

Les projets seront donc basés sur un certain nombre de paramètres physiques moyens choisis de telle sorte que la sécurité et le confort soient assurés dans des conditions normales d'utilisation.

### 2- Définitions :

Le tracé en plan représente une reproduction à échelle réduite d'une projection de la route sur un plan horizontal, ce plan horizontal est en générale une carte topographique ou un plan de situation.

Il est constitué en générale par une succession d'alignements droits et d'arcs de cercles reliés entre eux par des courbes de raccordements progressifs, il est caractérisé par la vitesse de référence qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

### 3-Règles à respecter dans le trace en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes :

- ✓ Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à  $R_{Hnd}$  (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- ✓ L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.

- ✓ Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✓ Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.

#### 4 -Les éléments du tracé en plan :

##### 4.a) Les alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement  $L_{min}$  qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C ou Ove.

La longueur maximale  $L_{max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{min}=5 V$$

$$L_{max}=60 V$$

Avec V en (m/s).

Donc la longueur des alignements dépend de :

- la vitesse VR, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- des sinuosités précédentes et suivant de l'alignement.
- du rayon de courbure de ces sinuosités.

##### ✓ Avantages :

- ligne la plus courte.
- Absence de force centrifuge.
- Bonnes conditions de visibilité.
- Dépassement aisé.
- Construction facile.
- Bonne adaptation aux constructions ou aux ouvrages existants.

##### ✓ Inconvénients :

- de nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Difficulté de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents

ou malaise chez le conducteur.

- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignées.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage, il n'y a pas d'harmonie avec l'aspect des reliefs.

#### 4.b) Arc de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- La stabilité des véhicules.
- L'inscription de véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les tranchées en courbe.

##### 4-b-1) Stabilité en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire de cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules en temps plusieurs, en fait de fortes inclinaisons d'où are cours à augmenter le rayon.

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaisons (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

##### 4-b-2) Rayon horizontal minimal absolu :

$$RH \text{ min} = \frac{Vr^2}{127 (ft + d\text{max})}$$

Ainsi pour chaque  $V_r$  on définit une série de couple (R, d).

##### 4-b-3) Rayon minimal normal :

$$RHN = \frac{(Vr + 20)^2}{127 (ft + d \text{max})}$$

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant  $V_r$  de 20 km/h de roulés en sécurité.

##### 4-b-4) Rayon au dévers minimal :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse  $V_r$  serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé  $d_{\text{min}} = 2.5\%$ .

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d \text{min}}$$

#### 4-b-5) Rayon minimal non déversé :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le divers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon Min non déversé (RHnd).

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 (f' - d \text{ min})}$$

$$RHnd = \frac{VB^2}{127 \times 0.035}$$

Cat 1 - 2

f' = 0.07 cat 3

f' = 0.075 cat 4 -5

#### 4-b-6) Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon  $\geq$  à RHN.
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en  $1/R$  arrondi à 0,5% près.

##### - Si RHm < R < RHN :

$$d = d_{max} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

##### - Si RHN < R < RHd :

$$d = d_{min} + \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$$

- Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal dmin.
- Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Un rayon RHm doit être encadré par des RHN.

#### Remarque :

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

#### 4-c) Sur largeur :

Un long véhicule a 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

$$S = L^2 / 2R$$

**L** : longueur du véhicule. (Valeur moyenne  $L = 10$  m)

**R** : rayon de l'axe de la route.

| Rayon (m) | Sur largeur (m) |
|-----------|-----------------|
| 40        | 1.25            |
| 45        | 1.00            |
| 60        | 1.00            |
| 80        | 0.5             |
| 100       | 0.5             |
| 160       | 0.25            |
| 180       | 0.25            |

#### 4-d) Courbes de raccordements :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires.

##### 4-d-1) Rôle et nécessité du CR :

L'emploi du CR se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

##### 4-d-2) Types de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirer d'une variation continue de la courbure, on a retenu les trois courbes suivantes :

##### a. Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

##### b. Lemniscate :

Courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.



conditions suivantes :

❖ **Condition optique :**

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

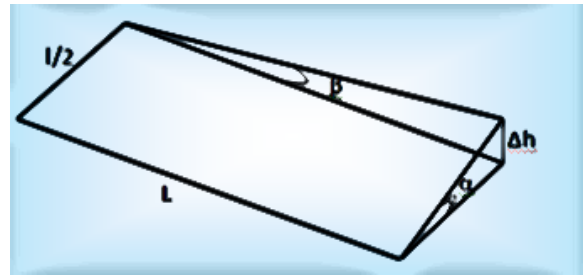
$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3.$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

Pour  $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$  (éventuellement 0.5m) d'où  $L = (24.R.\Delta R)^{1/2}$

Pour  $1500 < R \leq 5000\text{m}$ ,  $\tau = 3^\circ$  c'est-à-dire  $L = R/9$

Pour  $R > 5000\text{m} \Rightarrow \Delta R$  limité à  $2.5\text{m}$  soit  $L = 7,75 (R)^{1/2}$



❖ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule. La variation de l'accélération transversale est :  $(\frac{V^2}{R} - g.\Delta d)$  Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur  $Kg = g/0.2VB$

Avec une gravitation  $g = 9.8\text{m/s}$  on opte :

$$L \geq \frac{V_B^2}{18} \left( \frac{V_B^2}{127.R} - \Delta d \right)$$

$V_B$  : vitesse de base (Km/h).

$R$  : le rayon (m).

$\Delta d$  : la variation de divers ( $\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$ ) (%).

❖ **Condition de gauchissement :**

La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de telle sorte.

Nous avons :  $\Delta p \leq \frac{0.5}{V_B}$

$$L \geq I.\Delta d.V_B$$

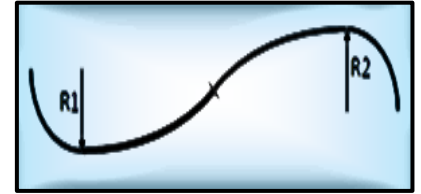
$I$  : largeur de chaussée

5- Combinaison des éléments de tracé en plan :

La combinaison des éléments de tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

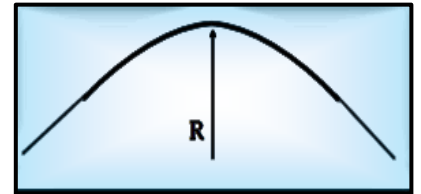
### 5.a) Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.



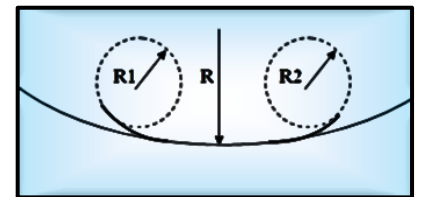
### 5.b) Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.



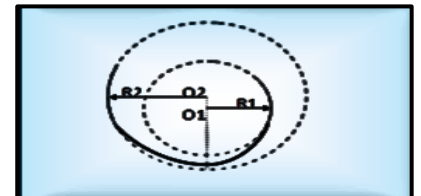
### 5.c) Courbe en C :

Une courbe constituée deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.



### 5.d) Courbe en Ovale:

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.



## 6-La vitesse de référence :

La vitesse de référence ( $V_r$ ) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief...etc.).

### 6-a) Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation

## 7-Vitesse de projet:

La vitesse de projet  $V_p$  est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort, lorsque ces facteurs ne rapporte a un point particulier du tracé et permet de déterminer en ce point les éléments géométriques nécessaires que la sécurité et le confort soient assurés (Conditions de visibilité).

### Remarque :

La vitesse de référence choisie dans notre projet et de  $V_r = 80 \text{ Km/h}$  pour la périphérique Zéralda-Cyberparc,  $40\text{km/h}$  pour les bretelles.

## 8- Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C1, dans un environnement E2, avec une vitesse de base  $V_B = 80 \text{ km/h}$

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées des normes **B40**.

| Paramètres  | Symboles  | Valeurs      | Unités |
|---|-----------|--------------|--------|
| Vitesse   | $V_B$     | 80           | km/h   |
| Longueur minimale                                 | $L_{min}$ | 112          | m      |
| Longueur maximale                                 | $L_{max}$ | 1334         | m      |
| Devers minimal                                    | $d_{min}$ | 2.5          | %      |
| Devers maximal                                    | $d_{max}$ | 7            | %      |
| Temps de perception réaction                      | $t_1$     | 2            | S      |
| Frottement longitudinal                           | $f_L$     | 0.39         |        |
| Frottement transversal                            | $f_t$     | 0.13         |        |
| Distance de freinage                              | $d_0$     | 65           | m      |
| Distance d'arrêt                                  | $d_1$     | 109          | m      |
| Distance de visibilité de dépassement minimale    | $d_m$     | 325          | m      |
| Distance de visibilité de dépassement normale     | $d_N$     | 500          | m      |
| Distance de visibilité de manœuvre de dépassement | $d_{Md}$  | 200          | m      |
| RHm rayon horizontal minimum                      | $RH_m$    | 250 (7 %)    | m      |
| RHN rayon horizontal normal                       | $RH_N$    | 450 (5 %)    | m      |
| RHd rayon horizontal déversé                      | $RH_d$    | 1000 (2.5 %) | m      |
| RHnd rayon horizontal non déversé                 | $RH_{nd}$ | 1400(-2.5 %) | m      |

## 9- Échangeur :

On appelle échangeur routier les systèmes de « bretelles » routières permettant de s'engager sur une voie rapide, ou sur une autoroute ou de les quitter pour prendre une autre autoroute ou une route du réseau routier ordinaire. Les échangeurs se trouvent donc aux intersections entre autoroutes, ou entre une route et un autre type de route.

Ils permettent d'éviter tout croisement à niveau pour limiter le ralentissement sur les voies concernées.

Un échangeur routier compte au minimum un pont permettant à une route d'enjamber l'autre.

### 9-a) Définition :

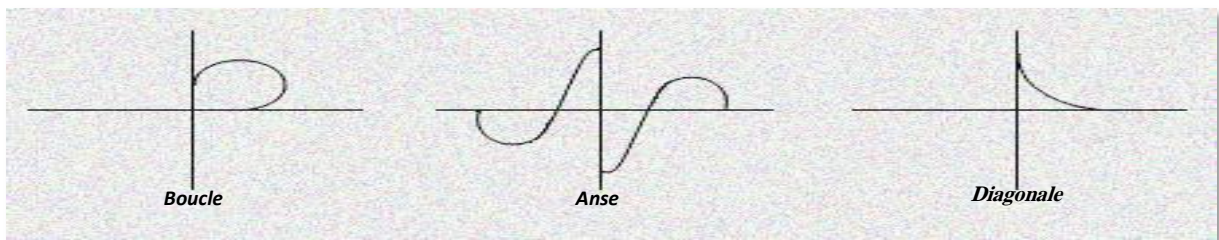
Une bretelle est une surface roulable qui permet le transfert du trafic d'une route à une autre.

Au sens large, c'est une chaussée de transfert dans un échangeur de circulation entre voies à niveaux différents ou entre voies parallèles.

Les bretelles se terminent à une de leurs extrémités par une voie de décélération proprement dite, dont les caractéristiques découlent principalement de la vitesse d'insertion des véhicules sur l'autoroute ou de départ de celle-ci.

### 9-b) Types de bretelles :

Il existe trois types de bretelles dont la combinaison entre eux donne une multitude de formes d'échangeurs.



### 9-c) Caractéristiques des bretelles :

| BRETELLE                | BOUCLE | DIAGONALE | ANSE      |
|-------------------------|--------|-----------|-----------|
| Débit de pointe (uvp/h) | <500   | 500-1000  | 1000-2000 |
| Rayon en plan (m)       | 40-75  | 100-175   | >120      |

### 9-d) Principes généraux :

Avant de porter le choix sur les rayons des boucles et le positionnement de ces derniers, on doit déterminer la largeur d'entrecroisement et qui est en fonction de la vitesse pratiquée sur la route principale (voir tableau ci-dessous).

|         |     |     |     |
|---------|-----|-----|-----|
| VR Km/h | 60  | 80  | >80 |
| Le (m)  | 200 | 300 | 500 |

En ce qui concerne notre étude, on a choisi  $Le = 300m$  (pour  $V_r = 80km/h$ ) cette longueur (représente la distance minimale à respecter et au-delà de celle-ci, impliquera une augmentation d'emprise.

Pour le choix de rayon des boucles des rayons, nos critères sont les suivantes :

- Technique (la plage de rayon (40-70)).
- Economique (entreprise minimum avec un maximum de sécurité).

### 9-e) Tracé en plan des rampes (bretelles, boucles) :

Le tracé des rampes dépend toujours du tracé de la route aux quelles se raccordent, chaque rampe doit présenter une entrée et une sortie, et pour cela il faut bien déterminer leurs distances et prévoir des voies d'accélération ou de décélération.

✓ **Voies d'insertion (d'accélération) : selon la norme (ICTAAL) :**

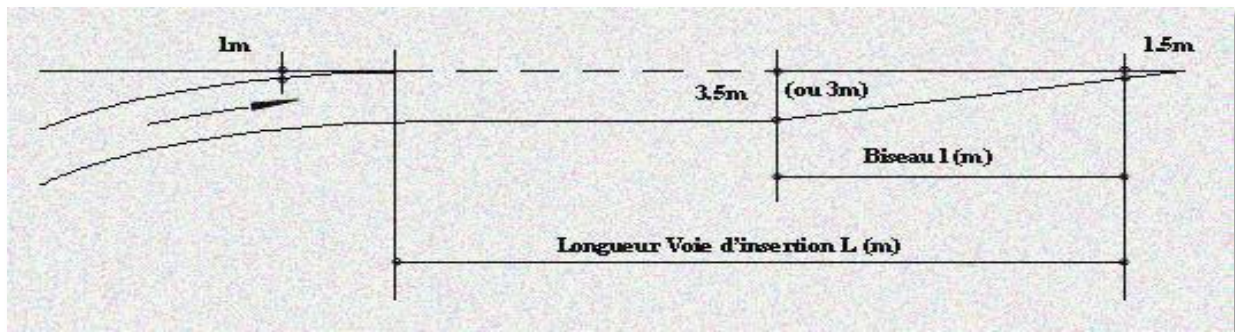
|                       |     |     |     |     |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|
| V <sub>a</sub> (Km/h) | 60  | 80  | 100 | 120 |
| L(m)                  | 140 | 180 | 240 | 320 |
| l(m)                  | 35  | 45  | 65  | 75  |

V<sub>a</sub>: vitesse d'approche à vide.

L : longueur de la voie d'insertion comptée du nez d'entrée réduit à 1m jusqu'au point ou la longueur se réduit à 1.5m.

l : longueur de Biseau.

Les voies d'insertion ont pour largeur :  $\left\{ \begin{array}{l} 3\text{m pour } V_a < 100 \text{ Km/h.} \\ 3.5\text{m pour } V_a \geq 100 \text{ Km/h.} \end{array} \right.$



Dans le cas de notre étude on a :

La longueur de la voie d'insertion :

Dans toutes les directions on a un seul V<sub>r</sub> = 80 Km/h.

- La longueur de la voie d'insertion L = 180 m.
- La longueur de Biseau l = 45 m.

Il y a trois voies d'insertion la première la liaison Mahelma voies primaire L1-5 vers Zéralda et le deuxième la liaison vers cyber-parc et la troisième sur le carrefour en plan vers Zéralda.

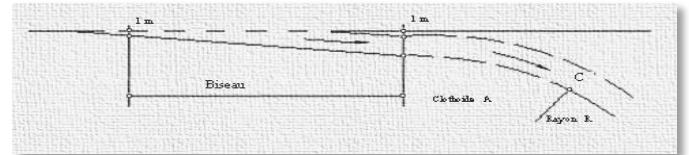
### ✓ Voies de décélération :

La décélération des véhicules quittant la route principale se fait à l'aide de couloirs de décélération de type parallèle ou diagonal.

#### a- Voies de décélération de type diagonale :

L'usage de tel couloir est recommandé pour les tournes à droite, dans le cas ou la vitesse d'approche à vide de l'échangeur est au moins égale à 80 Km/h, le couloir comporte :

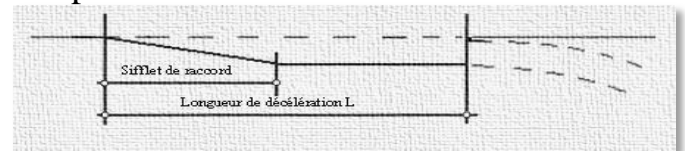
- ✓ Un biseau de sortie rectiligne
- ✓ Un raccordement progressif.



#### b- Voies de décélération de type parallèle :

La voie de décélération de type parallèle comprend un sifflet de raccordement et une voie parallèle à la route principale.

Sa longueur est en fonction de la vitesse d'approche à vide



Le tableau ci-dessous donne la longueur de la voie de décélération (L) et longueur de sifflet de raccordement (ls) en fonction de la vitesse d'approche (norme ICTAAL)

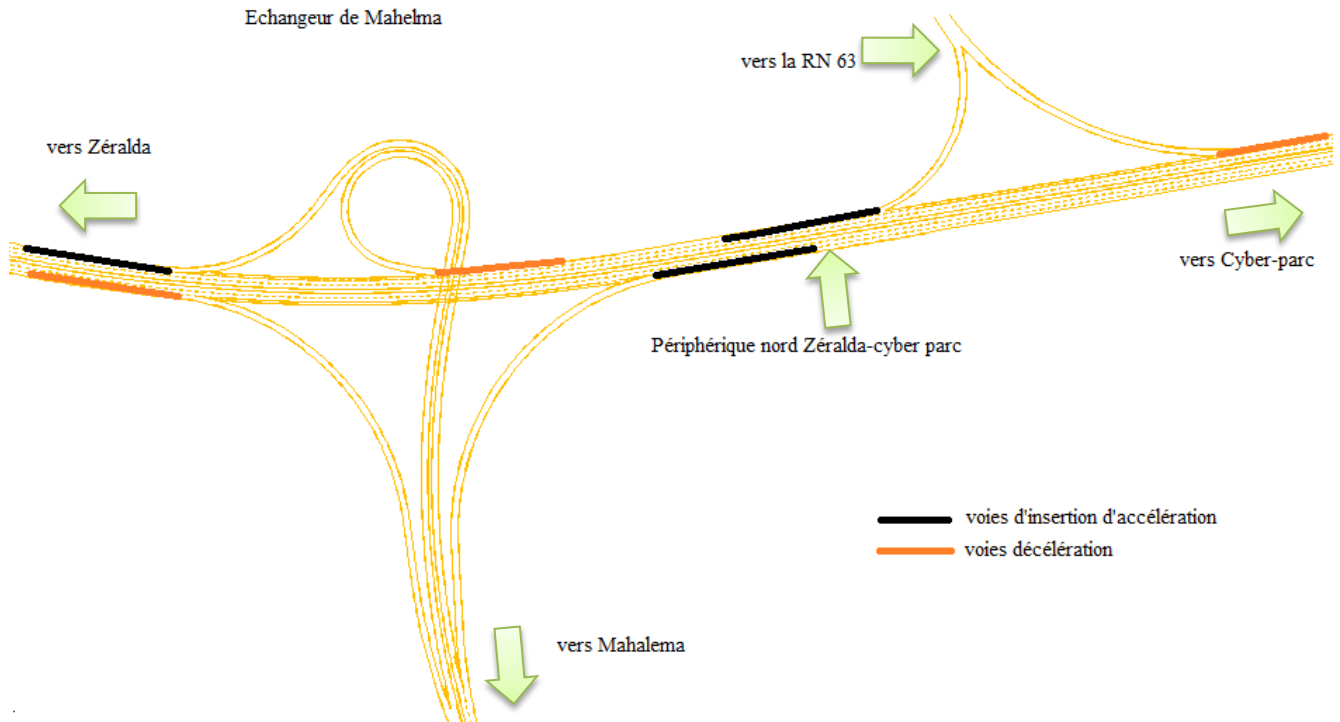
|           |    |     |     |     |
|-----------|----|-----|-----|-----|
| Va (Km/h) | 60 | 80  | 100 | 120 |
| L(m)      | 70 | 115 | 170 | 240 |
| Ls(m)     | 40 | 50  | 60  | 75  |

Pour le cas de notre étude :

La longueur de la voie de décélération:

Il y 3 voies de décélération (zéralda vers Mahelma sur la liaison le deuxième cyber parc vers Mahelma et le dernière cyber parc vers la RN63).

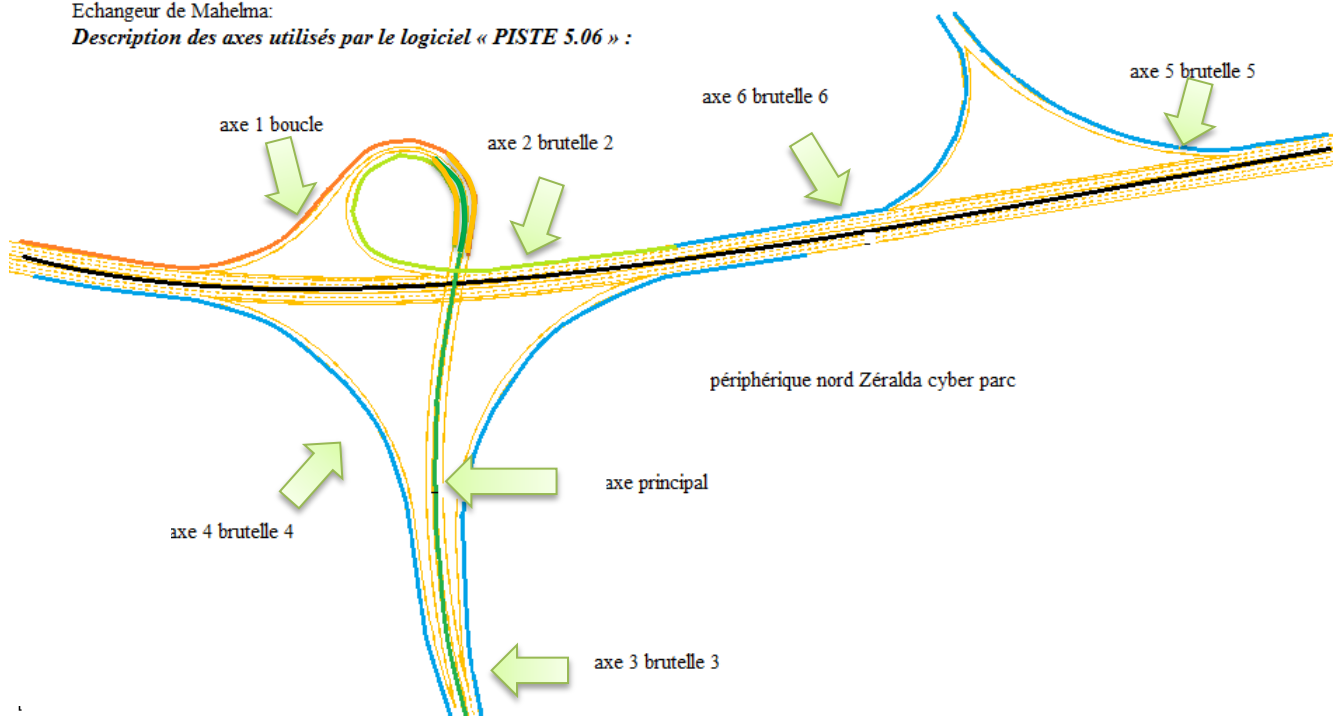
- La longueur de la voie décélération :  $L = 115$  m.
- La longueur de sifflet  $l = 50$  m.



## 10- Description des axes:

Echangeur de Mahelma:

Description des axes utilisés par le logiciel « PISTE 5.06 » :



## 11- Calcul d'axe :

Le calcul d'axe est l'opération de base par laquelle toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste au calcul d'axe point par point du début du tronçon à sa fin.

On a le tableau des coordonnées (x, y) des sommets qui sont déterminés par simple

lecture à partir de la carte topographique et les rayons choisis pour les différentes directions.

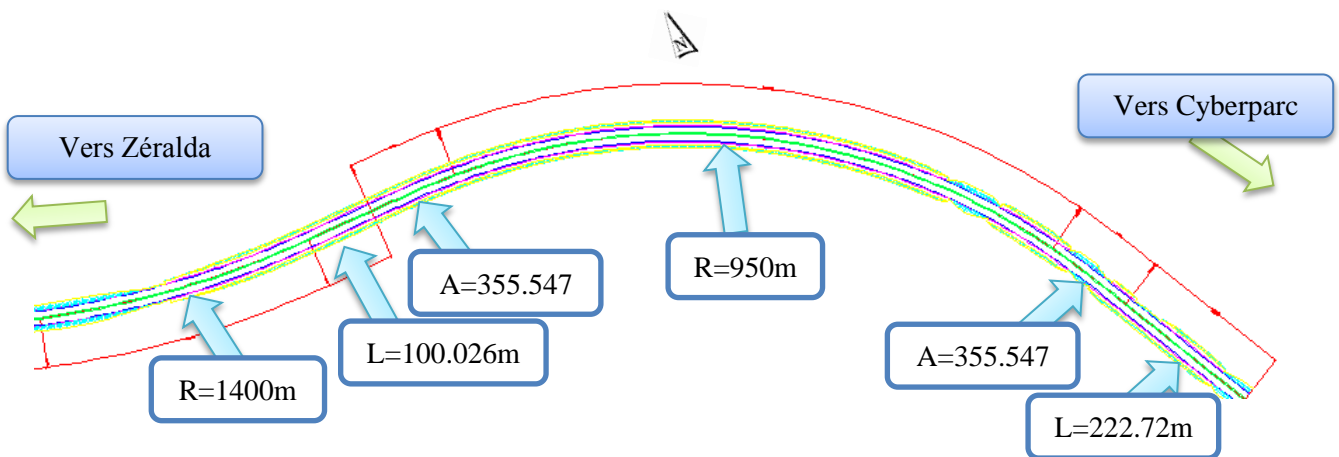
Le calcul d'axe se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ces coordonnées; et il doit suivre les étapes suivantes :

- ✓ Calcul des gisements
- ✓ Calcul de l'angle  $\gamma$  entre les alignements.
- ✓ Calcul de la tangente T.
- ✓ Calcul de la corde polaire SL.
- ✓ Vérification de non- chevauchement.
- ✓ Calcul de l'arc en cercle.
- ✓ Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- ✓ Calcul de kilométrage des points particuliers.

**Nota :** le périphérique et les rampes de l'échangeur sont calculés automatiquement avec le logiciel **Piste 5.06** les résultats sont détaillés dans l'annexe.

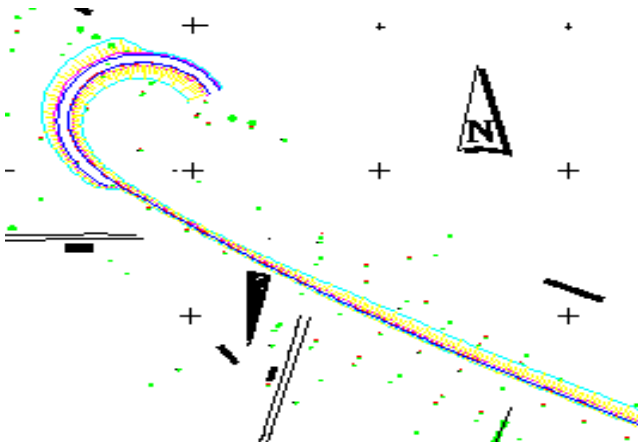
12-Exemple de tracé en plan :

### 12-a) Périphérique nord Zéralda-Cyberparc :

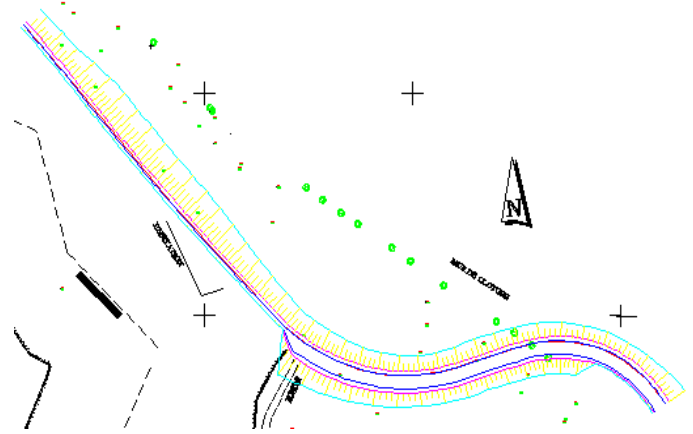


Exemple de tracé en plan de périphérique nord ZERALDA –  
CYBERPARC tronçon de PK 3+225 AU 4+750

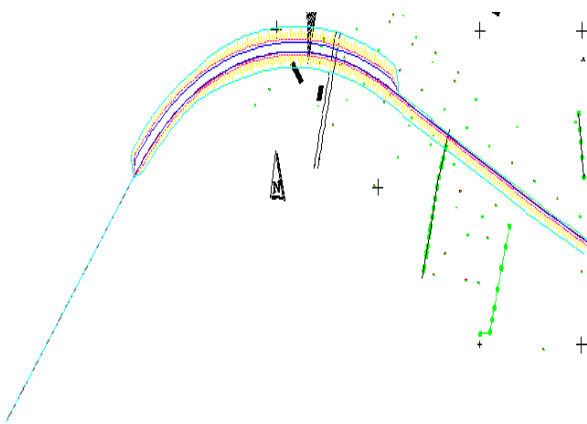
## 12-b) L'échangeur de Mahelma :



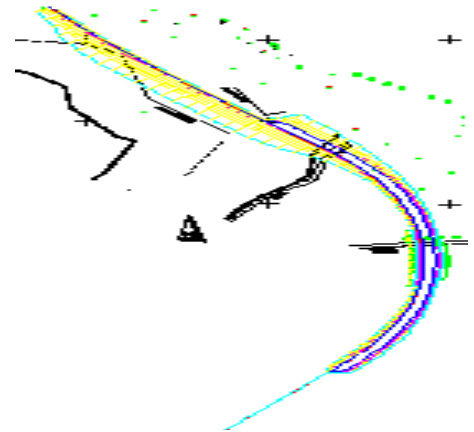
Trace en plan de l'axe 01



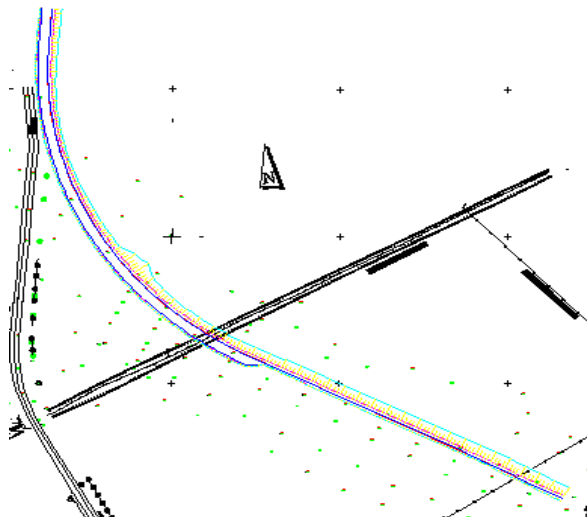
Trace en plan de l'axe 02



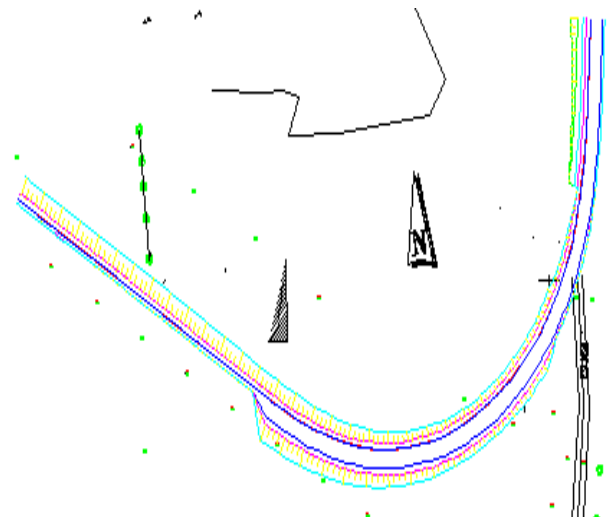
Trace en plan de l'axe 03



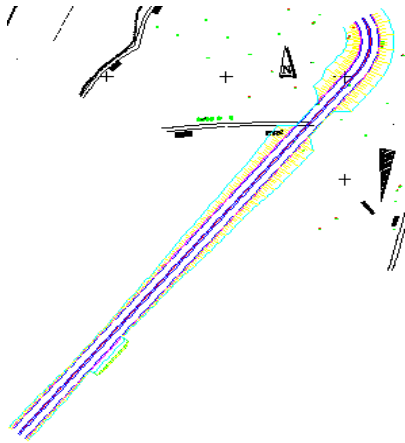
Trace en plan de l'axe 04



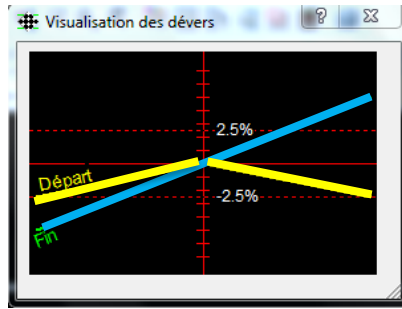
Trace en plan de l'axe 05



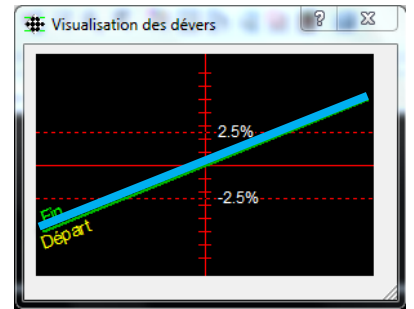
Trace en plan de l'axe 06



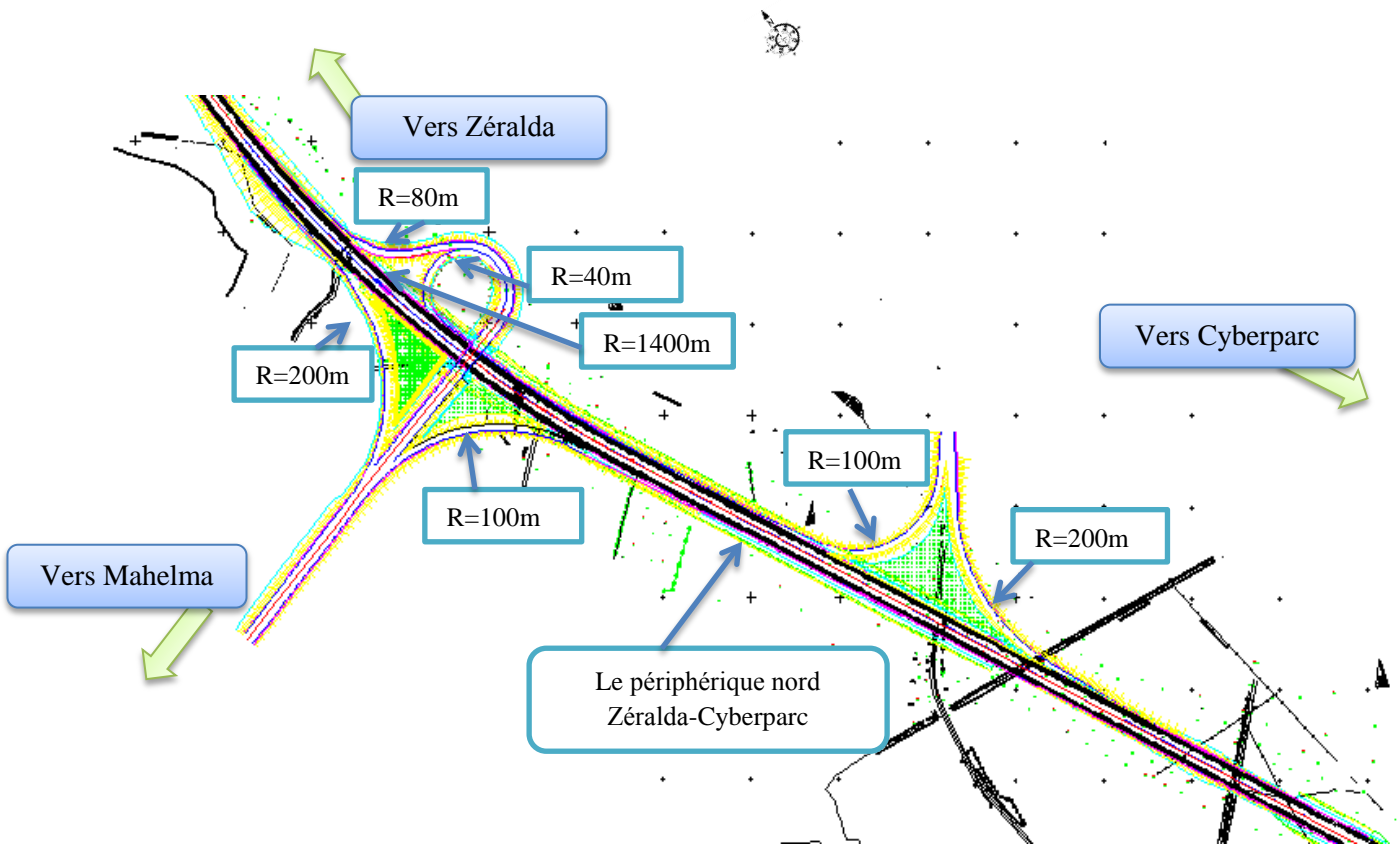
Trace en plan de l'axe principal



Exemple de calcul de dévers  
Cas d'un clotoïde



Exemple de calcul de dévers  
Cas d'un cercle



Tous les axes de l'échangeur

# **CHAPITRE VIII :**

# **PROFIL EN LONG**

## CHAPITRE VIII : PROFIL EN LONG

### 1-Introduction :

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

### 2- Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte sauf dans des cas exceptionnels lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ✓ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- ✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

### 3-Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il faut signaler toute fois et dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan. On devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.

Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

- ✓ Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- ✓ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

$$R_{\text{vertical}} > 6 R_{\text{horizontal}} \text{ pour éviter un défaut d'inflexion.}$$

Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible, lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

### 4- Déclivités :

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente !) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

#### 4.a) Déclivité minimum :

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conservation et à la sécurité, donc Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

#### 4.b) Déclivité maximum :

Il est recommandable d'éviter La déclivité maximum qui dépend de :

- ✓ Condition d'adhérence.
- ✓ Vitesse minimum de PL.
- ✓ Condition économique.

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ( $i_{\text{max}} = 5\%$ ) dans le franchissement de la côtère

**Nota :**

Selon le B-40 on a :

|             |    |    |    |     |     |     |
|-------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| $V_r$ Km/h  | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| $I_{max}$ % | 8  | 7  | 6  | 5   | 4   | 4   |

**Tableau : Variation de la pente maximale en fonction de la vitesse de base**

Pour notre projet  $V_r=80\text{Km/h}$  et catégorie de la route C1 dans l'environnement E2

$I_{max}=6\%$ .

**5- Raccordements en profil en long :**

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

Et on distingue deux types de raccordements :

**5.a) raccordements convexes (angle saillant) :**

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité.

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

**5.a.1) condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à «  $g/40$ (cat 1-2) et  $g/30$ (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2/R_v < g/40 \text{ avec } g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ et } v = V/3.6.$$

$$v^2/R_v < g/40 \text{ avec } g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ et } v = V/3.6.$$

D'où :

$$R_v = 0,3 V^2$$

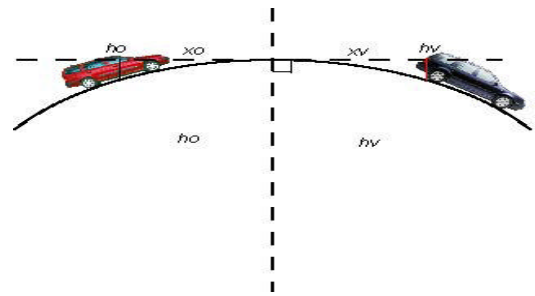
(Cat 1-2)

**5.a.2) condition de visibilité :**

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :



$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_g + 2 \times \sqrt{h_a h_g})} \approx 0.27d^2$$

**d** : Distance de visibilité nécessaire (m)

**h<sub>a</sub>** : Hauteur de l'œil au-dessus de la chaussée = 1.10 m

**h<sub>g</sub>** : Hauteur de l'obstacle = 1.20 m

### 5.b) raccordements concaves (angle rentrant) :

dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R'_v = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

#### 5.b.1) condition esthétique :

une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'utilisateur une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté pour cela il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ( $b > 50$ ) pour des dévers  $d < 10\%$  (spécial échangeur).

$$R_v \text{ min} = 100 \times \frac{50}{\Delta d \%}$$

Avec :

$\Delta d$  : Changement de dévers (%)

$R_{v \text{ min}}$  : rayon vertical minimum (m).

Les rayons assurant ces conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base  $V_r = 80 \text{ Km/h}$  et pour la catégorie 1 et  $V_r$  et vitesse de base sur les bretelles  $V_r = 40 \text{ Km/h}$  on a :

|                                  |                     | Rampes | Périphérique<br>Zéralda-Cyberparc |
|----------------------------------|---------------------|--------|-----------------------------------|
| Vitesse de référence (km/h)      |                     | 40     | 80                                |
| Rayon en angle saillant<br>(Rv1) | Minimal absolu Rvm1 | 500    | 4500                              |
|                                  | Minimal normal Rvn1 | 1500   | 10000                             |
| Rayon en angle<br>rentrant (Rv2) | Minimal absolu Rvm2 | 700    | 2400                              |
|                                  | Minimal normal Rvn2 | 1500   | 3000                              |
| Déclivité maximale $i_{max}$ (%) |                     | 7      | 6                                 |

### 6- Détermination pratique du profil en long :

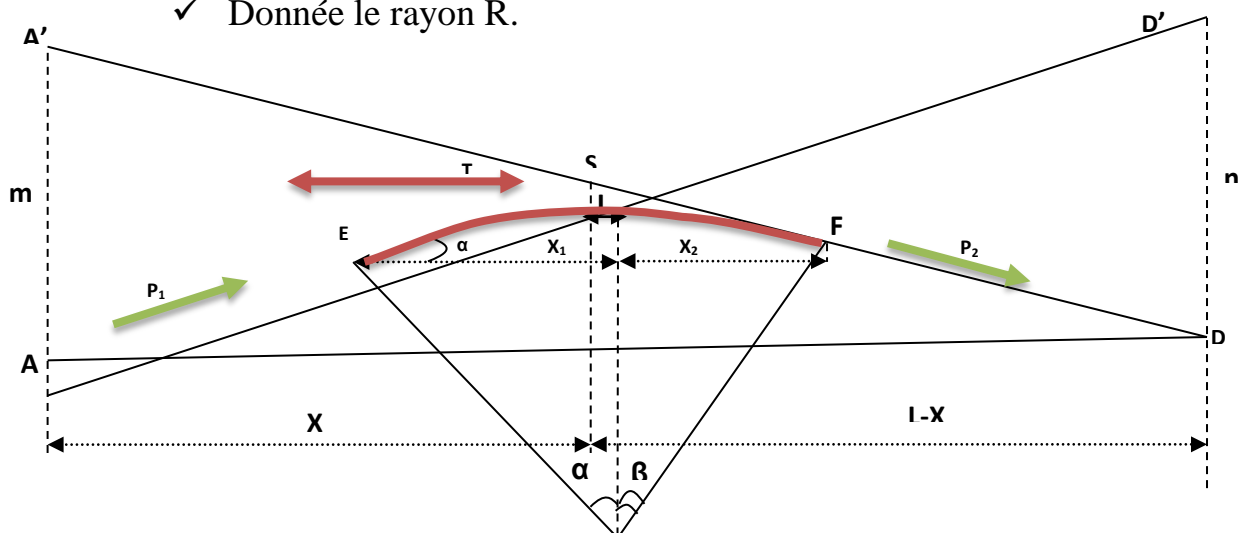
Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2 RY = 0.$$

$$\text{À l'équation de la parabole } X^2 - 2 RY = 0 \rightarrow Y = X^2 / 2 R$$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- ✓ Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- ✓ Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- ✓ Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- ✓ Donnée le rayon R.



### 6.a) détermination de la position du point de rencontre (s) :

$$Z_{A'} = Z_A + L.P_2 \quad , \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{D'} = Z_D + L.P_1 \quad , \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :  $\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_S = x + x_A \\ Z_S = P_1 \cdot x + z_A \end{array} \right.$$

**6.b) calcul de la tangente :**  $T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$

On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = x_S - T \\ Z_E = Z_S - T \cdot P_1 \end{array} \right. \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = x_S + T \\ Z_F = Z_S + T \cdot P_2 \end{array} \right.$$

**6.c) Projection horizontale de la longueur de raccordement :**

$$LR = 2T$$

**6.d) Calcul de la flèche :**

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

**6.e) Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe :**

$$\left\{ \begin{array}{l} H_M = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + X \cdot P_1 - \frac{X^2}{2R} \end{array} \right.$$

**6.f) Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :**

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \cdot P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right. \quad \text{Avec : } \begin{array}{l} X_1 = R \cdot P_1 \\ X_2 = R \cdot P_2 \end{array}$$

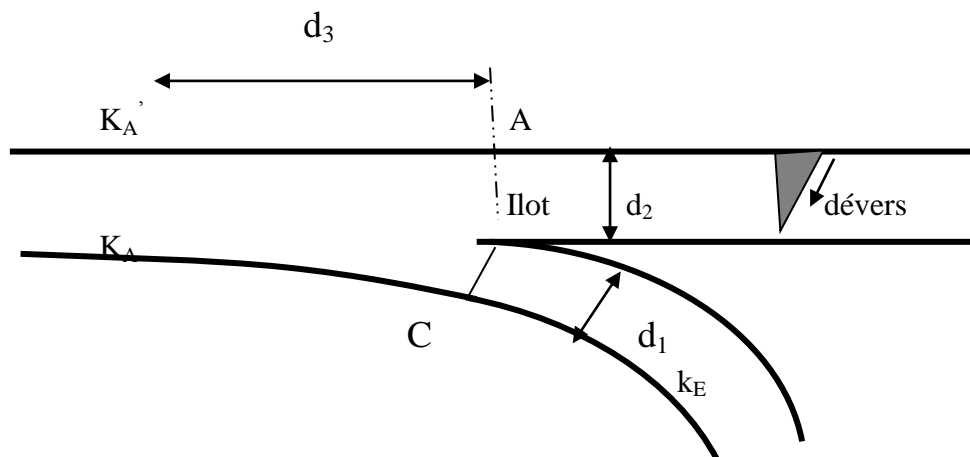
Dans le cas des pentes de même sens le point est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J ver A et D.

### 7- raccordement des dévers :

Le raccordement des dévers dans une rampe d'échangeur se fera de la manière suivante :

- ✓ Dans la partie droite de la rampe le dévers est égal à 2.5%.
- ✓ Dans la partie circulaire le dévers est constant et prend la valeur de 6%.
- ✓ Entre l'alignement droit et la courbe circulaire (sur la clothoïde), le devers est variable.

### + Calcul des devers au niveau des clothoïdes :



- ✓ Avec une projection du point de l'îlot sur l'axe de la route on obtient le PK de l'îlot sur la route
- ✓ Et avec une projection du point de l'îlot sur l'axe de la rampe on obtient le PK de l'îlot sur la rampe

$$\text{PK de A} = \text{PK de } K_{A'} + d_3$$

- ✓ Sur le profil en long de la route, on reporte le PK du point A et on calcul l'altitude de la ligne rouge (altitude du point A).
- ✓ Connaissant l'altitude de A, le dévers et la distance (d2) on calcul l'altitude du point d'îlot. .

$$Z_{\text{ILOT}} = Z_A + (\text{dévers}/100) \times d_2$$

- ✓ On calcul la distance KAC, puis sur le profil en long de la rampe on calcul l'altitude du point C d'où le dévers au niveau du nez d'îlot.

## 8- Exemple de calcul de profil en long :

### 8.a) Cas d'un Raccordements convexes :

#### • Raccordement N°01 : R=10000 m au niveau PK 0+475

$$A: \begin{cases} S_A = 327,86 \text{ m} \\ Z_A = 86,37 \text{ m} \end{cases}$$

$$S: \begin{cases} S_S = 450 \text{ m} \\ Z_S = 91 \text{ m} \end{cases}$$

$$D: \begin{cases} S_D = 500 \text{ m} \\ Z_D = 94 \text{ m} \end{cases}$$

#### ✓ Calcul des pentes :

$$i_1 = \left| \frac{(Z_S - Z_A)}{(S_S - S_A)} \right| = \left| \frac{(91 - 86.37)}{(450 - 327.86)} \right| = 0.0341 = 3.41\%$$

$$i_2 = \left| \frac{(Z_S - Z_D)}{(S_S - S_D)} \right| = \left| \frac{(91 - 94)}{(450 - 500)} \right| = 0.06 = 6\%$$

#### ✓ Calcul des tangentes :

$$T = (|i_1| + |i_2|) \times R/2 = (|3.41\%| + |-6\%|) \times 10000/2 = 129.5\text{m.}$$

#### ✓ Calcul des flèches :

$$H = T^2/2R = (129.5)^2 / (2 \times 10000) = 0.84\text{m.}$$

#### ✓ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

#### ✚ Calcul des coordonnées du point B:

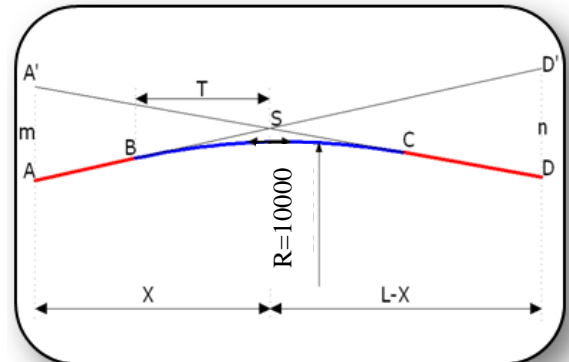
$$\begin{cases} S_B = S_S - T = 450 - 129.5 = 244 \text{ m.} \\ Z_B = Z_S - T \times |i_1\%| = 91 - 129.5 \times |3.41\%| = 86.58 \text{ m.} \end{cases}$$

#### ✚ Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_S + T = 450 + 129.5 = 579.5 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |i_2\%| = 91 - 129.5 \times |-6\%| = 83.23 \text{ m} \end{cases}$$

#### ✓ Calcul de la longueur de la courbe :

$$L = 2 \times T = 2 \times 129.5 = 259 \text{ m.}$$



### 8.b) Cas d'un Raccordements concave :

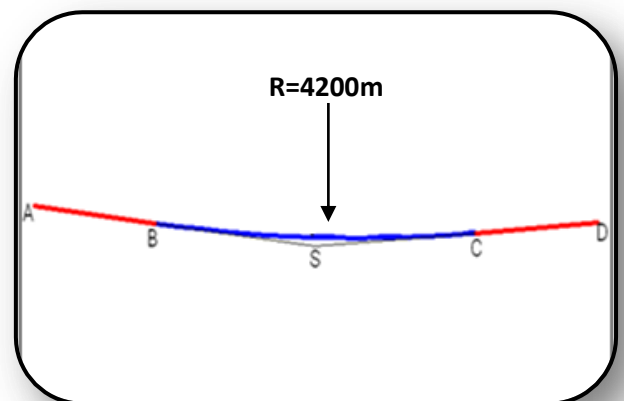
#### • Raccordement N°02 : R= 4200 m

Au niveau de PK 3+00

$$A: \begin{cases} S_A = 2882.33 \text{ m} \\ Z_A = 125.43 \text{ m} \end{cases}$$

$$S: \begin{cases} S_S = 2975 \text{ m} \\ Z_S = 126.98 \text{ m} \end{cases}$$

$$D: \begin{cases} S_D = 3067.12 \text{ m} \\ Z_D = 130.56 \text{ m} \end{cases}$$



✓ Calcul des pentes :

$$i_1 = \left| \frac{(Z_S - Z_A)}{(S_S - S_A)} \right| = \left| \frac{(126.98 - 125.43)}{(2975 - 2882.33)} \right| = 1.67 \%$$

$$i_2 = \left| \frac{(Z_S - Z_D)}{(S_S - S_D)} \right| = \left| \frac{(126.98 - 130.56)}{(2975 - 3067.12)} \right| = 3.88 \%$$

✓ Calcul des tangentes :

$$T = (|i_1| + |i_2|) \times R/2 = (|-1.67\%| + |3.88\%|) \times 4200/2 = 116.55 \text{ m}$$

✓ Calcul des flèches :

$$H = T^2/2R = (116.55)^2 / (2 \times 4200) = 1.61 \text{ m}$$

✓ Calcul des coordonnées des points de tangentes :

✚ Calcul des coordonnées du point B :

$$\begin{cases} S_B = S_S - T = 2975 - 116.55 = 2858.45 \text{ m} \\ Z_B = Z_S + T \times |i_1\%| = 126.98 + 116.55 \times |-1.67\%| = 128.92 \text{ m} \end{cases}$$

✚ Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_S + T = 2975 + 116.55 = 3091.55 \text{ m} \\ Z_C = Z_S + T \times |i_2\%| = 126.98 + 116.55 \times |3.88\%| = 131.5 \text{ m} \end{cases}$$

✓ Calcul de la longueur de la courbe :

$$L = 2 \times T = 2 \times 116.55 = 233.1 \text{ m}$$

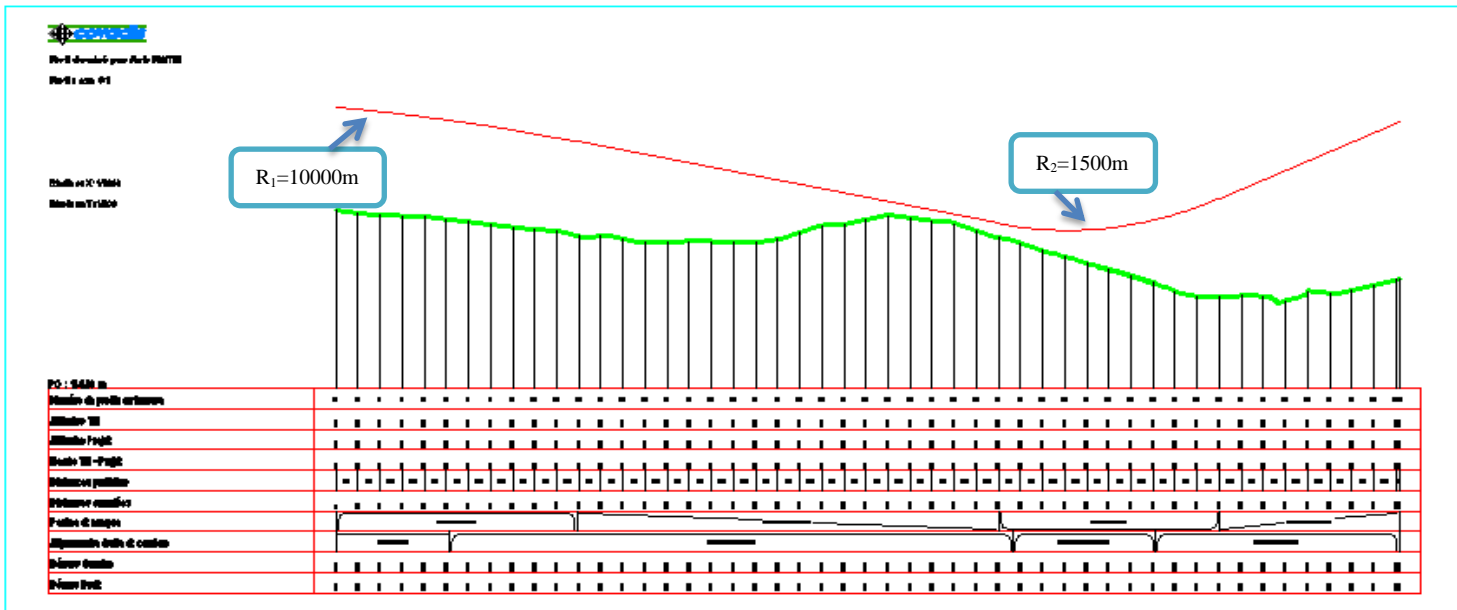
Les résultats de calcul sont joints en annexe

9- Application au projet :

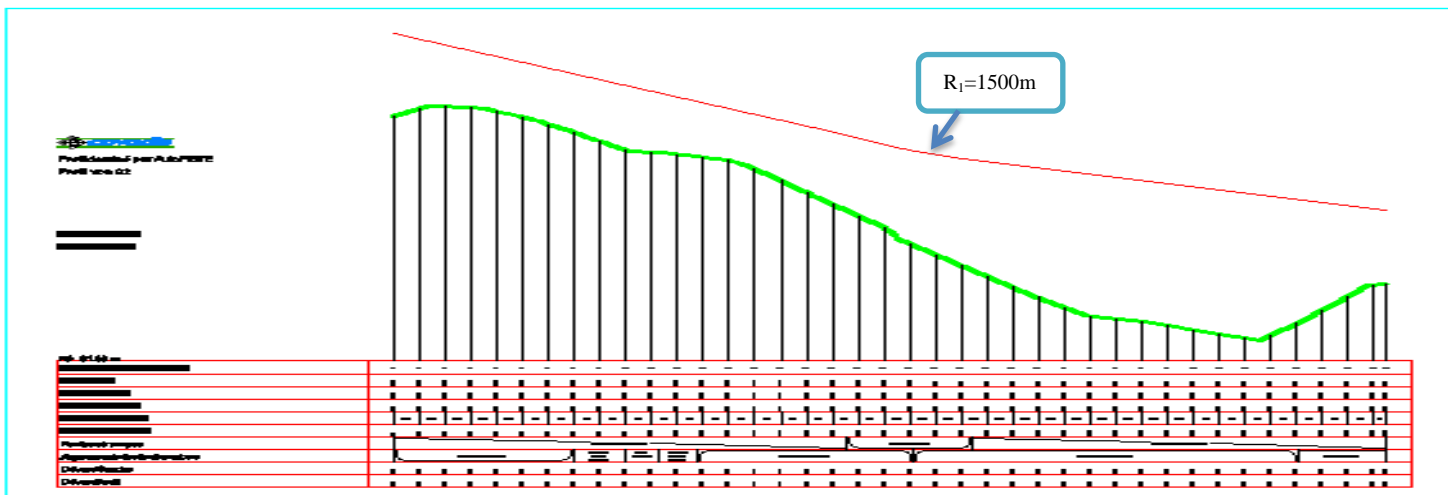
|  | Rayon concave (m) | Rayon convexe (m)             | Longueur de l'axe (m) |
|--|-------------------|-------------------------------|-----------------------|
| <b>Périphérique nord<br/>Zéralda-cyberparc</b> |                   | 10000 m<br>10000 m<br>10000 m | 5,111 Km              |
| <b>L'échangeur</b>                             |                   |                               |                       |
| <b>Axe principale</b>                          | 1500 m            | 1500 m                        | 509,207 m             |
| <b>Axe 1 boucle</b>                            | 1500 m            |                               | 527,804 m             |
| <b>Axe 2 bretelle 2</b>                        | 1500 m            |                               | 369,337 m             |
| <b>Axe 3 bretelle 3</b>                        | 1500 m            | 1500 m                        | 698,461 m             |
| <b>Axe 4 bretelle 4</b>                        | 5000 m            | 5000 m                        | 668,763 m             |
| <b>Axe 5 bretelle 5</b>                        | 10000 m           |                               | 441,548 m             |
| <b>Axe 6 bretelle 6</b>                        | 5000 m            | 5000 m                        | 348,416 m             |



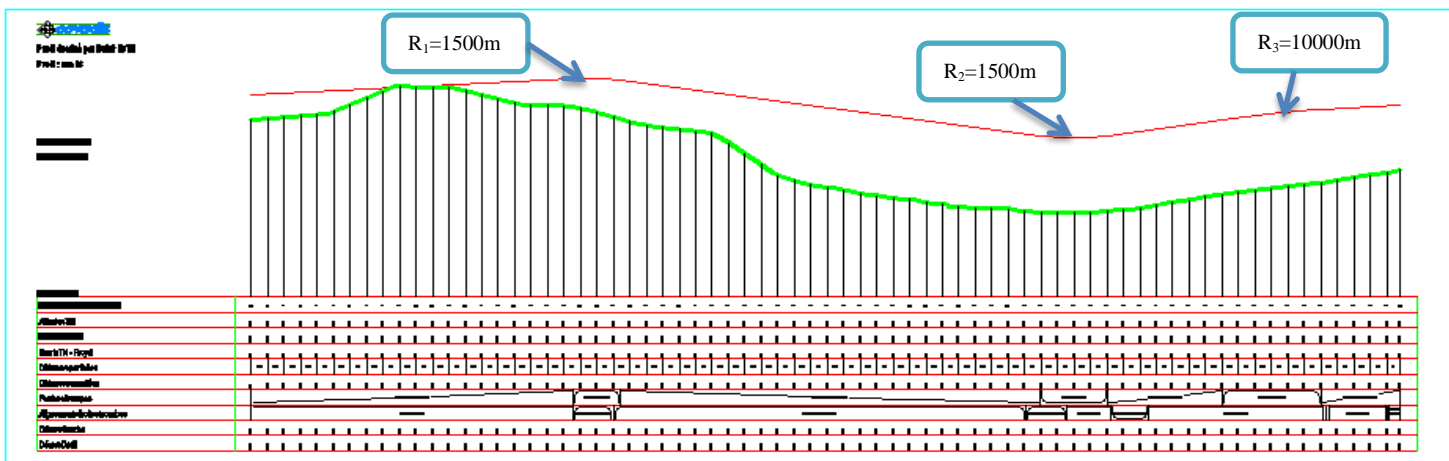
PROFIL EN LONG AXE 01



PROFIL EN LONG AXE 02



PROFIL EN LONG AXE 03



# **CHAPITRE IX :**

## **PROFIL EN**

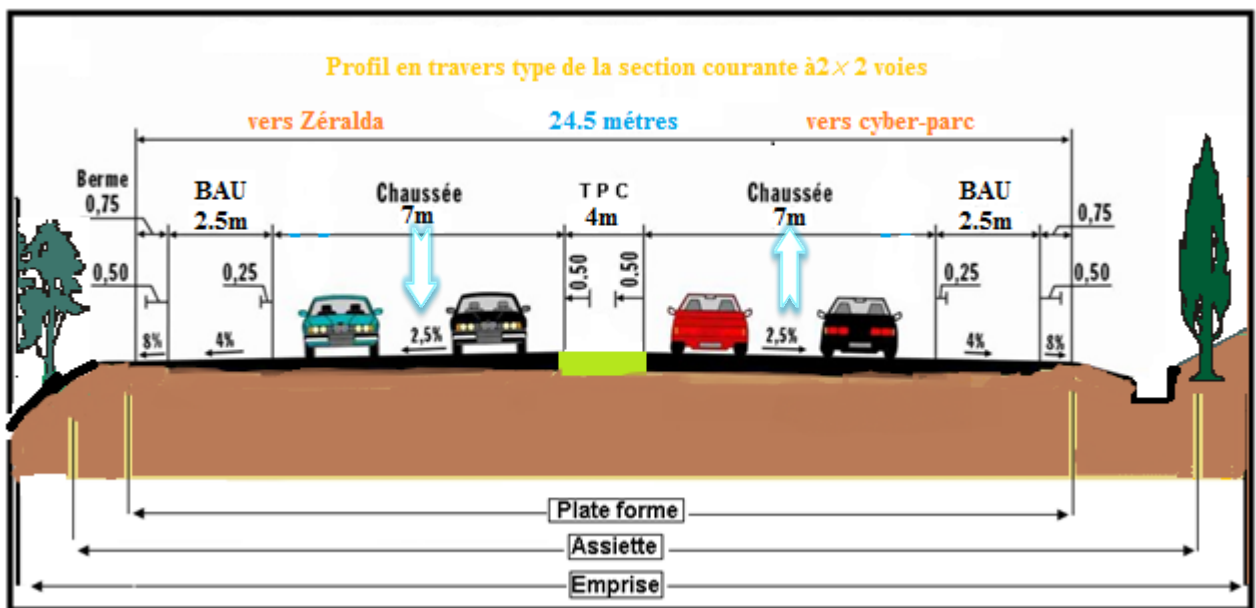
### **TRAVERS**

## CHAPITRE IX : PROFIL EN TRAVERS

### 1- Définition :

Profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...).

### 2- Les éléments du profil en travers :



- ✓ **L'emprise** : partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.
- ✓ **L'assiette** : surface du terrain réellement occupée par la route.
- ✓ **Plate-forme** : surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.
- ✓ **Chaussée** : surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.
- ✓ **Accotements** : zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée.

L'accotement est constitué de la berme et de la bande d'arrêt d'urgence.

- ❖ **Bande d'arrêt d'urgence :** Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- ❖ **La berme :** Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.
- ✓ **Terre- plein central (T.P.C) :** Il assure la séparation matérielles des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- ✓ **Couche de surface ou de roulement :** La couche de surface constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné permet d'encaisser les efforts et le cisaillement provoqués par la circulation et d'assurer l'imperméabilisation de la chaussée.  
Cette couche peut être simple c'est à dire réalisée en une seule couche d'un matériau, ou multiple, c'est à dire réalisée en plusieurs de matériaux différents.  
Dans ce dernier cas, on appelle couche de roulement celle qui est en contact direct avec les roues ; les autres couches sont appelées couches de liaison.
- ✓ **Couche de base:** La couche de base a pour objet de résister aux efforts verticaux et de répartir sur le terrain les pressions qui en résultent .elle est constituée d'un matériau non traité de bonnes caractéristiques mécaniques.
- ✓ **Couche de fondation :** La couche de fondation forme avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base .mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité (le tuf).
- ✓ **Sous couche :** Lorsque le corps de chaussée doit être préservé contre certains effets, on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire appelée sous couche (anti-contaminant pour empêcher les remontées d'argile, drainante pour assurer le drainage de la fondation, ou anticapillaire pour couper les remontées capillaires).
- ✓ **Couche de forme :** La couche de forme est la surface de terrain préparée sur laquelle est édifiée la chaussée. Dans certains cas, on peut avoir intérêt à remplacer sur certaine épaisseur le sol naturel par un meilleur sol, sélectionné à cet effet on constitue ainsi une couche de forme qui améliore la portance du support en permettant entre autre la circulation des engins de chantier.
- ✓ **Les trottoirs :** dans les agglomérations les accotements sont spécialement aménagés pour la circulation des piétons, ils prennent le nom de trottoir.
- ✓ **Banquettes :** lorsque le bord de l'accotement d'une route en remblai est plus de

1,00m au-dessus du sol naturel, on réduit les risques d'accident en établissant une levée de terre appelée banquette .de nos jours les banquettes sont remplacées par des glissières de sécurité.

- ✓ **Descentes de l'eau :** Elles permettent l'évacuation des eaux de ruissellement le long des talus de remblai ou de déblai.

### 3- Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profil :

- ✓ Profil en travers type.
- ✓ Profil en travers courant.

#### 3.a) Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes.

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

#### 3.b) Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distances régulières (10, 15, 20,25m...).qui servent à calculer les cubatures.

### 4- Profil en travers de la route :

L'étude du trafic a mentionné qu'il était nécessaire d'avoir un profil en travers à 2 x 2voie (deux voie par sens) de 3.5m de largeur de chaque voie avec un band d'arrêt urgence de 2.5m.

### 5-Profil en travers des bretelles :

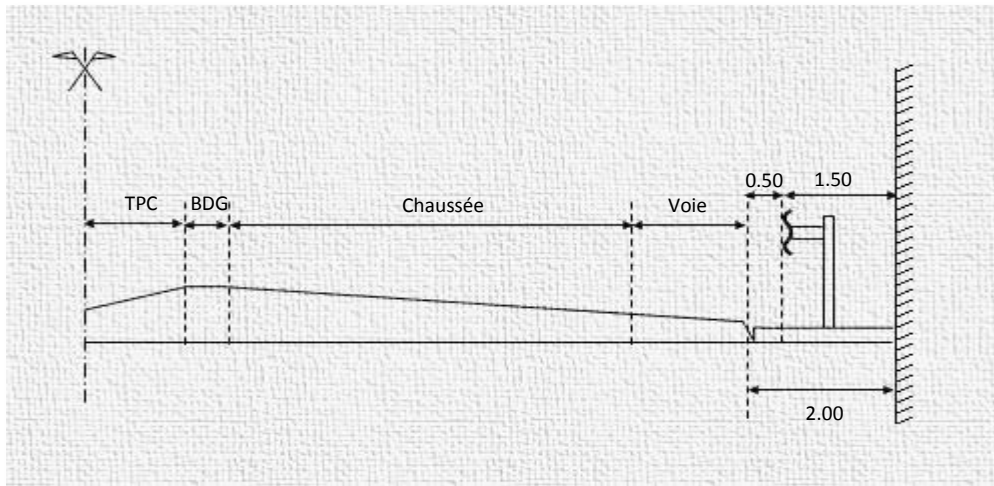
L'étude du trafic a mentionné qu'il était seulement nécessaire d'avoir une voie pour assurer les bonnes conditions aux mouvements des véhicules entre les différents itinéraires, le profil en travers des chaussées des bretelles est constitué de largeur prise.

Egale à 5m minée d'une sur-largeur de 1,5m et BAU de 2,5m pour chaque côté (0.5m de BDG).

## 6- Profil en travers sous l'ouvrage d'art :

La route qui passe sous l'ouvrage d'art à des bandes d'arrêts en section courante, elles sont en générale maintenues sous l'ouvrage sans réduction de largeur.

D'après ICTAAL, la distance de parement intérieur d'un appui latéral au bord de la chaussée, la plus proche est fixe à 2m quel que soit la vitesse de référence.

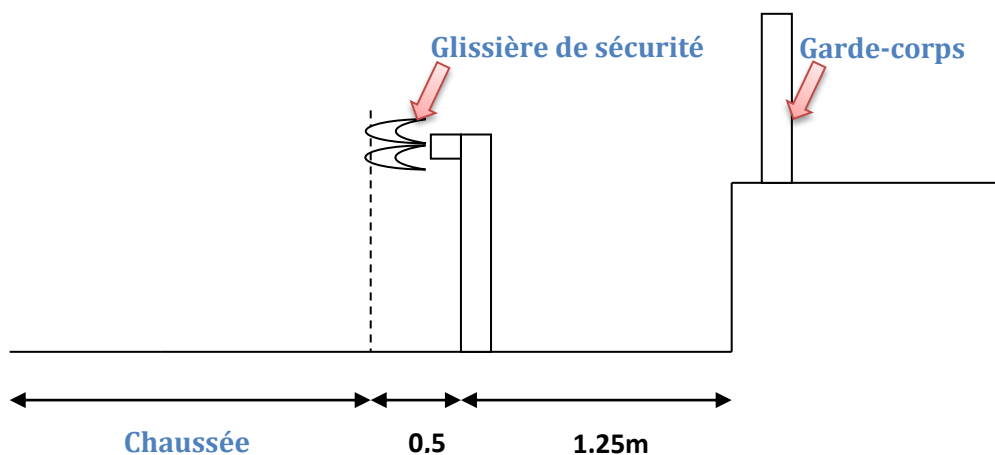


## 7- Profil en travers sur l'ouvrage d'art :

D'après les normes ICTAAL, la route soit comporté un dispositif de sécurité (glissière de sécurité) dès que la hauteur du remblai dépasse les 4 mètres.

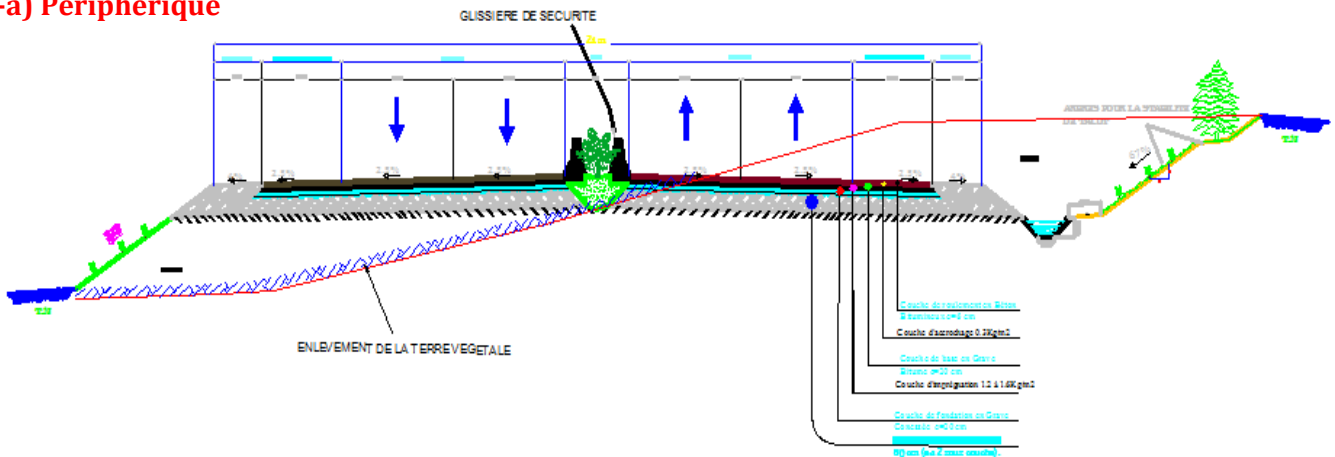
Pour l'ouvrage d'art, il est conseillé de prévoir une sur-largeur des deux côtés de la route, cette sur-largeur est donnée par le tableau ci-dessous en fonction de la vitesse de référence sur l'itinéraire considéré.

|                       |             |             |            |            |            |
|-----------------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| <b>Vr (km/h)</b>      | <b>120</b>  | <b>100</b>  | <b>80</b>  | <b>60</b>  | <b>40</b>  |
| <b>Surlargeur (m)</b> | <b>0.75</b> | <b>0.75</b> | <b>0.5</b> | <b>0.5</b> | <b>0.5</b> |



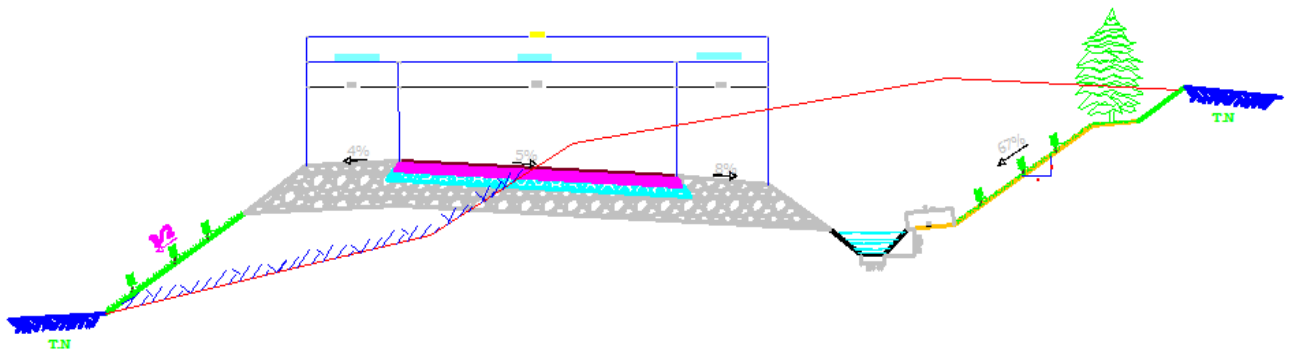
8-Profiles types de projet :

8-a) Périphérique

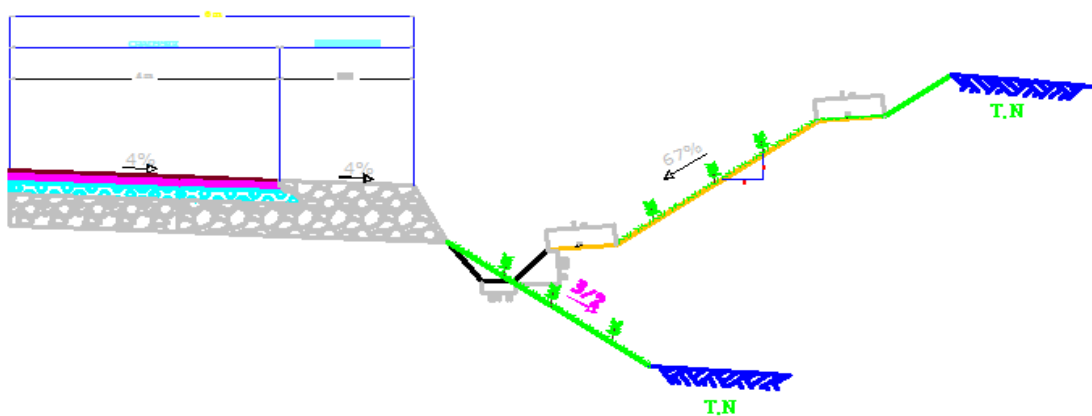


8-b) L'échangeur de Mahelma :

PROFIL EN TRAVERS TYPE DES BRETELLES (MIXTE)



PROFIL EN TRAVERS TYPE AU NIVEAU DES VOIES D'INSERTION OU D'ACCELERATION



# **CHAPITRE X :**

# **LES CUBATURES**

## CHAPITRE X : LES CUBATURES

### 1- Introduction :

La réalisation d'un ouvrage routier nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support (remblai), Soit par excavation des terres existantes Au-dessus du niveau de la ligne rouge (déblais).

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre se trouvant entre le tracé du projet et celui du terrain naturel.

**Ce calcul s'appelle les cubatures des terrassements.**

### 2. Cubatures des terrassements :

On appelle cubature tout calcul de volume, si on recherche une exactitude des résultats, le calcul des volumes des terrassements est très compliqué et très long donc on doit accepter quelques petites erreurs, le calcul des cubatures est réduit à des calculs d'intégrales qui nécessite une géométrie descriptive pour chaque profil.

### 3. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont Les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste à calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les sous trait pour trouver la section pour notre projet.

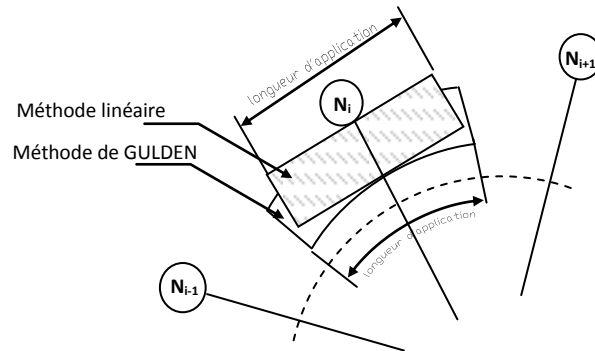
#### 3.a) Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chaque des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces, ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

### 3.b) Méthode linéaire :

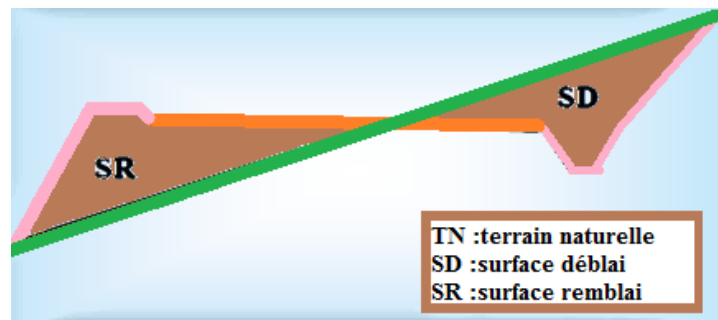
C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.



On utilise :

### 3.c) La méthode SARRAUS :

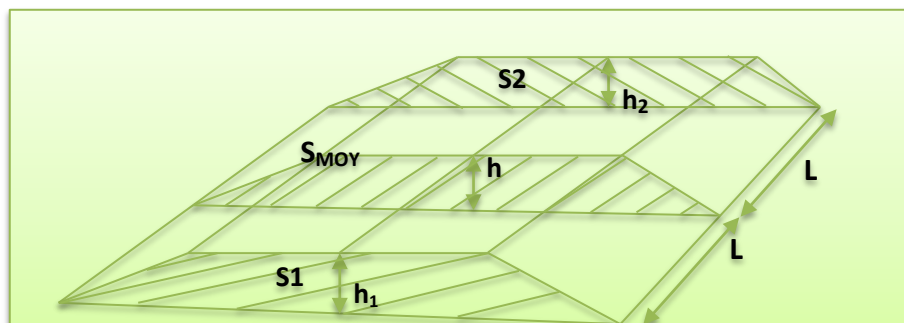
C'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs

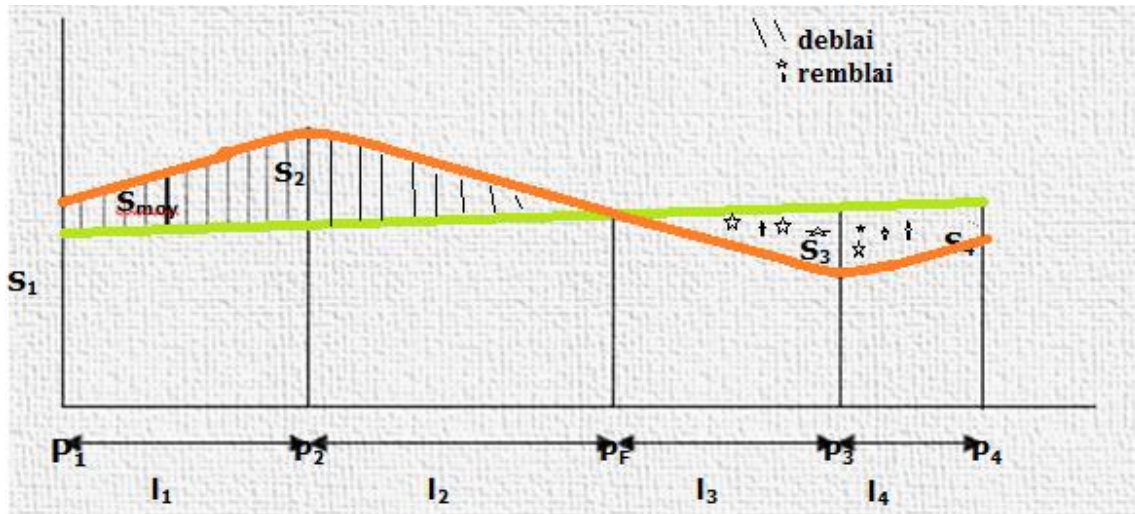


#### ✓ Formule de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY})$$





- ✓ **PF**: profil fictive, surface nulle.
- ✓ **Si**: surface de profil en travers Pi.
- ✓ **Li** : distance entre ces deux profils.
- ✓ **S<sub>MOY</sub>** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions  $S_{MOY}$  et  $\frac{(S_1+S_2)}{2}$ .

Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) && \text{Entre P1 et P2} \\ V_2 &= \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) && \text{Entre P2 et PF} \\ V_3 &= \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) && \text{Entre PF et P3} \\ V_4 &= \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) && \text{Entre P3 et P4} \end{aligned}$$

En additionnant membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

#### 4- Calcul des cubatures de terrassement :

Le calcul s'effectue à l'aide de logiciel « **Piste 5.06** » par méthode de GULDEN

**Voir L'Annexe**

# **CHAPITRE XI :**

# **OUVRAGE D'ART**

## CHAPITRE XI : OUVRAGE D'ART

### 1- Introduction :

L'objectif est de déterminer, du point de vue technique et économique, le type d'ouvrage capable de satisfaire le mieux possible à toutes les conditions imposées et les contraintes existantes. Pour cela, il faut connaître cet ensemble de contraintes et conditions pour pouvoir envisager des solutions qui apparaissent à première vue comme les meilleures et qui feront l'objet d'une étude plus approfondie pour aboutir à la meilleure solution techniquement et économiquement. Cette opération fait appel à l'expérience et les connaissances de l'ingénieur.

### 2- Les types des ouvrages :

Notre but est de déterminer du point de vue technique et économique le type d'ouvrage le plus adéquat et de satisfaire le mieux possible toutes les conditions qui imposent le type d'ouvrage (béton armé, béton précontrainte, mixte).

Les principaux facteurs qui influent sur le type d'ouvrage sont :

- La nature du sol.
- Le gabarit à respecter.
- Le profil en long de la chaussée.
- La portée de l'ouvrage.
- Position possible des appuis.

Afin de trouver la solution au type d'ouvrage le plus adéquat ; on procède à une comparaison entre tous les types d'ouvrages qui peuvent être envisagés et cela en représentant toutes les caractéristiques des variantes. Pour chaque type d'ouvrage énuméré, on portera sur le domaine d'utilisation, de l'ouverture de son tablier ainsi que son épaisseur.

On a trois propositions selon les matériaux:

#### 2-a) Les ponts en béton armé :

On distingue deux catégories de ponts en B.A.

- Pont à poutres en B.A
- Ponts à dalles en B.A

#### ❖ Les avantages :

- Economique du point de vue de consommation des matériaux.
- Portée allant de 10 à 20 cm.
- Permet de réemploi des coffrages.
- Coffrage simple.

- Ne nécessite pas une main d'œuvre hautement qualifiée.
- Moins épais que les ponts à poutres en B.A.
- S'adapte mieux pour les ponts biais.

#### ❖ Les inconvénients :

- Complication des coffrages le rend relativement coûteux en main d'œuvre.
- Les structures continues sont très rigides et sensibles aux tassements différentiels.
- Consomme plus de béton et d'acier par rapport à un pont à poutres en B.A.
- Portée limitée 20 m.
- Echafaudage important.
- Déconseillé pour les travées continues.

#### 2-b) Les ponts en béton précontraint :

La précontrainte est un traitement mécanique qui consiste à produire dans un matériau, avant sa mise en service, des contraintes par les charges qui les sollicitent.

En béton précontraint, le traitement consiste à précontraindre certaines zones du béton pour rendre capable de résister aux charges extérieures (à la traction).

On distingue deux types de pont en B.P :

- Ponts à poutres en B.P
- Ponts à dalles en B.P

#### ❖ Les avantages :

- L'effort de précontrainte agissant en sens inverse des charges extérieures limite les déformées.
- La possibilité d'assembler des éléments préfabriqués sans échafaudages.
- La possibilité de franchir de plus grandes portées qu'avec des ouvrages en B.A.
- légèreté rapportée aux tabliers en béton.
- La rapidité et simplicité de mise en œuvre, la pose des poutres est généralement plus simple.
- La simplicité d'usinage des poutres à âmes pleines.
- La possibilité de franchir de grandes portées.

#### ❖ Les inconvénients

- La nécessité de fabriquer du béton plus résistant principalement avec 28j.
- la nécessité de disposer d'une personnelle qualité pour la vérification de la pose des gaines et câbles et pour la mise en tension des câbles.
- Surveillance avec visite périodique.
- Risque de déversement des poutres métalliques.
- Entretien difficile...

#### 2-c) les Ponts mixte :

L'introduction de l'acier a permis de réaliser des types de ponts qui n'étaient pas réalisables.

L'évolution des caractéristiques mécaniques de l'acier, la résistance et la limite élastique ont permis de réaliser des ouvrages légers de grandes portées voir très importantes pouvant dépasser les 1000m.

❖ **Les avantages :**

- la rapidité et la simplicité de mise en œuvre,
- la légèreté par rapport aux tabliers des autres types de ponts.
- la simplicité d'usinage des poutres à âmes pleines.
- La hauteur des poutres plus petites par rapport des autres types.

❖ **Les inconvénients:**

- La résistance et la stabilité de la structure en place doivent être vérifiées à tous les stades importants du montage ainsi qu'un contrôle strict sur le chantier.
- En construction mixte les phénomènes de retrait et de fluage influent notablement la répartition des efforts intérieurs.
- Les sollicitations climatiques la différence de température entre le béton et l'acier surtout lorsque les poutres ne sont pas encore protégées par le tablier en béton.
- Le problème majeur des ponts métallique et mixte est la maintenance contre la corrosion et le phénomène de fatigue des assemblages.
- Matériaux très chers.

**3- Présentation et choix des ouvrages :**

Notre ouvrage d'art est constituée de deux ponts presque identiques et sont indépendant l'un de l'autre.

❖ **Profil en long**

Notre choix s'est porté sur un pont à poutre précontrainte car nous sommes obligés de respecter le gabarit minimum qui est de 5,25m. Il est constitué de deux travées hyperstatiques de longueur de 14 m de chacune, Ces dernières reposant sur deux culées et une pile de hauteur totale  $H=6.15m$ .

❖ **Description de l'ouvrage**

L'ouvrage est ponts sur le périphérique nord de Zéralda-Cyberparc, il se trouve au PK1+330, il comporte les caractéristiques suivante :

- Gabarit : en Algérie il est réglementé que le passage sur une autoroute doit respecter un gabarit de 5,25m.
- Largeur roulable :  $L_r = 14.5m$ .
- Nombre de voies : 2 voies de 6 m.
- Largeur total de pont entre garde-corps est : 16m
- Longueur total (portée) :  $L = 2 \times 14 = 28m$ .

**CHAPITRE XII :**  
**IMPACT SUR**  
**L'ENVIRONNEMENT**

## CHAPITRE XII : IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

### 1-Introduction :

Le terme "environnement" est à prendre ici au sens large. Ce domaine rassemblera toutes les thématiques qui décrivent les lieux de vie des espèces animales et végétales.

Pour réaliser cette étude d'impact, il faut aborder l'ensemble des thématiques directement liées à l'environnement (eau, air, faune, flore), mais aussi sur l'environnement de l'être humain. Le code de l'environnement a été récemment introduit l'obligation d'y ajouter l'évaluation de l'impact du projet sur la santé de l'homme.

Il sera alors nécessaire pour chaque thème étudié, de définir le périmètre pertinent. Les effets spatiaux sont différents en fonction du paramètre affecté. Et des effets indirects en raison des relations fonctionnelles entre les divers compartiments du milieu.

Les étapes d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet autoroutier peuvent se résumer en :

- L'analyse de l'état initial.
- La justification de la solution retenue.
- La détermination des impacts.

### 2- Portée de l'étude d'impact sur l'environnement :

#### ❖ Objectifs :

Les objectifs de la présente Étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

- ✓ Assurer l'intégration des contraintes et opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure.
- ✓ Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- ✓ Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

#### ❖ Contexte légal :

La présente section décrit les principaux règlements et lois du domaine de l'environnement en Algérie considérés pertinents aux activités reliées au projet d'infrastructure routière de la voie express.

Plusieurs textes se sont avérés ne contenir aucune disposition pertinente aux activités industrielles. Mentionnons par exemple les textes législatifs aux structures gouvernementales.

- ✓ Loi n°2002-02 du 5 Février 2002 relative a la protection et à la valorisation du littoral;
- ✓ Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable;
- ✓ Ordonnance no 96-13 du 15 juin 1996 modifiant et complétant la Loi No 83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux;
- ✓ Loi no 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets;
- ✓ Décret exécutif no 90-78 du 27 février 1990 relatif aux études d'impact sur l'environnement;
- ✓ Décret exécutif no 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels;
- ✓ Décret 93-162 du 10 juillet 1993 fixant les conditions et les modalités de récupération et de traitement des huiles usagées;
- ✓ Décret no 93-165 du 10 juillet 1993 réglementant les émissions atmosphériques de fumées, gaz, poussières, odeurs et particules solides, des installations fixes;
- ✓ Décret exécutif no 93-184 du 27 juillet 1993 réglementant l'émission des bruits;
- ✓ Décret exécutif no 98-339 du 3 novembre 1998 définissant la réglementation applicable aux installations classées et fixant leur nomenclature.

Les sections suivantes décrivent brièvement le contenu et la portée des différents textes légaux venant d'être énumérés. Une attention particulière a été apportée aux éléments pouvant être directement utilisés dans le cadre de l'élaboration des procédures encadrant les activités des entreprises témoins participant au projet.

### 3- L'environnement au niveau de l'étude préliminaire :

L'étude d'impact est indispensable pour évaluer les avantages et les inconvénients résultants de chacun des tracés possibles de l'autoroute surtout lorsque les inconvénients sont difficilement quantifiable monétairement.

Donc l'étude d'impact apport des éléments de comparaison supplémentaires pour le choix entre les différentes variantes du tracé envisagées au niveau de l'étude préliminaire.

L'analyse des impacts a été abordée à travers les paramètres de l'environnement ayant un enjeu important, à savoir l'agriculture, milieu forestier, l'urbanisation et le milieu rural.

#### 4- Impact sur l'agriculture :

Il est incontestable que l'agriculture est une activité économique principale et inépuisable, de ce fait elle doit se faire octroyer un grand intérêt.

##### ❖ Les impacts :

L'ensemble des impacts sur l'agriculture peut se regrouper en trois éléments qui sont :

- ✓ L'effet de substitution de sol à vocation agricole, et la des diminutions des superficies exploitées.
- ✓ L'effet de coupure, entraînant la destruction d'une tranche la parcelle agricole, et difficultés de travail et de circulation par des allongements de parcours (rupture cheminements).
- ✓ L'effet de modification du régime agricole.

##### ❖ Les remèdes :

Les mesures visant à remédier à ces préjudices sont classées en deux catégories :

##### ✓ Mesures préventives :

Devant intervenir en amont, lors des choix du tracé et la détermination des caractéristiques du projet, sinon on aura recours aux :

##### ✓ Mesures curatives :

Comprenant la restriction des exploitations et des mesures techniques allant du rétablissement des réseaux existants à la remise en état des terrains agricoles.

Dans ce cadre, les différentes actions possibles, qu'on peut mener pour les préventions et les remèdes sont :

- ✓ le passage préférentiel en limite d'agglomération et de territoire agricole évitant la coupure de zones agricoles homogènes.
- ✓ La pris en compte des superficies d'exploitation.
- ✓ Evier des zones hydro-agricoles sensibles aux modifications.

#### 5-L'impact sur la nature :

##### ❖ La faune :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour atténuer la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y' a lieu de présence d'animaux sauvages sur les abords.

Le tracé de la route provoquera des accidents dus aux collisions des usagers de la route avec ces animaux.

#### ❖ La flore :

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant (littoral).



#### ❖ L'air :

La pollution de l'air due au trafic routier est essentiellement causée par les gaz d'échappement et la poussière. La réduction de ces effets exige une modification de la politique nationale dont les principaux objectifs devront veiller à :

- ✓ Limiter les rejets de gaz polluants tels que le CO<sub>2</sub> (gaz carbonique) grâce à l'amélioration de la carburation et des moteurs.
- ✓ Utiliser d'autres modes de transport.
- ✓ Rechercher les effets réels sur le climat de la pollution atmosphérique.
- ✓ Utiliser d'autres sources d'énergie.
- ✓ Régler le trafic.
- ✓ Contrôler les véhicules et les vitesses.
- ✓ Encourager des plantations dans les villes sujettes aux pollutions de l'air.

#### ❖ Impacts sur le paysage :

L'interaction du projet avec le paysage se traduit par un paysage naturel qui sera transformé d'une part, et d'autre part on construira des éléments sur ce paysage : talus, chaussée, ouvrages, signalisation, etc.....

L'infrastructure routière a un impact sérieux sur le paysage qu'elle traverse, même si dans certains cas les effets sont minimisés par l'existence de talus et par le relief.

Afin de permettre leur évaluation, on distingue deux catégories :

- ✓ Les tronçons qui sont à l'origine d'une défiguration du paysage pour la raison : de l'installation de la route en remblai à l'intérieur d'une zone ou le terrain naturel qui sera clairement visible d'une distance éloignée.
- ✓ Les tronçons courts de l'infrastructure pour lesquels diverses solutions techniques peuvent être proposées, afin de réduire la défiguration du paysage, en général au niveau des points de traversée des oueds; ouvrages et échangeurs.

Le paysage autoroutier sera composé des éléments suivants :

- ✓ **Arbres** : assurer la continuité entre les abords de l'ouvrage et son environnement par la plantation locale.
- ✓ **Talus** : pente, modelage, couleur, végétation : il faudra chercher à redonner une forme naturelle aux entrées en terre.
- ✓ **Ouvrages d'art** : ils seront traités au cas par cas lors de l'étude APD
- ✓ **Échangeur** : ils rythment le linéaire de l'autoroute et doivent annoncer la ville et la région qu'ils vont desservir.

#### ❖ Mesures d'atténuation générales :

1. Décaper, récupérer et mettre en réserve la terre végétale sous forme d'îlots n'excédant pas 1,5 m de hauteur;
2. Restreindre les interventions à l'emprise des infrastructures à construire;
3. Au début des travaux dans un segment de la route, s'assurer de la circulation des eaux de surface, orienter les eaux de ruissellement et de drainage de façon à ce qu'elles contournent les secteurs où les sols sont sensibles à l'érosion.
4. Les chemins d'accès au chantier, aux aires d'entreposage ou à tout autre aménagement temporaire doivent être à au moins 60 m du milieu hydrique;
5. Exécuter sous surveillance constante la manipulation de carburant, d'huile, d'autres produits pétroliers ou de matière dangereuse y compris les déchets dangereux afin d'éviter les déversements accidentels;
6. Limiter le déboisement au minimum, soit à l'emprise de la route projetée, si du déboisement à l'extérieur de l'emprise est nécessaire, les superficies doivent être reboisées dès la fin de leur utilisation;
7. Favoriser la reprise végétale à la fin des travaux, utiliser la terre végétale récupérée pour recouvrir le sol, ensemercer et végéter les surfaces dénudées des talus et des berges avec des espèces indigènes dont les hauteurs maximales sont compatibles avec les normes en vigueur relatives à l'entretien des talus d'une emprise routière. Végéter

toutes les surfaces déboisées ou défrichées durant les travaux qui sont situées à l'extérieur de l'emprise de la nouvelle route;

8. À la fin des travaux, tous les ouvrages provisoires doivent être démolis et le site des travaux doit être remis dans son état naturel.

9. S'assurer que le réseau de drainage ne modifiera pas les conditions hydrologiques des propriétés voisines de l'emprise.

10. Durant les travaux, la libre circulation des eaux doit être assurée sans créer d'impact négatif sur le déplacement de la faune.

11. Bien indiquer les zones d'accès temporaires des sites des travaux à l'intérieur ou à proximité des cours d'eau;

12. Lorsque les travaux sont terminés et que les barrières à sédiments sont enlevées, nettoyer les zones d'accumulation et stabiliser les talus de façon permanente;

13. Limiter la vitesse des véhicules à 50 km/h dans la zone des travaux;

14. Déterminer un site d'entreposage des matériaux granulaires éloigné des résidences et des commerces;

15. Éviter de manipuler les matériaux granulaires par grand vent ou prendre les moyens pour en éviter la dispersion.

**Remarque :** Mesures tirées en tout ou en partie du Cahier des charges et devis généraux – Infrastructures routières, Construction et réparation, Édition 1997 (révisée le 10 décembre 2001), ministère des Transports du Québec.

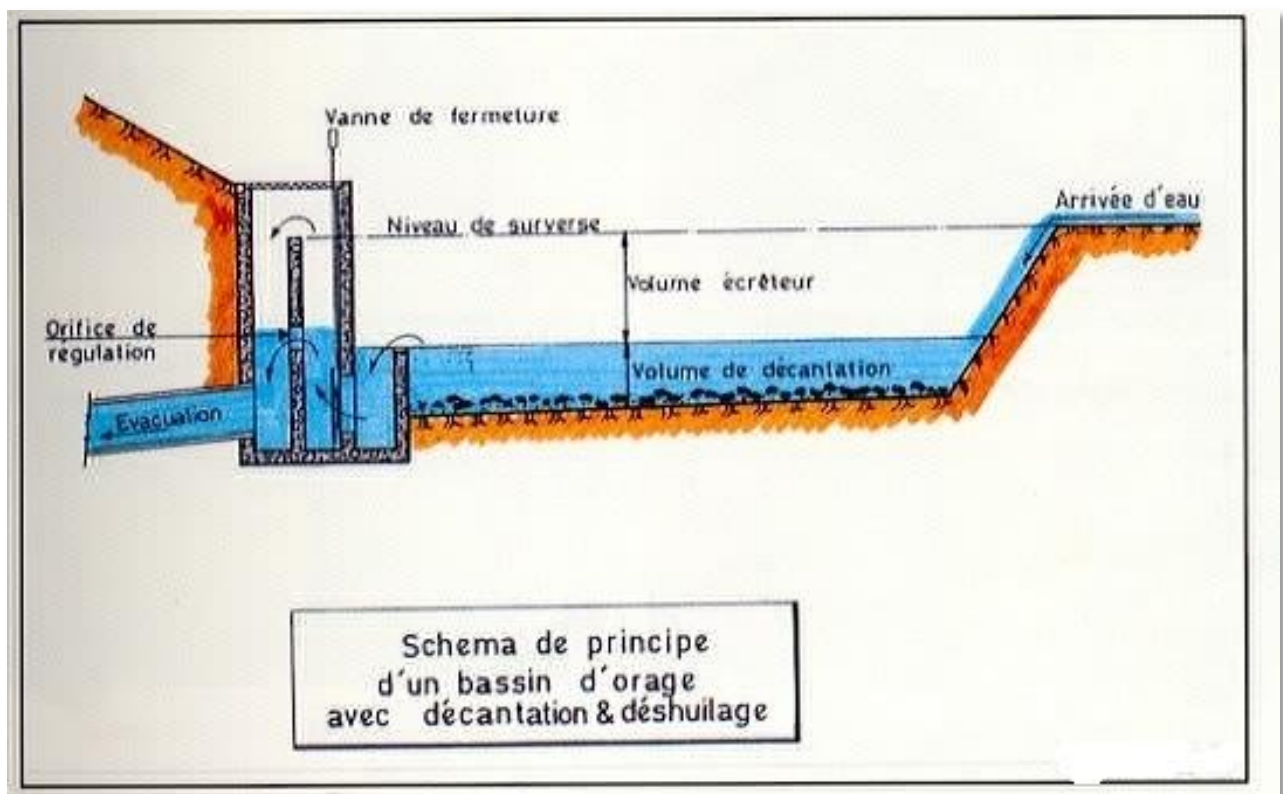
#### ❖ **Traitement des Eaux de Chaussée :**

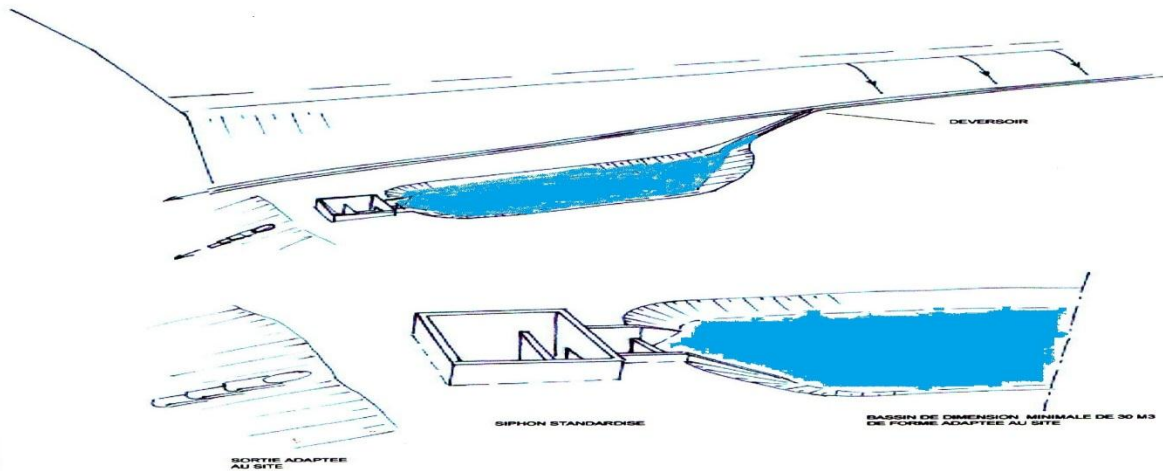
Le point le plus préoccupant reste la pollution des cours d'eau et de la nappe localisée d'eaux souterraines par les produits chimiques susceptibles d'être déversés accidentellement, et parmi ceux-ci, les carburants, les produits à base de dérivés huileux d'hydrocarbures.

Les produits de corrosion des équipements routiers, les fuites sur la chaussée en provenance des véhicules et les dépôts de sédiments de tout genre sont acheminés vers les exutoires aux premiers moments des précipitations qui ont pour effet de lessiver la chaussée et de transférer les matières polluantes et les sédiments vers les cours d'eau.

Les solutions sont proposées, allant de la protection légère à la protection lourde s'ajoutent aux mesures déjà proposées :

- La protection légère sous forme de fossé en terre, similaire au fossé adopté pour le drainage, qui aura la particularité d'avoir son fond planté et qui aura une pente longitudinale subhorizontale sur au moins 60% de son développement.
- Quand la topographie rencontrée ne permet pas le développement d'un fossé subhorizontal, un bassin de lagunage en terre avec un fond planté similaire au fossé décrit précédemment, sera implanté. Les pentes de ses parements seront similaires à celles des fossés en terre. Il sera en outre muni d'un déversoir d'orage.
- Quand la sensibilité rencontrée ne requiert pas le bassin de lagunage décrit précédemment, un bassin d'infiltration sera implanté et sera muni d'un déversoir d'orage.
- Une solution intermédiaire consiste à installer un bassin de rétention en terre muni en son aval d'un dispositif en béton constitué de deux lames siphonides, l'une pour piéger les huiles et l'autre pour évacuer les surplus d'eau. Ce système sera installé en dérivation de la terminaison d'un module d'assainissement à l'aide d'un déversoir d'orage. Le fond du bassin aura une très légère pente pour permettre la décantation.





## 6-L'impact sur le milieu humain :

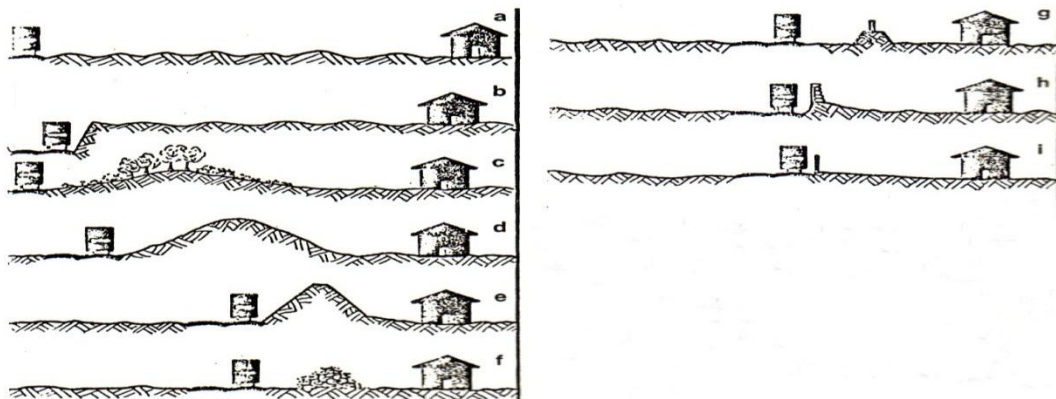
### ❖ Protections Acoustiques :

Les émissions sonores affectant les habitations seront atténuées par des écrans anti-bruit. Un seul type d'écran est envisagé de part la configuration des zones atteintes par les nuisances sonores. Il consiste en un mur constitué d'éléments préfabriqués en béton cellulaire expansé (siporex).

La nature poreuse du béton cellulaire fait de celui-ci un bon isolant phonique. Entièrement minéral, imputrescible, fabriqué exclusivement en usine, ce matériau est bien adapté aux conditions qui prévalent le long des infrastructures routières.

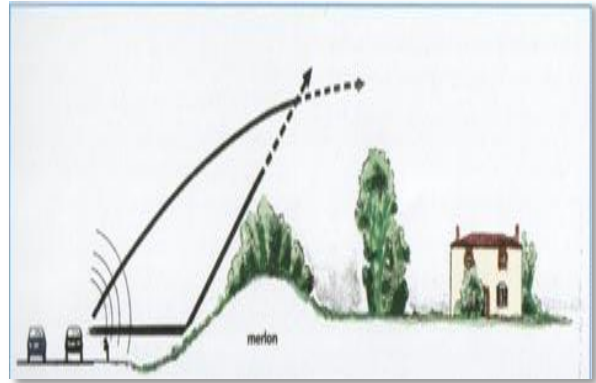
La hauteur de l'écran est de 3 m, soit quatre éléments de 0,60 m disposés au-dessus d'un muret en béton armé de hauteur 0,60 m.

Ce type de mur peut être implanté en bord de plate-forme dans le cas de remblai et en haut de talus de petite hauteur en déblai. Le muret sera fondé sur des semelles isolées.





Mur de protection



Mise en place de merlon

### ❖ La Destruction :

La destruction touche seulement les gens qui n'ont pas respecté le plan foncier établi par la commune ainsi que le plan directeur d'architecture et d'urbanisme (P.D.A.U), en plus la destruction de quelques clôtures d'établissement qui gênent le passage de la route.

### ❖ La Sécurité :

Pour assurer la sécurité des piétons on doit :

- ✓ Implanter des passerelles au niveau des centres qui génèrent les populations de la ville.
- ✓ Implanter des accotements tout le long de la route.

Pour assurer la sécurité des automobilistes on doit:

- ✓ Réduire la vitesse au niveau des intersections.
- ✓ Des panneaux de signalisation seront implantés.

### 7- Conclusion :

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

# **CHAPITRE XIII :**

# **ASSAINISSEMENT**

## CHAPITRE XIII : ASSAINISSEMENT

### 1-Introduction :

Le tracé autoroutier faisant l'objet de cette première étape d'étude s'étend sur un linéaire de 5200 m.

#### ❖ Section N°01 : DU PK 0+000 AU PK 2+500 :

En débutant du carrefour situé entre la Rocade Sud et la RN63, il longe ce dernier pratiquement sur les premiers 1500 m, puis il coupe quelques terrains agricoles jusqu'à l'arriver au canal.

Le relief traversé dans cette partie d'étude est accidentel, ou la cote varie de 47 m jusqu'à 118 m.

A cet effet, l'écoulement trouve facilement son chemin vers la mer, lieu de versement de tous les écoulements.

En ce qui concerne le rétablissement des écoulements naturels, il a été remarqué que tous les points bas rencontrés sur le tracé sont étendus que sur une petite surface qui avoisine ce tracé. L'explication en effet se déduit à partir de la carte d'état-major, ou l'on aperçoit que les affluents de l'oued Mahalma qui longe l'autoroute ne coupe en aucun cas cette dernière et que ces points bas représentent simplement le début des écoulements naturels.

L'assainissement de la plate-forme par contre se fait en tenant compte de l'aspect géométrique du tracé, de l'existence des exutoires, de la pédologie traversée par les eaux pour atteindre les exutoires et bien étendu de la pluviométrie.

#### ❖ Section N°02 : DU PK 2+500 AU PK 5+200 :

Le second tronçon de la section autoroutière Zéralda-Cyberparc se situe sur la partie Nord l'agglomération nouvelle de Sidi Abdellah, il s'étend sur un linéaire de 2700 m. il débute au PK 2+500 au niveau de l'échangeur de Mahelma (échangeur avec la RN63) et prend fin au PK 5+200 au niveau de l'échangeur de l'entrée Nord du Cyber-parc.

Les terrains traversés sont à vocation agricole où le relief est relativement plat sur le premier kilomètre et vallonné sur le reste du tracé.

Le tracé de ce deuxième tronçon traverse une zone inondable qui a fait auparavant l'objet d'une solution de drainage des eaux par canal, et de plusieurs écoulements naturels dont les superficies des différents bassins versants sont relativement petites à l'exception de l'écoulement naturel localisé au PK 3+344.

Les écoulements franchissant la route proviennent des bassins versants et des eaux de pluie reçues sur la plate-forme de l'autoroute, leur rétablissement se fait au moyen d'ouvrages courants tels que (dalots, buses).

L'assainissement de la plate-forme par contre se fait en tenant compte de l'aspect géométrique du tracé, de l'existence des exutoires, de la pédologie traversée par les eaux pour atteindre les exutoires et bien entendu de la pluviométrie.

## 2-Drainage des eaux :

Les méthodes de calcul des débits de ruissellement utilisent généralement un modèle statique de la relation « pluie – ruissèlement » ( $Q=f(I)$ ) et leur application présente la difficulté d'apprécier les caractéristiques physiques et géographiques du bassin versant tels que forme, pente et superficie de l'impluvium ; longueur du cours d'eau principal, temps de parcours ; coefficient de ruissellement, etc...

Cependant nous nous sommes basés dans nos calculs sur des données issues des supports suivants :

### 2-a) Données topographiques :

- Carte d'état-major éditée au 1 /25000 (voir plan).
- Levés topographiques sur une bande de 200 m de largeur sur tout le long de l'axe autoroutier considéré.

### 2-b) Données pédologiques :

Les matériaux en surface des bassins versants influent beaucoup sur la quantité d'eau ruisselée, à cet effet la consultation d'une carte pédologique nous a permis la reconnaissance de ces matériaux.

### 2-c) Données pluviométriques :

La note sur les données pluviométriques, recueillies auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H) Bir-Mourad-Rais (Alger) concernant la station de Mahelma située à proximité du tracé contient les informations suivantes :

- la pluie journalière moyenne  $P_{jmoy} = 43,66$  mm.
- le coefficient de variation  $C_v = 0,7$ .
- l'exposant climatique  $b = 0,38$ .

## 3- Ouvrage de drainage :

✓ **Les ouvrages de drainage projetés dans le cadre de ce projet sont de deux types :**

Les ouvrages de franchissement des écoulements permanents ou transitoires (dalots et buses).

Les ouvrages de drainage sur la plate-forme autoroutière et aux abords pour collecter les eaux de ruissellement et les évacuer en dehors de l'emprise, on distingue :

- Les fossés trapézoïdaux implantés au droit des déblais.
- Les fossés de forme circulaire implantés au niveau du terre-plein central (T.P.C).

#### 4- Choix de la fréquence de pluie :

Ce choix dépend d'une part du coût d'investissement du réseau ou de l'ouvrage de rétablissement, et d'autre part d'une conséquence d'un débordement pour l'usager et les ouvrages routiers. A cet effet, les valeurs suivantes de période de retour (inverse de la fréquence) sont prises en compte :

- Pour le rétablissement des écoulements naturels, le dimensionnement des ouvrages s'effectuera sur une période de retour de 100 ans.
- Pour l'assainissement de la plate-forme, le dimensionnement des ouvrages s'effectuera sur une période de retour de 20 ans.

#### 5- Dimensionnement du réseau d'assainissement projet :

##### 5-a) Estimation des débits de crue :

Le calcul du débit maximum limite, de fréquence donnée, à l'intensité moyenne  $I$  de la pluie, et de durée ' $t$ ' égal au temps de concentration, est effectué au moyen d'une formule donnant un débit approché par excès, celle-ci se dérive de la méthode dite rationnelle et elle donnée par :

$$Q = K \cdot C \cdot I \cdot A$$

- $Q$  : Débit maximum d'eau pluviale ( $m^3 /s$ ).
- $C$  : Coefficient de ruissellement.
- $I$  : Intensité de la pluie ( $mm/h$ ).
- $K$  : Coefficient de conversion des unités.
- $A$  : Aire de bassin d'apport ( $km^2$ ).

##### ❖ Superficie des bassins versants :

Les bassins d'apport (versants) d'eaux pluviales ont été délimités en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes sur une carte éditée à l'échelle 1/25000.

##### ❖ Intensité de la pluie :

La détermination de l'intensité de pluie comprend différentes étapes de calcul qui sont :

➤ **Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :**

$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{Cv^2+1}} \exp(v\sqrt{\ln(Cv^2+1)})$$

**P<sub>jmoy</sub>** : pluie journalière moyenne (mm).

**C<sub>v</sub>** : coefficient de variation.

**U** : variable de Gauss.

**Ln** : log Népérien.

**5-b) Pente de pose des ouvrages :**

La pente maximale de pose des ouvrages est celle qui correspond à une vitesse maximale de 4m/s selon le document SETRA (1984) et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuses et la formation de dépôts (pierres, terres,...etc.) qui peuvent conduire à l'obstruction des ouvrages, et pour assurer aussi l'auto curage.

❖ **Section et périmètre mouillés :**

Pour les buses, la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,75 \varnothing \quad \text{si } \varnothing > 1\text{m}$$

$$H_r = 0,80 \varnothing \quad \text{si } \varnothing < 1\text{m}$$

$\varnothing$  : diamètre du buse

Pour les dalots la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

$$H_r = 0,80 H \quad \text{si } H < 2,5 \text{ m}$$

$$H_r = H - 0,5 \quad \text{si } H > 2,5 \text{ m}$$

H : hauteur du dalot

❖ **Coefficient d'écoulement de Manning-Strinckler :**

Les ouvrages sont proposés en béton armé, cependant nous avons pris pour les dalots un coefficient égale à 70, et pour les buses, un coefficient égale à 80.

❖ **Dimensions des ouvrages :**

Les dimensions retenues pour les ouvrages sont celle qui répond aux deux conditions suivantes :

$$Q_a < Q_c$$

**Q<sub>a</sub>** : débit d'apport (m<sup>3</sup>/s).

**Q<sub>c</sub>** : débit capable (de saturation) de l'ouvrage (m<sup>3</sup>/s).

La vitesse maximale d'écoulement est limitée à 4 m/s.

## 6- Assainissement de la plate-forme :

### 6-a) Dimensionnement du réseau d'assainissement :

Les fossés récupèrent les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et des talus. Pour le projet nous proposons des fossés de forme trapézoïdale en béton armé.

Dans les zones de déblais, les fossés sont doublés par des collecteurs lorsqu'ils s'avèrent insuffisants et le contact (collecteur-fossés) se fait au moyen d'avaloir

Afin de protéger la chaussée et la plate-forme contre les infiltrations. Nous avons prévu en surface du TPC un ouvrage superficiel (semi-buse). Ce dernier est complété en courbe par des collecteurs.

Tous ces dispositifs sont dimensionnés comme suit :

#### ❖ Débit d'apport $Q_a$ :

Le débit d'apport maximum de ruissellement pour une verse de fréquence donnée est calculé par la formule rationnelle :

$$Q_a = K \cdot C \cdot I \cdot A$$

Avec  $Q_a$  : (m<sup>3</sup> /s)

**K** : coefficient de conversion des unités

**I** : l'intensité de pluie (mm/h)

**A** : surface drainée (km<sup>2</sup>)

**C** : coefficient de ruissellement évalué comme suit :

( $C_i$ ,  $L_i$ ) : représentent selon les cas :

- Coefficient de ruissellement et largeur de la chaussée en béton bitumineux.
- Coefficient de ruissellement et largeur de l'accotement.
- Coefficient de ruissellement et largeur des talus.
- Coefficient de ruissellement et largeur du TPC.

#### ❖ Débit de saturation :

Ce débit sera évalué par la formule de Manning Strickler :

$$Q_s = K \cdot S \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Avec:

**K**: coefficient de Manning Strickler:  $\left\{ \begin{array}{l} K = 30 : \text{fossé non revêtu (enterre).} \\ K = 70 : \text{fossé revêtu (en béton).} \end{array} \right.$

**R<sub>h</sub>** : rayon hydraulique (m).

**S:** la section transversale (m<sup>2</sup>).

**I:** la pente longitudinale (m.p.m).

❖ **Vitesses limites :**

La vitesse d'entraînement est fonction de plusieurs paramètres, nature du lit, profondeur de l'eau, pente longitudinale, ...etc., elle est limitée à 1,2 m/s ; au-delà de cette marge il faut revêtir le fossé.

❖ **Dimensions des ouvrages :**

Les dimensions retenues sont celles répondant à la condition suivante :

$$Q_a < Q_s$$

**Q<sub>a</sub>** : débit d'apport du bassin versant considéré.

**Q<sub>s</sub>** : débit de saturation du fossé.

7-Application au projet :

✓ **Section 01 : (du Pk0+000 au Pk 2+500) :**

**1-Liste des ouvrages de drainage :**

| désignation | Pk    | Bassin versant     |                  |     |                           | Ouvrage proposé |              |
|-------------|-------|--------------------|------------------|-----|---------------------------|-----------------|--------------|
|             |       | A(m <sup>2</sup> ) | Pente moyenne(%) | C   | Débit (m <sup>3</sup> /s) | section         | Pente max(%) |
| E1          | 0+710 | 141372             | 5.87             | 0.4 | 2.557                     | Ø1200           | 1.5          |
| E2          | 1+305 | 15485              | 3                | 0.4 | 0.68                      | Ø 600           | 1.5          |
| E3          | 1+512 | 32734.8            | 3.1              | 0.4 | 1.06                      | Ø 800           | 1.5          |
| E4          | 2+030 | 24267.2            | 1.1              | 0.4 | 0.688                     | Ø 800           | 0.4          |

**2-Dimensionnement des fosses :**

| Fossé N° | Du Pk au Pk | Coté            | Terrain (m <sup>2</sup> ) | Talus (m <sup>2</sup> ) | Plat forme (m <sup>2</sup> ) | Q (m <sup>3</sup> /s) | Base (cm) | Hauteur (cm) | Pente (5%) | Q <sub>s</sub> (m <sup>3</sup> /s) |
|----------|-------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------|--------------|------------|------------------------------------|
| 1        | 0+500-0+700 | Droit et gauche | 2983.5                    | 221                     | 2099.5                       | 0.36                  | 40        | 50           | 4.38       | 1.61                               |
| 2        | 0+755-1+285 | gauche          | 40000                     | 1372                    | 6650                         | 1.2                   | 40        | 50           | 2.7        | 1.26                               |
| 3        | 0+752-1+235 | droit           | 0                         | 3381                    | 4588.5                       | 0.5                   | 40        | 50           | 2.7        | 1.26                               |
| 4        | 1+450-1+512 | gauche          | 12725                     | 385                     | 2375                         | 0.68                  | 40        | 50           | 4.2        | 1.58                               |
| 5        | 1+512-1+980 | gauche          | 26250                     | 1497.3                  | 4987.5                       | 1.058                 | 40        | 50           | 2.9        | 1.31                               |

### 3-Liste des semi-buses :

| Du Pk au Pk       | Surfaces drainées (m2) | Débit d'apport (m3/s) | Débit de saturation (m3/s) | Dimensions de Semi-buse | Pente (%)                      |
|-------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 0+339.82-0+858.63 | 1037.616               | 0.115                 | 0.205                      | 400                     | 4.38                           |
| 0+858.63-1+300    | 882.74                 | 0.103                 | 0.139                      | 400                     | 2.016                          |
| 1+300-1+512.12    | 556.622                | 0.0896                | 0.085                      | 400                     | 0.77                           |
| 1+512.12-2+150.72 | 1267.77                | 0.13                  | 0.15                       | 400                     | 2.35 à droite<br>2.95 à gauche |
| 2+150.72-2+500    | 698.562                | 0.0874                | 0.1                        | 400                     | 1.1                            |

### 4-Positionnement des regards et des avaloirs :

| N° de l'ouvrage | Pk       |
|-----------------|----------|
| Regard (1)      | 0+858.63 |
| Regard (2)      | 1+512    |
| Regard (3)      | 2+150.72 |
| Regard (4)      | 1+512    |
| Avaloir         | 1+512    |

✓ Section 02 (Du Pk 2+500 au Pk 5+200) :

### Dimensionnement des ouvrages pour le rétablissement des écoulements naturels :

| N° écoulement | Pk      | Air du bassin versant (Km2) | Coefficient De ruissellement | Pente moyenne (%) | Débit d'apport (m3/s) | Dimensionnement théorique | Pente de pose (%) | Vitesse maximale | Débit de saturation (m3/s) |
|---------------|---------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|------------------|----------------------------|
| 1             | 3+344   | 1.12                        | 0.6                          | 3                 | 20.793                | Dalot 3*3                 | 0.25              | 3.353            | 25.145                     |
| 2             | 4+736   | 0.04                        | 0.72                         | 17.8              | 3.094                 | 2 Ø 1000                  | 1.2               | 3.942            | 4.982                      |
| 3             | 4+927.6 | 0.05                        | 0.72                         | 14.6              | 2.882                 | 1 Ø 1200                  | 1                 | 4.086            | 3.963                      |
| 4             | 5+041.6 | 0.02                        | 0.72                         | 16                | 1.727                 | 1 Ø 1000                  | 1.2               | 3.942            | 2.491                      |

**CHAPITRE XIV :**  
**SIGNALISATION ET**  
**ECLAIRAGE**

## CHAPITRE XIV : SIGNALISATION ET ÉCLAIRAGE

### 1<sup>ERE</sup> PARTIE : SIGNALISATION.

#### 1- Introduction :

Le rôle joué par la signalisation routière dans la sécurité et l'exploitation des Infrastructures n'est plus à démontrer.

Elle constitue aujourd'hui encore et pour longtemps le principal média d'information, entre d'une part, le gestionnaire de voirie et l'autorité de police, et d'autre part, les usagers de la route.

Visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constitue les grands principes de la signalisation.

Ils sont intangibles pour que l'utilisateur puisse toujours la comprendre.

#### 2- Dispositifs de retenue :

Les dispositifs de retenue ne doivent être implantés que si le risque en leur absence le justifie car eux-mêmes constituent des obstacles.

Il existe deux catégories de dispositifs de retenue :

- Les dispositifs souples qui se déforment sous l'effet du choc (cas des glissières métalliques).
- Les dispositifs rigides (cas des glissières en béton adhérent et des barrières lourdes en béton adhérent).

Pour notre cas, des glissières de sécurité rigides sont prévues pour le long de l'itinéraire, elles sont implantées sur les TPC et en présence d'un TPC de 3m il convient d'adopter un dispositif de retenue constitué d'une glissière en béton.

On doit prévoir des sections revêtues et protégées dans le TPC qui seront utilisées en cas d'urgence ou d'accident, pour permettre aux éléments de la protection civile d'évacuer les blessés vers l'hôpital le plus proche.

#### 3- Les types de signalisation :

On distingue deux familles de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

#### 3.a) Signalisations horizontales :

Elles comportent uniquement les marques sur chaussée elle se divise en deux types :

### ❖ Lignes longitudinales :

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation, on trouve :

#### ▪ Les lignes continues :

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

#### ▪ Les lignes discontinues :

Sont de type T1, T2 ou T3 (ligne d'avertissement, ligne de rive). voir le tableau de sous :

#### ✓ Modulation des lignes discontinues :

Elles sont basées sur une longueur Périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

| Type de modulation | Longueur du trait (m) | Intervalle entre trait (m) | Rapport Plein/ vide |
|--------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------|
| T <sub>1</sub>     | 3.00                  | 10.00                      | ~ 1/3               |
| T <sub>2</sub>     | 3.00                  | 3.5                        | ~1                  |
| T <sub>3</sub>     | 3.00                  | 1.33                       | ~3                  |

#### ✓ Marques sur chaussée :

##### - Les lignes mixtes :

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

### ❖ Lignes transversales :

Elles sont utilisées pour le marquage, on distingue :

#### ▪ Ligne stop :

C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

### ❖ Autres signalisation :

#### ▪ Les flèches de rabattement :

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

#### ▪ Les flèches de sélection :

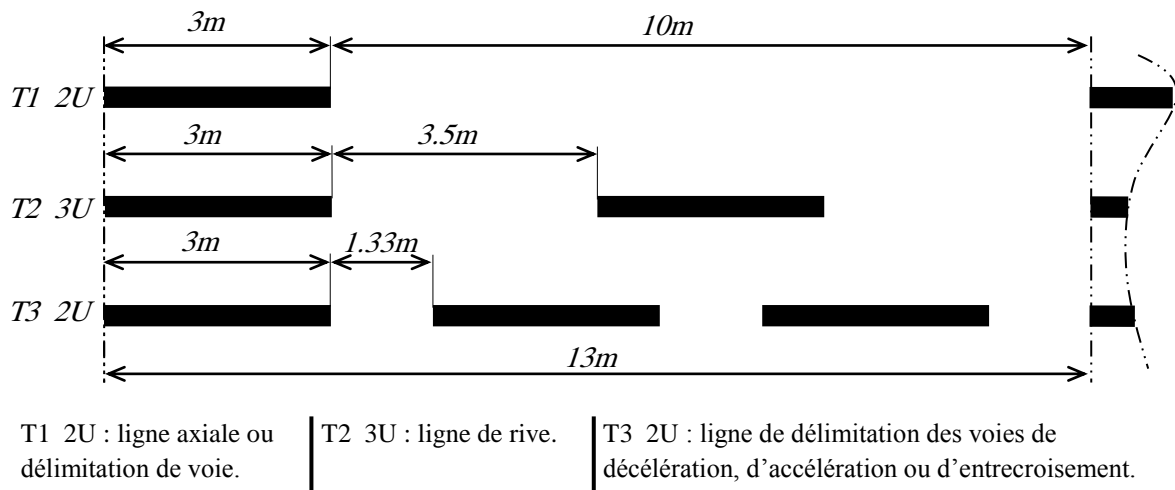
Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

### ✓ Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

- $U=7.5\text{cm}$  sur autoroutes et voies rapides urbaines.
- $U=6\text{cm}$  sur les routes et voies urbaines.
- $U=5\text{cm}$  sur les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un  $U= 7.5\text{cm}$ .



Types de modulation  
référence signalisation routière (art-144)

### 3.b) Signalisations verticales :

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

#### ❖ Signalisation avancée :

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection.

Le signal B3 accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) est implanté sur la route prioritaire.

#### ❖ Signalisation de position :

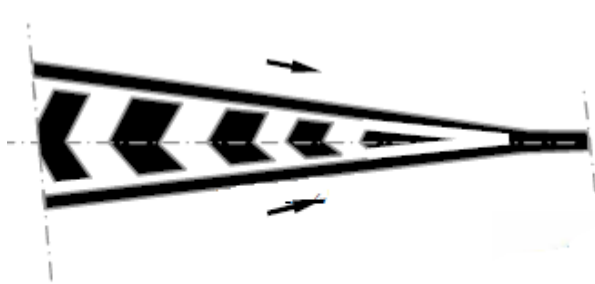
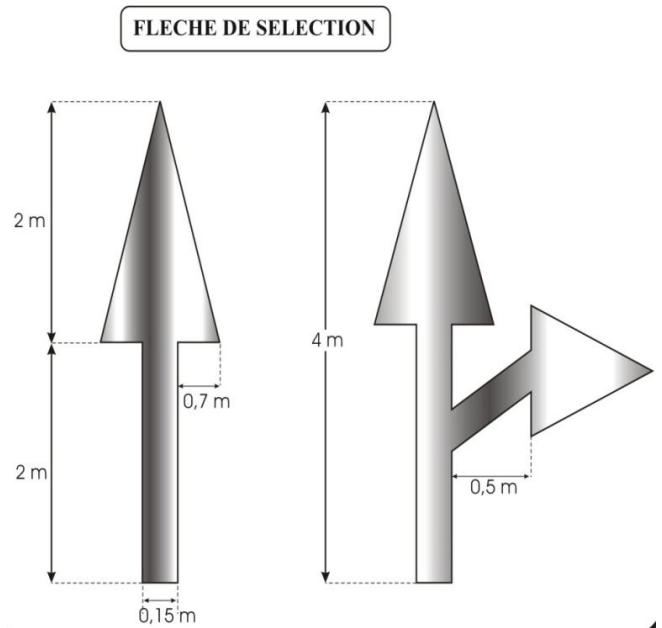
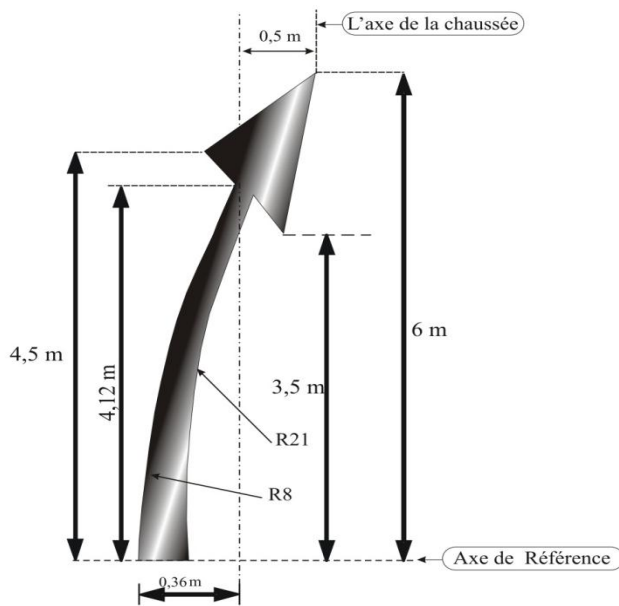
Le signal de type B2 « arrêt obligatoire » est placé sur la route où les usagers doivent marquer l'arrêt.

#### ❖ Signalisation de direction :

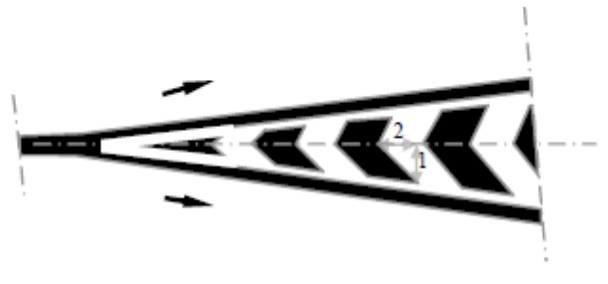
L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à  $75^\circ$ .

#### 4- Application au projet :

##### ❖ Exemple des signalisations horizontales :



▪ Cas de trafics convergents



▪ Cas de trafics divergence

##### ❖ Exemple des signalisations verticales :



Virage à gauche



Virage à droite



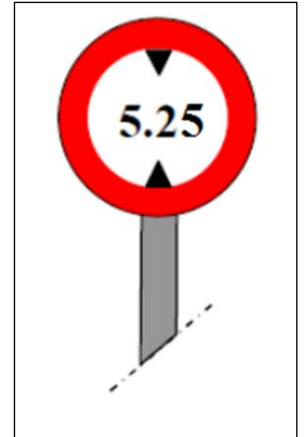
route bidirectionnelle



Obligation de tourner à droite avant le panneau.



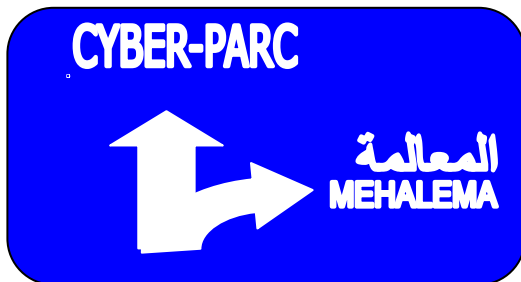
Arrêt et stationnement interdit



Accès interdit aux véhicules dont la hauteur dépasse 5,2m

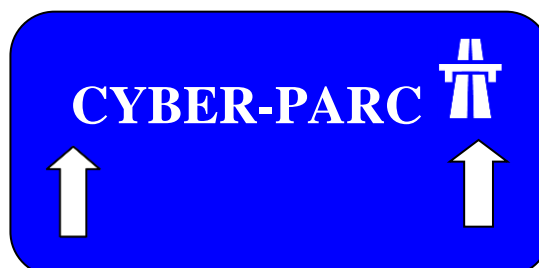


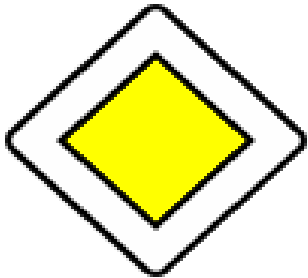





Les signaux routiers qui sont utilisé pour l'échangeur sont :



RN 63

RN 63



|  |  |  |
|--|--|--|
|   |   |   |
| Indication du caractère prioritaire d'une route                                    | Cédez le passage à l'intersection. Signal de position                              | Interdiction de tourner à gauche à la prochaine intersection                         |
|  |  |  |
| Limitation de vitesse  |  |  |

## 2<sup>EME</sup> PARTIE : ÉCLAIRAGE.

### 1- Introduction :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible.

Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement.

Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentiels.

### 2- Catégories d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- Éclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Éclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Éclairage des voies de cercle, catégorie C.

- Éclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

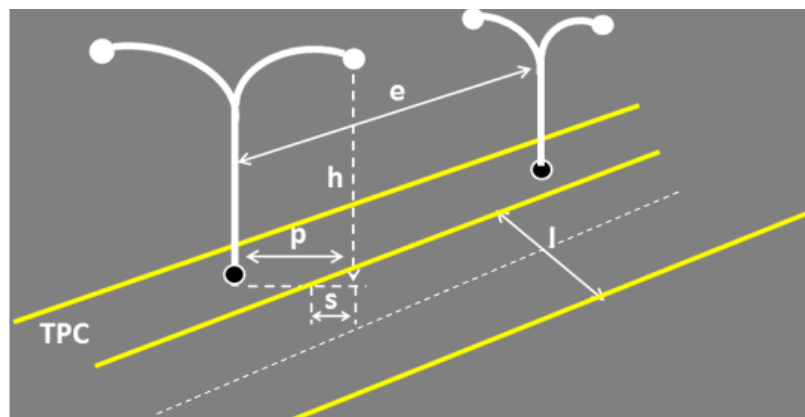
### 3- Paramètres de l'implantation des luminaires :

- L'espacement ( $e$ ) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur ( $h$ ) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur ( $l$ ) de la chaussée.
- Le porte-à-faux ( $p$ ) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb ( $s$ ) par rapport au bord de la chaussée.

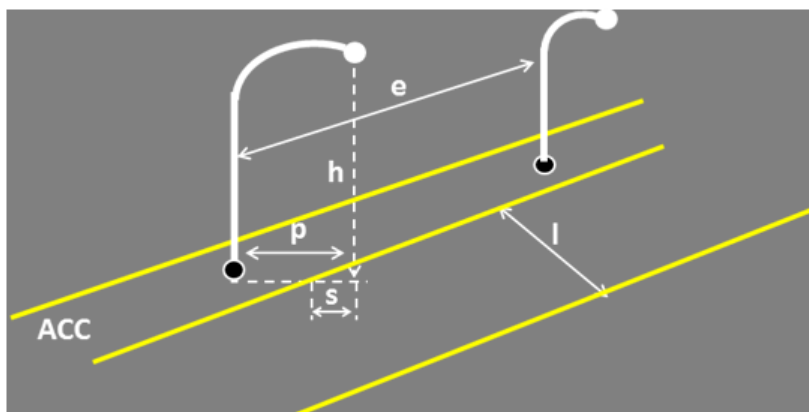
### 4- Application au projet :

Pour l'éclairage de la voie (de l'échangeur) des lampadaires sont implantés du part et d'autre de la voie espacés de 20 m l'un par rapport à l'autre.

#### Pour L'échangeur et le périphérique:



#### Pour les Bretelles :



**DEVIS**  
**QUANTITATIE ET**  
**ESTIMATIE**

## DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

| SECTION 1 : INSTALLATION DU CHANTIER                          |        |     |                      |                       |
|---|--------|-----|----------------------|-----------------------|
| DESIGNATION   | U      | QTE | P.U EN CHIFFRES (DA) | MONTANT GLOBAL        |
| Forfait d'amenée du matériel et d'installation de chantier    | F (4%) | 1   |                      | 48 163 390,08         |
| Forfait de repli du matériel et des installations de chantier | F (2%) | 1   |                      | 24 081 695,04         |
| <b>TOTAL</b>  |        |     |                      | <b>72 245 085 ,12</b> |

| SECTION 2 : TERRASSEMENT                       |                |        |        |                        |
|--|----------------|--------|--------|------------------------|
| Décapage de terre végétale (e = 20 cm à 30 cm) | m <sup>3</sup> | 69699  | 250,00 | 17 424 750,00          |
| Déblais mis en dépôts                          | m <sup>3</sup> | 506579 | 250,00 | 126 644 750,00         |
| Remblais en provenance d'emprunts              | m <sup>3</sup> | 504174 | 760,00 | 383 172 240,00         |
| <b>TOTAL</b>                                   |                |        |        | <b>527 241 740 ,00</b> |

| SECTION 3 : CHAUSSEE                              |                |          |          |                       |
|---|----------------|----------|----------|-----------------------|
| Couche de forme                                   | m <sup>3</sup> | 69788    | 1 700,00 | 118 639 600,00        |
| Couche de fondation en GC                         | m <sup>3</sup> | 39012    | 1 500,00 | 58 518 000,00         |
| Couche de base en grave bitume 2.2 T/m3           | T              | 23 575,2 | 6 000,00 | 141 451 200,00        |
| Couche d'accrochage 0,3 kg/m2                     | T              | 26,79    | 5 800,00 | 155 382,00            |
| Couche d'imprégnation en Cut buck 0.8kg/m2        | T              | 71,44    | 7 000,00 | 500 080,00            |
| Couche de revêtement en béton bitumineux 2.4 T/m3 | T              | 12859,2  | 6 400,00 | 82 298 880,00         |
| <b>TOTAL</b>                                      |                |          |          | <b>401 563 142,00</b> |

| SECTION 4 : ASSAINISSEMENT |                |       |           |                      |
|----------------------------|----------------|-------|-----------|----------------------|
| Buses en B.A 600           | ml             | 2159  | 12 000,00 | 25 908 000,00        |
| Fossée en terre            | ml             | 1 743 | 90,00     | 156 870,00           |
| Dalot                      | m <sup>3</sup> | 78,75 | 20 000,00 | 1 575 000,00         |
| <b>TOTAL</b>               |                |       |           | <b>27 639 870,00</b> |

| SECTION 5 : OUVRAGE D'ART |                |     |            |                       |
|---------------------------|----------------|-----|------------|-----------------------|
| Ponts en béton armé       | m <sup>3</sup> | 968 | 250 000,00 | 242 000 000,00        |
| <b>TOTAL</b>              |                |     |            | <b>242 000 000,00</b> |

| SECTION 6 : SIGNALISATION           |                |        |          |                     |
|-------------------------------------|----------------|--------|----------|---------------------|
| Signalisation horizontale           |                |        |          |                     |
| Marquage par hachures               | m <sup>2</sup> | 12     | 380,00   | 4 560,00            |
| Marquage en ligne continues         | ml             | 20 836 | 95,00    | 1 979 420,00        |
| Marquage en ligne discontinues      | ml             | 18 800 | 55,00    | 1 034 000,00        |
| Signalisation verticale             |                |        |          |                     |
| Panneaux de signalisation verticale | U              | 21     | 8 800,00 | 184 800,00          |
| <b>TOTAL</b>                        |                |        |          | <b>3 202780 ,00</b> |

| SECTION 7 : Divers |    |      |        |                     |
|--------------------|----|------|--------|---------------------|
| Bordure TPC        | ml | 9400 | 600,00 | 5 640 000,00        |
| <b>TOTAL</b>       |    |      |        | <b>5 640 000,00</b> |

| SECTION      | DESTINATION              | PRIX TOTAL (DA)         |
|--------------|--------------------------|-------------------------|
| section 1    | Installation du chantier | 72 245 085 ,12          |
| section 2    | Terrassement             | 527 241 740 ,00         |
| section 3    | Chaussée                 | 401 563 142,00          |
| section 4    | Assainissement           | 27 639 870,00           |
| section 5    | Ouvrage d'art            | 242 000 000,00          |
| section 6    | Signalisation et autre   | 3 202780 ,00            |
| section 7    | Divers                   | 5 640 000,00            |
| <b>TOTAL</b> |                          | <b>1 279 532 617,00</b> |

TOTAL (1) = 1 279 532 617,00(DA)  
TVA 17% (2) = 217 520 544,9 (DA)  
TOTAL TTC = (1) + (2) = **1 497 053 162 (DA)**

**UN MILLIARD ET QUATRE CENT QUATRE VINGT DIX SEPT  
MILLIONS ET CINQUANTE TROIS MILLES ET CENT SOIXANTE  
DEUX DINARS ALGERIEN**

**CONCLUSION**

**GÉNÉRALE**

## CONCLUSION GÉNÉRALE

---

Selon le chef du projet, M. Karcouche Sid-Ahmed, le Cyberparc de Sidi Abdallah doit servir de plate-forme physique et virtuelle pour les activités TIC en Algérie. Il doit aussi fournir un support technique et d'affaires de qualité pour les entreprises en Algérie, accélérer le taux de formation et d'expansion des start-up's et des pme's et diversifier la chaîne de valeurs des TIC et stimuler un secteur Export TIC.

Elément-clé du premier programme de soutien à la croissance, la technopole de Sidi Abdallah a bien pris forme avec la mise en service des espaces réservés à l'incubation de projets, à la formation et à la recherche dans divers domaines des nouvelles technologies de la communication et de l'information.

Ce projet, la réalisation de périphérique nord Zéralda-Cyberparc a été une grande occasion pour nous de mettre en application nos connaissances théoriques. Aussi cela nous a permis de comprendre et apprécier de nous-mêmes combien est-il ingénieux et responsable la tâche d'un ingénieur des Travaux Publics en ce qui concerne l'étude d'un projet selon les normes requises et de surcroît lorsque les contraintes limitant la latitude de celui-ci sont assez considérables.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de PISTE (version 5.06) AUTOPISTE, AUTOCAD, COVADIS

# **BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

---

- ✓ ENSTP : anciens mémoires de Fin d'études.
- ✓ Cours de routes de 4<sup>ème</sup> année ENSTP.
- ✓ Cours de 5<sup>ème</sup> année ENSTP.
- ✓ Cours d'hydraulique de 4<sup>ème</sup> année ENSTP.
- ✓ B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- ✓ Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison (ICTAAL).
- ✓ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- ✓ Cours de l'ENTPE (tome 01, tome 02).
- ✓ Des livres de l'échangeur.