



**ETUDE TECHNIQUE DETAILLE DE LA VOIE D'ACCES
PRINCIPALE
AU NOUVEL AEROPORT INTERNATIONAL DE DON SIN
DU PK6 + 000 au PK14 + 500**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE
OPTION : GENIE CIVIL (Routes et ouvrages d'art)

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par:

Kossivi Salif KONE

Travaux dirigés par :

Dr Ismaela GUEYE Enseignant chercheur au 2iE

Monsieur Sama BAWA chef du département des Infrastructures de transport AGEIM – IC

Jury d'évaluation du stage :

Président : Abibou CISS

Membres et correcteurs : Abibou CISS

J. Rémy MINANE

Césaire HEMA

Promotion

[2012/2013]

Dédicaces

- ✓ A ma famille pour leurs soutiens dans les moments difficiles ;
- ✓ A tous mes amis et camarades pour le soutien moral et les encouragements perpétuels qu'ils m'apportent ;
- ✓ A tous mes promotionnaires avec qui j'ai passé de très beaux moments lors de notre cursus scolaire.

Remerciements

Le plaisir que j'ai eu à effectuer cette étude provient en grande partie de toutes les personnes qui m'ont encadré et permis d'avancer pendant ce stage. Je tiens à leur exprimer mes sincères remerciements :

- ~ Au Directeur Général du 2iE (Institut international d'ingénierie), Mr Paul GINIES et du personnel pour la formation acquis.
- ~ Au Directeur Général de AGEIM-IC, Mr Tiraogo H. OUEDRAOGO pour m'avoir accepté comme stagiaire dans sa structure et pour m'avoir offert l'opportunité de travailler au sein de son équipe
- ~ A mon Directeur de mémoire Mr Ismaila GUEYE, responsable du Master de Génie Civil et Infrastructures au 2iE pour son aide et ses conseils ;
- ~ A mon maître de stage Monsieur BAWA Sama chef du département des Infrastructures de transport pour son aide et ses conseils ;
- ~ Au personnel d'AGEIM-IC que j'ai pu côtoyer.
- ~ A tous ceux qui m'ont toujours apporté leur soutien et qui, d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Le but de ce mémoire qu'a pour thème : « **L'étude technique détaillée de la voie d'accès principale du nouvel aéroport international de Donsin** » est une étude d'un tronçon de la voie d'accès principale du nouvel aéroport qui commence du *PK.6 + 000* au *PK.8 + 500* soit un linéaire de *8,500 km* et comportant un passage d'eau situé au *PK.7 + 300*.

Les études hydrologiques ont permis d'avoir une configuration de la forme du bassin versant principale ayant une superficie de $101,56 \text{ km}^2$ et générant un débit du projet de $105,81 \text{ m}^3/\text{s}$. Ce débit nous a permis de dimensionner un dalot à sortie libre de 4 ouvertures larges de *6 m* et haute de *3 m*.

Le dimensionnement structurel de la chaussée a donné un sol de plateforme S3 et de type de trafic T3 ce qu'a permis la conception des couches composés de : une fondation de *20 cm* en graveleux latéritique naturel ; une base de *20 cm* en graveleux latéritique et enfin un revêtement de *5 cm* en béton bitumineux. De même les paramètres géométrique avec une vitesse de référence de 100 km/h a abouti à un profil en travers de 2×2 voies équipé d'un TPC et d'accotement de part et d'autre de l'axe ; un tracé en plan composé de : (10 alignements droits, 06 clothoïdes et 03 arc de cercle) et un profil en long composé de : (18 alignements droits et 17 paraboles). Une étude d'impact environnemental a permis de mesurer les impacts du projet sur les milieux biophysiques et socio-économiques.

L'élaboration de ces études, on déduit que le projet s'élevait à un montant total hors taxe **7.170.398.557 FCFA**, ce qui fait un montant de **8.461.070.297FCFA**, TTC soit un coût kilométrique de **995.420.034 FCFA**, TTC.

Mots Clés :

- 1 – Donsin
- 2 – Route
- 3 – Aéroport
- 4 – Chaussée
- 5 – Dalot

Abstract

The purpose of the memorial and the theme: "**The technical study of the main entrance of the new international airport Donsin way**" is a study of a section of the main access road to the new airport, which starts from PK.6 +000 to PK.8 +500 either a linear 8,500 km and having a water passage located PK.7 +300.

Hydrological studies have been configured in the shape of main river basin with an area of 101.56 km² and generating a flow of project 105.81 m³ / s. This flow has enabled us to size a culvert outlet open four large openings 6 m and 3 m high.

The structural design of the pavement gave ground S3 platform and type of traffic T3 what enabled the design of layers composed of: a foundation of 20 cm natural lateritic gravel, base 20 cm in lateritic gravel and finally coating 5 cm asphalt concrete. Similarly, the geometric parameters with a reference speed of 100 km / ha resulted in a cross section of 2 × 2 channels with a TPC and shoulder on either side of the axis, a horizontal alignment consisting of: (10 alignments rights clothoid 06 and 03 arc) and a longitudinal section composed of: (18 rows and 17 paraboles rights). An environmental impact study was used to measure the project's impacts on the biophysical and socio-economic.

The development of these studies concluded that the project was a total tax **7,170,398,557 FCFA**, which makes us an amount of **8.461.070.297FCFA**, TTC is a cost per kilometer of **995,420,034 FCFA**, TTC.

Keys words:

- 1 – Donsin
- 2 – Road
- 3 – Airport
- 4 – Roadway
- 5 – Dalot

Liste des sigles et abréviations

2IE : Institut international d'ingénierie.

AGEIM : Agences d'Etudes d'Ingénierie et de Maitrise d'œuvre.

ARP : Aménagement des Routes Principales.

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africain.

BA : Béton Armé.

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites.

BN : Barrière Normale.

CBR : Californian Bearing Ratio (Indice de portance de sol).

CCTG : Cahier des Clauses Techniques Générale.

CEBTP : Centre Expérimental de recherches et d'études du Bâtiment et des Travaux Publics.

ELS : Etat Limite de Service.

FP : Fissuration Préjudiciable.

HA : Haute Adhérence.

Lc : Largeur chargeable.

LNBTP : Laboratoire Nationale du Bâtiment et des travaux Publics.

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale.

PDAIO : Projet de Déplacement de l'Aéroport International de Ouagadougou.

PK : Point Kilométrique.

RN : Route Nationale.

SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et leurs Aménagements.

TDR : Termes de références.

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel.

TPC : Terre Plein Central.

TTC : Tout Taxe Compris.

SOMMAIRE

Dédicaces.....	I
Remerciements	II
Résumé.....	III
Abstract.....	IV
Liste des sigles et abréviations.....	1
Liste des tableaux.....	4
Liste des figures.....	5
Introduction.....	6
CHAPITRE I: Présentation du projet	7
I.1. Objectifs et contexte du projet :	7
I.2. Situation géographique du projet.....	8
I.3. Résumé des termes de références	10
CHAPITRE II: Etudes de base	12
II.1. Etude topographique.....	12
II.2. Etudes géotechnique	12
II.2.1. Etude des terrains traversés par les terrassements et les plates-formes	12
II.2.2. Recherche des matériaux pour corps de chaussées	13
II.3. Etudes du trafic.....	14
II.3.1. Principes de dimensionnement :	14
CHAPITRE III: Etudes hydrologique et hydraulique.....	18
III.1. Etude hydrologique.....	18
III.1.1. Caractéristiques des données pluviométriques	18
III.1.2. Choix de la loi de distribution	18
III.1.3. Calcul des paramètres de l'échantillon.....	18
III.1.4. Vérification de la loi de Gumbel	19
III.2. Etude hydraulique.....	20
III.2.1. Calcul du débit décennal	21
III.2.2. Calcul du débit centennal	21
III.2.3. Dimensionnement hydraulique de l'ouvrage de franchissement d'eau.....	22
CHAPITRE IV: Dimensionnement structurel de l'ouvrage de franchissement d'eau au PK. 7+300 25	
IV.1. Pré dimensionnement	25
IV.2. Dimensionnement structurel.....	25
IV.2.1. Règlements appliqués et les méthodes de calcul	25
IV.2.2. Hypothèses de calcul de l'ouvrage	26

IV.2.3. Surcharges considérées.....	27
IV.2.4. Ferrailage.....	30
CHAPITRE V: Dimensionnement structurel de la chaussée	32
V.1. Classe du sol support.....	32
V.2. Choix de la structure de chaussée.....	32
V.3. Vérification par la méthode d'Alizé	33
CHAPITRE VI: Dimensionnement géométrique de la chaussée	35
VI.1. Vitesse de référence	35
VI.2. Tracé en plan	35
VI.3. Profil en long.....	35
VI.4. Profil en travers	36
CHAPITRE VII: Signalisations routière.....	37
VII.1. Objectif de la signalisation routière :.....	37
VII.2. Signalisation horizontale :.....	37
VII.3. Signalisation verticale :.....	38
CHAPITRE VIII: Etude d'impact environnemental.....	40
VIII.1. Introduction de l'étude	40
VIII.2. Description du milieu	40
VIII.3. Impacts potentiels du projet.....	40
VIII.3.1. Impacts positifs.....	40
VIII.3.2. Impacts négatifs.....	41
VIII.4. Mesures d'atténuation pour ce projet	41
CHAPITRE IX: Estimation du coût des travaux.....	42
Conclusion	43
Bibliographie.....	44
Annexes.....	45
Annexe 1 : Détails de l'étude hydrologique.....	46
Annexe 2 : Détails de l'étude hydraulique.....	50
Annexe 3 : Détails de l'étude géométrique de la chaussée.....	53
Annexe 4 : Détails du dimensionnement structurel de l'ouvrage de franchissement d'eau.....	70
Annexe 5 : Détails du devis estimatif (Avant métré du projet).....	102
Annexe 6 : Les plans.....	104
Annexe 6-A1 : Les plans du tracé routier.	104
Annexe 6-A2 : Les plans de coffrage et de ferrailage.....	116
Annexe 6-A2 : Les plans d'aménagement du tracé routier.	120

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des résultats du sol support.	13
Tableau 2 : Le trafic normal sur l'axe bretelle.	14
Tableau 3 : Les types de trafic selon les poids lourds.	16
Tableau 4 : Les types de trafic en nombre de véhicules journaliers.	17
Tableau 5 : Le comparatif des deux (02) méthodes de dimensionnement.	17
Tableau 6: Vitesse admissible pour les différents types de sol.	23
Tableau 7 : Le coefficient bt	29
Tableau 8 : Classe de chaussée.....	32
Tableau 9 : Type de structure de chaussée.	33
Tableau 10 : Récapitulatif du devis estimatif.....	42
Tableau 11 : La variable réduite de Gumbel.....	47
Tableau 12 : Les paramètres de tendance centrale de l'échantillon.....	47
Tableau 13 : Les paramètres fondamentaux des projets routiers.....	53
Tableau 14 : L'axe en plan de la voie principale.....	53
Tableau 15 : Le profil en long de la voie principale.....	56
Tableau 16 : La cubature du projet.....	58
Tableau 17 : Les coefficients de frottement longitudinal pneus/chaussée.....	65
Tableau 18 : La longueur de la clothoïde en fonction du type de voie.....	66
Tableau 19 : Les coefficients de frottement longitudinal pneus/chaussée.....	67
Tableau 20 : Le récapitulatif des constantes.	74
Tableau 21 : Le coefficient a1	74
Tableau 22 : Le coefficient bc	76
Tableau 23 : Le coefficient bt	77
Tableau 24 : Le récapitulatif des moments sur appui du tablier.	85
Tableau 25 : Le récapitulatif des moments en travée du tablier.	86
Tableau 26 : Le récapitulatif des efforts et sollicitations du dalot.	95

Liste des figures

Figure 1 : Plan de situation des tronçons des voies d'accès du projet.....	9
Figure 2 : Le bassin versant du débit drainé par l'ouvrage de franchissement.	20
Figure 3 : L'excentricité du tablier.....	27
Figure 4 : Les caractéristiques des matériaux de base.....	33
Figure 5 : Marquage d'une route de 2 x 2 voies avec terre-plein centrale.....	38
Figure 6 : Marquage des points singuliers	38
Figure 7 : Type de panneaux sur accotement en rase campagne.	39
Figure 8 : Le graphe de l'intervalle de confiance.	49
Figure 9 : Le dalot à sortie noyée.	52
Figure 10 : Le dalot à sortie libre.....	52
Figure 11 : La distance de visibilité en courbe.	65
Figure 12 : L'obstacle en courbe.	66
Figure 13 : La distance de visibilité en angle saillant.	68
Figure 14 : L'effet de 4 rectangles non centrées et symétriques deux à deux.	79
Figure 15 : L'abaque de Mougins.	80
Figure 16 : Le chargement de la dalle.	81
Figure 17 : La section de la dalle étudiée.....	83
Figure 18 : Les valeurs des rotations.	83
Figure 19 : Le chargement de la dalle.	83
Figure 20 : Le schéma du moment sur les appuis du tablier.	85
Figure 21 : Le schéma du moment en travées du tablier.	87
Figure 22 : Les charges verticales sur les piédroits.....	87
Figure 23 : Les contraintes sur l'ouvrage.....	89
Figure 24 : Les sollicitations sous l'action des surcharges routières de remblai.	91
Figure 25 : L'action des forces de freinages.	93

Introduction

Pays sahélien enclavé à faible revenu, avec peu de ressources naturelles et une population estimée à 16 millions d'habitants en 2010, le Burkina Faso joue un rôle important dans l'organisation des flux des personnes et des marchandises de par sa position géographique. Ce projet qui a pour thème « Etude technique de la voie d'accès principale au nouvel aéroport international de Donsin du PK.6+000 au PK.14+ 500 » permettra :

- Induire les effets tels que le développement de la région de Donsin;
- Contribuer à une augmentation des recettes de l'Etat par les taxes et impôts qui seront générés par cette nouvelle route ;
- Faciliter l'accès au nouvel aéroport de Donsin.

Cette étude a pour objectif général de dimensionner la route en tenant compte des normes routières de l'impact environnementales et de la sécurité. Ainsi cela nous conduit à ces objectifs spécifiques qui vont consister à :

- ~ Proposer une géométrie de la route avec le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers en tenant compte des normes de l'ARP ;
- ~ Dimensionner la structure en tenant compte des sols de la plateforme, de la qualité des bancs d'emprunt et du trafic routier retenu ;
- ~ Etudier l'assainissement longitudinal et transversal en tenant compte des bassins versants ainsi que des caractéristiques pluviométriques ;
- ~ Evaluer l'impact environnemental ;
- ~ Enfin estimer les coûts des travaux ;
- ~ Effectuer l'ensemble des pièces graphiques.

Ainsi pour parvenir aux objectifs spécifiques de notre œuvre, le rapport sera structuré en différents points :

- ~ Présentation du projet ;
- ~ Etude de base ;
- ~ Etude hydrologique et hydraulique ;
- ~ Dimensionnement structurel de l'ouvrage de franchissement d'eau ;
- ~ Dimensionnement structurel de la chaussée ;
- ~ Signalisation routière ;
- ~ Etude d'impact environnementale ;
- ~ Estimation du coût du projet.

CHAPITRE I: Présentation du projet

Les études concernent une partie d'aménagement de la voie principale du nouvel « AEROPORT INTERNATIONAL DE OUAGADOUGOU A DON SIN » reliant le centre ville de Ouagadougou au nouvel aéroport, sur un linéaire d'environ 8,5 km. L'aménagement de cette route permettra d'améliorer la mobilité entre les deux agglomérations. Les caractéristiques géométriques à prendre en compte pour le tracé de la voie sont les suivantes:

- ~ Vitesse de référence : 100 km/h ;
- ~ Profil en travers composé d'une chaussée de 14 m de largeur bordée de chaque côté par un accotement de 1,5 m de largeur chacune ; et d'un terre plein centrale de 1,5 m de large ;
- ~ Ces accotements seront remplacés par endroit par des trottoirs lorsque cela s'avère nécessaire.

I.1. Objectifs et contexte du projet :

Ce projet est réalisé car l'aéroport international de Ouagadougou dans sa position actuelle est fortement enclavé d'une part et d'autre part on remarque qu'il scinde la ville en deux (02). Ainsi, son élaboration a été initié par le Gouvernement Burkinabé afin de :

- ~ Faciliter le Projet de Déplacement de l'Aéroport International de Ouagadougou (PDAIO) qui a pour objectifs spécifiques :
 - Améliorer la compétitivité de la plate-forme aéroportuaire de Ouagadougou et créer progressivement une industrie aéronautique ;
 - Renforcer le désenclavement du Burkina en tant que pays de l'intérieur ;
 - Tirer davantage profit de la position géographique centrale du pays en œuvrant à la création d'un hub en vue d'une desserte efficace du Burkina et des autres pays de la sous région.
 - Mieux répondre aux normes de sécurité et de sûreté de l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) et améliorer les performances des services de l'aviation civile burkinabé par la mise en œuvre de réformes appropriées.
- ~ Les travaux prévus dans le cadre de ce projet consistent :
 - A la constitution des différentes couches de chaussées en des matériaux d'épaisseurs appropriés pour supporter le trafic correspondant,

- La réalisation des réseaux et ouvrages permettant d'assurer le drainage de la plateforme de la route.

I.2. Situation géographique du projet

Le projet concerné se situe au Burkina Faso dans la Région du Centre et plus précisément dans la province du Kadiogo. Il s'agit d'un tronçon de 8,500 km commençant au PK. 0+000 et fini au PK. 14+500 de la voie d'accès principale du nouvel aéroport international de Donsin et longeant la voie ferrée.

(Voir Figure1) ci-dessous :

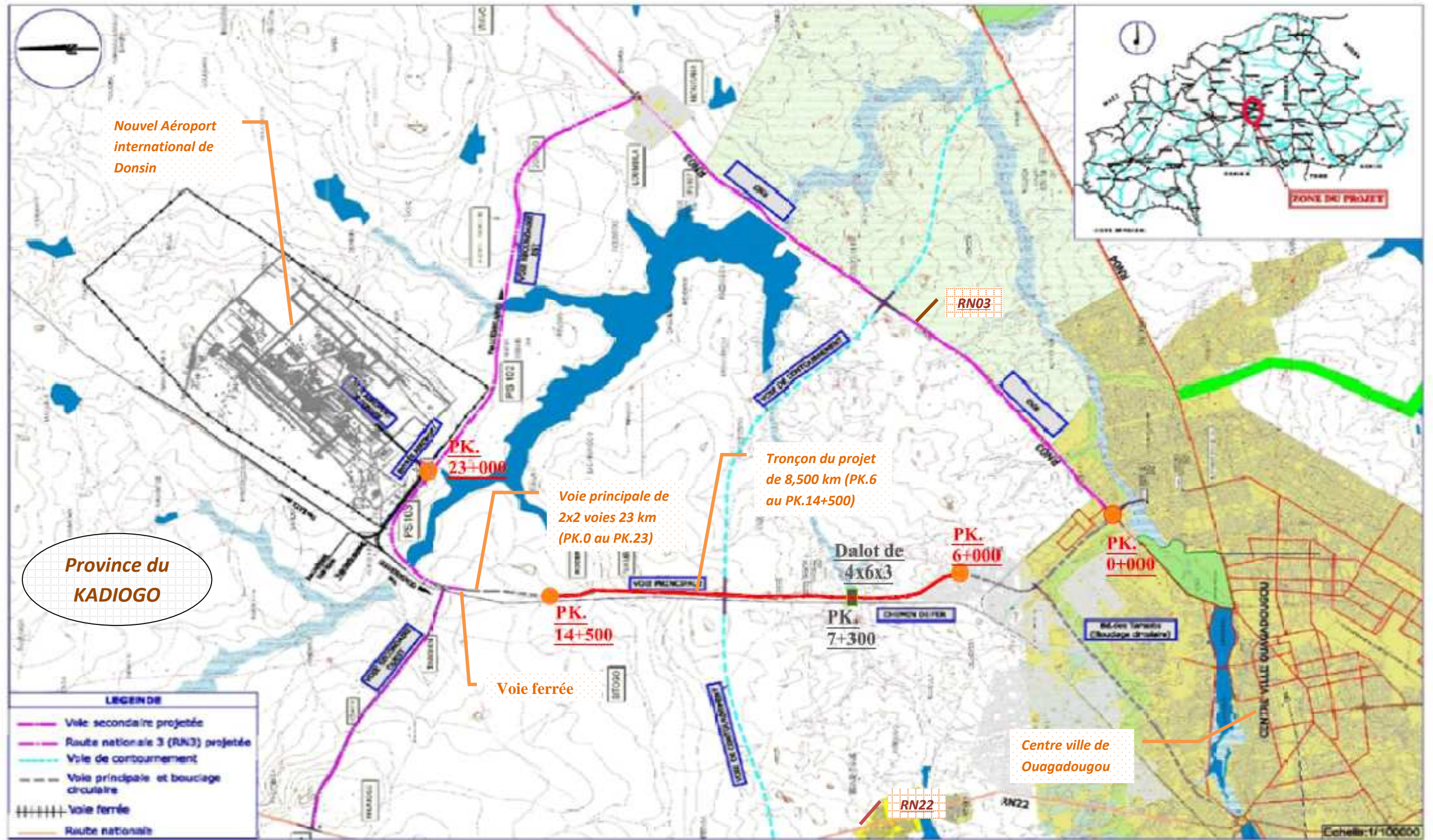


Figure 1 : Plan de situation des tronçons des voies d'accès du projet

I.3. Résumé des termes de références

Le consultant procédera à une reconnaissance du site du projet. Il établira les rapports préliminaires de conceptions des ouvrages, les plans et les devis estimatifs sommaires ainsi qu'un planning indicatif des travaux. Ces documents devraient permettre au client de choisir l'option technique durable.

Il devra, par des enquêtes préliminaires auprès des services publics et parapublics selon le cas, s'assurer que les solutions proposées seront fonctionnelles et adaptées aux besoins des bénéficiaires. Les modalités de mise en œuvre, d'exploitation et d'entretien doivent tenir compte des capacités locales, des ressources disponibles et des habitudes des usagers.

A partir des informations validées du dossier sommaire, le consultant procédera :

- ~ A la mise à jour des données de l'avant projet sommaire; à la préparation des plans de détail des parties d'ouvrages ;
- ~ L'élaboration des devis quantitatifs et estimatifs détaillés ;
- ~ A la rédaction des spécifications techniques des travaux.

Le consultant devra prendre toutes les dispositions nécessaires pour adapter les ouvrages, dans leur fonctionnement, leur forme, leur qualité et le coût global au site. A cet effet, le consultant fera les études spécifiques ci après :

- ~ Une étude topographique sur l'emprise du projet pour procéder aux corrections du tracé si nécessaire. Celle-ci consiste à :
 - L'implantation et le levée de la polygonale de base :

La longueur des segments de polygonale est d'environ 200 à 300 m et les sommets reliant ces segments sont matérialisés par des piqués de fer scellés dans des bornes en béton implanté hors plate forme.
 - Levée de la bande d'étude en section courante :

La largeur du levée sera adaptée au terrain naturel. Elle sera limitée par 2 points équidistant de 60 m par rapport à l'axe de la bande.
 - Levée des ouvrages de passage d'eau :

Il s'agit des passages d'eau ayant une largeur de brèche supérieure à 3 m ; Il sera complété par un levé particulier selon une densité de point de l'ordre du 1/500.
- ~ Des études géotechniques comprenant les études de reconnaissance des sols de plateforme, des sols de fondations des ouvrages éventuels et la recherche des matériaux

d'emprunts pour couche de chaussée. Le consultant justifiera les structures de chaussées retenues dans le cadre de l'étude.

- ~ Des études d'ouvrages d'assainissement et de drainage qui seront réalisées pour que celle-ci s'intègre au mieux dans la zone du projet. Les exutoires devront être clairement identifiés sur un plan d'ensemble de la zone. Ces études seront complétées par le dimensionnement des ouvrages ainsi que l'établissement des plans types des différents ouvrages à construire.

Les ouvrages d'assainissement et de drainage seront reportés sur les différents plans du tracé des voies.

A l'issue des études, le consultant fournira l'ensemble des dessins, plans et pièces écrites nécessaires à la constitution des dossiers d'appels d'offres comprenant :

CHAPITRE II: Etudes de base

II.1. Etude topographique

Les études topographiques ont été réalisées par des agents du bureau d'étude AGEIM-IC tout en adoptant les normes du TDR tel que décrit ci-dessous :

- ~ Implantation de la polygonale rattachée au système de coordonnées X, Y, Z des bornes de l'Institut Géographique du Burkina (IGB) ;
- ~ Levée de la bande d'emprise limitée par 2 points équidistant d'environ 60 m en fonction des zones d'études. Il fait ressortir :
 - 8 à 10 points par profil en travers (Ces profils sont espacés de 25 m en moyenne) ;
 - La présence des arbres, les habitations, les poteaux électriques ;
 - Les sous levées à considérer dans ce cadre qui sont les infrastructures existants et les passages d'eau.
- ~ Traitement et restitution des données topographiques qui va constituer en la finalisation de la mise en forme des données topographiques brutes du terrain et l'intégration de données complétées au bureau. Pour ce faire, on va utiliser sur l'ordinateur les logiciels Piste, Excel et Autocad.

II.2. Etudes géotechnique

Les études géotechniques de projet ont pour but de définir avec précision les travaux de terrassements, chaussées et fondations d'ouvrages à réaliser, ainsi que les emprunts et carrières à utiliser pour leur réalisation. On distinguera les études suivantes :

II.2.1. Etude des terrains traversés par les terrassements et les plates-formes

Dans le cadre des techniques détaillées des travaux de construction et de bitumage des voies de la voie d'accès principal du nouvel « AEROPORT INTERNATIONAL DE OUAGADOUGOU A DONSIN », le Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP) a réalisé les études géotechniques de ce tronçon à la demande du bureau d'étude AGEIM-IC. Cette étude a été effectuée par une équipe affectée à cette opération. Elle procède à l'exécution de 14 sondages élaborés par puits manuels avec prélèvements d'échantillons dans les couches rencontrées. Les prélèvements de sol font l'objet d'une identification visuelle dont la valeur doit être contrôlée par des essais de laboratoire

(granulométrie, essais d'Atterberg, équivalent de sable etc.). Les caractéristiques de portance de sols de plate-forme sont déterminées au moyen d'essais CBR effectués sur un sol moyen obtenu en mélangeant les échantillons provenant d'une même famille de sols. Les études sur les échantillons de matériaux remaniés issus des sondages des sols support de chaussée ont données les résultats ci-dessous : (Voir tableau1)

Tableau 1 : Synthèse des résultats du sol support.

Voie principale d'accès PK.6+000 au PK.14+500 (8,5 km)										
Sondages	Pk	Position	LIMITES D'ATTERBERG		PROCTOR MODIFIE		Portance CBR %OPM		CLASSE CBR	Nature du sol TN
			W_L	I_p	ω_{OPM} (%)	γ_{dOPM} (t/m ³)	95	98		
5	6+400	Axe	38	21	-	-	-	-		GAL (zone ancien emprunt)
6	8+000	Axe	33	16	8,4	2,070	17	26	S4	Argile latéritique graveleuse
7	9+600	Axe	37	19	-	-	-	-	-	Grave argileuse latéritique
8	11+200	Axe	26	13	7,6	2,050	27	34	S4	Grave argileuse latéritique
9	12+800	Axe	19	9	-	-	-	-	-	Limon sableux plus GAL
10	14+400	Axe	29	15	12,9	1,840	8	13	S2	Argile jaunâtre peu graveleux

(Source : L'étude géotechnique de Décembre 2011 effectuée par le département géotechnique routière du laboratoire national du bâtiment et des travaux publics (LNBTP).)

II.2.2. Recherche des matériaux pour corps de chaussées

Les matériaux utilisés dans les remblais et même parfois dans la chaussée proviennent des déblais de la route ; sinon on les tire d'emprunts ou de carrières. La réutilisation maximale en remblais des terrains de déblais reste un objectif souhaitable ; mais elle ne doit pas se faire au détriment de la qualité des matériaux, il faut tout de même savoir éliminer les sols de mauvaise qualité ou les traiter.

II.3. Etudes du trafic

Les caractéristiques techniques de base à envisager dépendent largement du niveau des trafics observés et des accroissements prévisibles, mais également de la composition de ce trafic et des caractéristiques des véhicules.

Afin d'optimiser le trafic de la structure de notre chaussée, il est estimé de deux manières à savoir :

- Le trafic en nombre de véhicules par jour.
- Le trafic en nombre cumulé de poids lourds.

Ainsi ; nous allons utiliser l'hypothèse de la répartition du trafic établit par la structure d'AGEIM-IC Setting.

Le tableau du trafic normal sur l'axe bretelle (*Est-bretelle Ouest*) en 2015 représente 40 % du trafic total projeté pour l'aéroport international de Donsin. (Voir tableau 3)

Tableau 2 : Le trafic normal sur l'axe bretelle.

	VP+Taxi	Bus-Autocar	Camionnette	Camion	Total
TRAFIC TOTAL	202	–	169	79	450

(**Source :** Rapport technique préliminaire en 2006 de l'avant projet détaillé du rapport technique du comptage de trafic, par AGEIM-IC Setting).

- 60 % du trafic total vont sur la voie principale aux alentours de 2025 soit 10 ans après le projet d'élargissement de la Route Nationale n°3 (RN03).
- Le tableau ci-dessus représente le trafic normal c'est-à-dire 40 % générer par l'aéroport de Donsin.

II.3.1. Principes de dimensionnement :

Les poids lourds considérés dans notre cas sont les véhicules qui ont un **PTAC (Poids Total à Charge) > 3,5 tonnes**.

~ **Camionnette = 169**

~ **Camion = 79**

Ce qui nous fait un total de poids lourds = 248 *véhicules*.

II.3.1.1. Calcul du trafic en nombre cumulé de poids lourds sur la voie d'accès principale

On va considérer une croissance exponentielle car le flux d'entrée des véhicules au Burkina Faso est variable en fonction des années. La formule à adopter pour ce dimensionnement est :

$$t_n = t_1(1 + i)^{n-1}$$

II.3.1.1.1. Nombre de poids lourds cumulés en 2017

$$t_2 = 248 * (1 + 0.07)^{2-1} \rightarrow t_2 = 266$$

Donc on a 266 *poids lourds* qui seront générés en 2017.

II.3.1.1.2. Nombre de poids lourds cumulés sur l'axe bretelle pendant la durée de vie du projet

$$365 \sum_1^n t_n = 365 * t_2 * \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

$$365 \sum_1^{15} t_{15} = 365 * 266 * \frac{(1 + 0,07)^{15} - 1}{0,07} \rightarrow 365 \sum_1^{15} t_{15} = 2,44.10^6$$

Donc on a 2,44. 10⁶ *poids lourds* qui seront générés par l'axe bretelle constituant 40% du trafic total du nouvel aéroport.

II.3.1.1.3. Nombre de poids lourds cumulés sur la voie d'accès principale pendant la durée de vie du projet

En faisant une règle de 3, nous pouvons déterminer les 60% du trafic affecté à la voie principale, on a :

$$\begin{cases} 0,4 \rightarrow 2,44.10^6 \text{ poids lourds} \\ 0,6 \rightarrow N \text{ poids lourds} \end{cases} \quad N = \frac{0,6 * 2,44.10^6}{0,4} = 3,66.10^6$$

Donc on a 3,66. 10⁶ *poids lourds* qui seront générés dans les 02 sens de la voie d'accès principale. Ainsi la moitié du trafic à considérer est : 1,83. 10⁶ *poids lourds*

On choisit le type de trafic en fonction des types définis par le guide pratique de dimensionnement de chaussées dans les pays tropicaux. (Voir tableau 4)

Tableau 3 : Les types de trafic selon les poids lourds.

$T_1 < 5. 10^5$
$5. 10^5 < T_2 < 1,5. 10^6$
$1,5. 10^6 < T_3 < 4. 10^6$
$4. 10^6 < T_4 < 1. 10^7$
$1. 10^7 < T_5 < 2. 10^7$

(**Source :** République Française, Ministère de la coopération 1980 ; GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX.)

Selon les classes retenues par le guide notre trafic correspond à une chaussée de **type T₃**.

II.3.1.2. Calcul du trafic en nombre de véhicules par jour sur la voie d'accès principale

II.3.1.2.1. Nombre de véhicule en 2017

La formule à adopter pour ce dimensionnement est la suivante :

$$t_n = t_1(1 + i)^{n-1}$$

$$t_2 = 450 * (1 + 0.07)^{2-1} \quad \rightarrow \quad t_2 = 482$$

Donc on a 266 *véhicules* qui seront générés en 2017.

II.3.1.2.2. Nombre de véhicule cumulés pendant la durée de vie du projet

$$t_n = t_1(1 + i)^{n-1}$$

$$t_{15} = 482 * (1 + 0.07)^{15-1} \quad \rightarrow \quad t_{15} = 1243$$

Donc on a 1243 *véhicules* qui seront générés par l'axe bretelle constituant 40% du trafic total au nouvel aéroport pour la durée de vie du projet.

II.3.1.2.3. Nombre de véhicules sur la voie d'accès principale pendant la durée de vie du projet

En faisant une règle de 3, nous pouvons déterminer les 60% du trafic affecté à la voie principale, on a :

$$\begin{cases} 0,4 \rightarrow 1243 \text{ véhicules} \\ 0,6 \rightarrow N \text{ véhicules} \end{cases} \quad N = \frac{0,6 \cdot 1243}{0,4} = 1865$$

Donc on a 1865 *véhicules* qui seront générés dans les 02 sens de la voie d'accès principale. Ainsi la moitié du trafic à considérer est : 933 *véhicules*.

On choisit le type de trafic en fonction des types définis par le guide pratique de dimensionnement de chaussées dans les pays tropicaux. (Voir tableau 5)

Tableau 4 : Les types de trafic en nombre de véhicules journaliers.

$T_1 < 300$
$300 < T_2 < 1000$
$1000 < T_3 < 3000$
$3000 < T_4 < 6000$
$6000 < T_5 < 12000$

(**Source :** République Française, Ministère de la coopération 1980 ; GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX.)

Selon les classes retenues par le guide, notre trafic correspond à une chaussée de **type T_2** .

Comparaison des deux méthodes (Voir tableau 6) :

Tableau 5 : Le comparatif des deux (02) méthodes de dimensionnement.

Méthode de dimensionnement	Type
<i>Le trafic en nombre cumulé de poids lourds</i>	T_3
<i>Le trafic en nombre de véhicules par jour</i>	T_2

Donc on peut conclure en choisissant le plus grand trafic qui est de **type T_3** .

CHAPITRE III: Etudes hydrologique et hydraulique

III.1. Etude hydrologique

III.1.1. Caractéristiques des données pluviométriques

Les données pluviométriques utilisées en hydrologie, peuvent être considérées mathématiquement comme des variables aléatoires. Elles proviennent d'une population considérée comme un phénomène hydrologique. Le nombre d'années d'observations (56 ans) peut être considéré suffisant pour caractériser la pluie décennale ponctuelle et la pluie centennale.

III.1.2. Choix de la loi de distribution

Il s'agit d'ajuster une loi aux données pluviométriques journalières maximales annuelles. Il est donc important de choisir une loi appropriée à l'ajustement de ces valeurs extrêmes. Vu que l'ouvrage de franchissement est d'une grande envergure, on peut déterminer la pluie annuelle décennale (P_{10}) et la pluie annuelle centennale (P_{100}). On va considérer une hypothèse de fréquence au non dépassement, ce qui permet d'utiliser **la loi de Gumbel**.

III.1.3. Calcul des paramètres de l'échantillon

III.1.3.1. Calcul des pluies de période de retour décennale et centennale

Ils sont donnés par la formule ci-dessous :

$$T = \frac{1}{P} = \frac{1}{1 - F} \quad \boxed{1}$$

Avec : $\begin{cases} P : \text{La probabilité de dépassement} \\ F : \text{La probabilité de non dépassement} \end{cases}$

On a deux (02) temps de retour soit :

$$\begin{cases} \text{Décennale } T = 10 \text{ ans} \\ \text{Centennale } T = 100 \text{ ans} \end{cases}$$

La formule $\boxed{1}$ nous permet d'obtenir la probabilité de non dépassement qui est :

$$F = 1 - \frac{1}{T}$$

- Pour $T = 10 \text{ ans}$ on a :

$$F = 1 - \frac{1}{10} \quad \rightarrow F = 0,90$$

- Pour $T = 100$ ans on a :

$$F = 1 - \frac{1}{100} \quad \rightarrow F = 0,99$$

III.1.3.2. Calcul de la pluie annuelle ($P_T = x_p$)

Obtenue avec la formule ci-dessous :

$$P_T = x_p = \frac{U_p}{a} + x_0$$

III.1.3.2.1. Calcul de la pluie décennale (P_{10})

$$\rightarrow P_{10} = x_p = \frac{2,25}{0,065} + 56,33$$

$$\rightarrow P_{10} = 91 \text{ mm}$$

III.1.3.2.2. Calcul de la pluie centennale (P_{100})

$$\rightarrow P_{100} = x_p = \frac{4,60}{0,065} + 56,33$$

$$\rightarrow P_{100} = 127,2 \text{ mm}$$

III.1.4. Vérification de la loi de Gumbel

On a utilisé le logiciel Hyfran pour vérifier que les points se situent belle et bien dans l'intervalle de confiance. (Voir figure 8 de l'Annexe 1)

- **Rivière**

Gumbel (Méthode des moments)

- **Résultats de l'ajustement** : Nombre d'observations : 56
- **Quantiles**

$q = F(X)$ (probabilité au non-dépassement)

$T = 1 / (1 - q)$

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	127	10.4	107 - 147
10.0	0.9000	91.0	5.51	80.2 - 102

III.2. Etude hydraulique

Le bassin versant à la section d'eau considérée comme exutoire, est la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cet exutoire. Il est délimité par la ligne de partage des eaux avec les autres bassins versants. (Voir Figure 2)

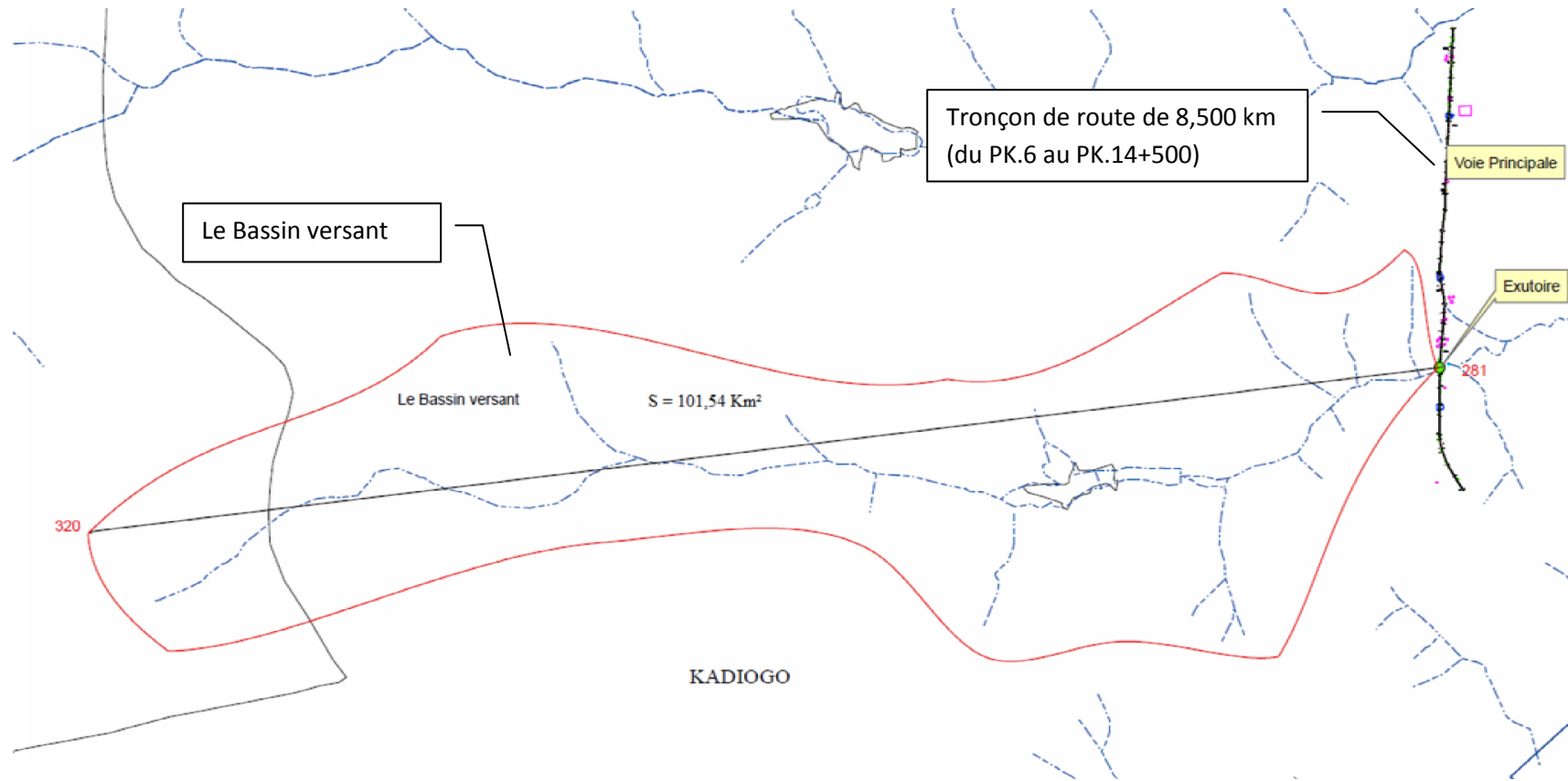


Figure 2 : Le bassin versant du débit drainé par l'ouvrage de franchissement.

(Source : Logiciel Arc Gis)

Le bassin versant se trouve limité au Nord par la latitude 12°28'28" et à l'Ouest par la longitude 1°29'52". Ces limites sont déterminées à partir des cartes de Google earth.

Le débit de crue décennale (hauteur de précipitation égalée ou dépassée en moyenne une fois par décennie) est déterminé avec la méthode d'ORSTOM. Cela permet de déterminer le débit centennal.

III.2.1. Calcul du débit décennal

$$Q_{r10} = A \cdot P_{10} \cdot Kr_{70} \cdot \alpha_{10} \cdot \frac{S}{T_{b10}}$$

$$\rightarrow Q_{r10} = 0,75 * 91 \cdot 10^{-3} * 0,44 * 2,6 * \frac{101,56 \cdot 10^6}{(2997 * 60)}$$

$$\rightarrow Q_{r10} = 44,09 \text{ m}^3/\text{s}$$

III.2.2. Calcul du débit centennal

III.2.2.1. Coefficient de majoration

Obtenu avec la formule ci-dessous :

$$C = 1 + \frac{P_{100} - P_{10}}{P_{10}} * \frac{\left(\frac{T_{b10}}{24}\right)^{0,12}}{Kr_{10}}$$

$$\rightarrow C = 1 + \frac{127,2 - 91}{91} * \frac{\left(\frac{2997}{24}\right)^{0,12}}{0,44}$$

$$\rightarrow C = 2,4$$

III.2.2.2. Calcul du débit centennal

$$Q_{100} = C * Q_{10}$$

$$\rightarrow Q_{100} = 2,4 * 44,09$$

$$\rightarrow Q_{100} = 105,81 \text{ m}^3/\text{s}$$

III.2.3. Dimensionnement hydraulique de l'ouvrage de franchissement d'eau

III.2.3.1. Principe du dimensionnement

Le diamètre ou encore hauteur de l'ouvrage $D = H + r$

Avec **H** : La hauteur des plus hautes eaux (PHE)

Et **r** : La revanche pour le passage des débris tels que les souches d'arbres et les ordures.

Connaissant les dimensions de la brèche ainsi que le débit qui doit être écoulé par l'ouvrage, on va se fixer des dimensions standard pour l'évacuation des eaux et par la suite, vérifier les conditions de dimensionnement.

(**Source** : La route et l'hydraulique, NVT janvier 1979 par Nguyen VAN TUU avec la collaboration de Bernard LEMOINE et Jacques POUPLARD, ingénieurs hydrauliciens du BCEOM.)

III.2.3.1.1. Choix du dalot

On va prendre un dalot de dimension: $N \times B \times D$.

Soit un dalot de : $4 \times 6 \times 3$.

III.2.3.1.2. Débit à évacuer par une cellule (q)

$$\text{On a : } q = \frac{Q}{N} \quad \rightarrow \quad q = \frac{105,8}{4}$$

Donc le débit unitaire est $q = 26,45 \text{ m}^3/\text{s}$

III.2.3.1.3. Hauteur d'eau H en amont

$$Q^* = \frac{q}{B \cdot D \sqrt{2gD}} \quad \rightarrow \quad Q^* = \frac{26,45}{6 \times 3 \sqrt{(2 \times 9,81 \times 3)}}$$

On a : $Q^* = 0,19$ la courbe de la Figure donne : $H^* = \frac{H}{D} = 0,70$

$$H = H^* \cdot D \quad \rightarrow \quad H = 0,70 \cdot 3 = 2,10 \text{ m}$$

III.2.3.1.4. Côte des plus hautes eaux (PHE)

$$PHE = \text{côte TN} + H \quad \rightarrow \quad PHE = 284,28 + 2,10$$

$$\rightarrow PHE = 286,38 \text{ m}$$

III.2.3.1.5. Vitesse d'écoulement admissible de l'eau

$$Q^* = \frac{q}{\sqrt{(g \cdot B^5)}} \quad \rightarrow \quad Q^* = \frac{26,45}{\sqrt{(9,81 \times 6^5)}}$$

$$\rightarrow Q^* = 0,095$$

On a : $Q^* = 0,095$ la courbe de la Figure donne : $I_c^* = \frac{I_c \cdot K^2 \cdot B^{1/3}}{g} = 2,65$

$$I_c = \frac{I_c^* \cdot g}{K^2 \cdot B^{1/3}} \quad \rightarrow \quad I_c = \frac{2,65 \cdot 9,81}{(67)^2 \cdot (6)^{1/3}}$$

Avec $K = 67$ le coefficient de rugosité du béton. On a : $I_c = 0,003$

III.2.3.1.6. Côte des plus hautes eaux (PHE)

La pente de l'ouvrage étant fixé en fonction de la pente critique précédemment calculée, il convient de calculer la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau dans l'ouvrage.

- ~ D'une part si elle reste inférieure à une valeur maximale admissible $V_{max} = 3 \text{ m/s}$
- ~ D'autre part, elle doit être suffisante pour éviter les dépôts des particules solides dans l'ouvrage.

Les vitesses minimales à respecter suivant le diamètre des matériaux solides susceptibles de se déposer. (Voir tableau 7)

Tableau 6: Vitesse admissible pour les différents types de sol.

Type de sol	Diamètre matériaux	Vitesses admissibles
Sable fin	< 0,05 mm	0,40 à 0,50 m/s
Graviers fins	< à 5 mm	0,50 à 0,70 m/s
Gros graviers	5 mm à 15 mm	0,70 à 0,90 m/s
cailloux	15 mm à 30 mm	1,00 à 1,20 m/s
Gros cailloux	30 mm à 100 mm	1,50 à 1,80 m/s

(Source : La route et l'hydraulique, NVT janvier 1979 par Nguyen VAN TUU avec la collaboration de Bernard LEMOINE et Jacques POUPLARD, ingénieurs hydrauliciens du BCEOM.)

$$\text{On a : } Q^* = \frac{q}{K \cdot I_c^{1/2} \cdot B^{8/3}} \quad \rightarrow \quad Q^* = \frac{26,45}{67 \cdot (0,003)^{1/2} \cdot (6)^{8/3}}$$

$$\rightarrow Q^* = 0,061$$

$$\text{On a : } Q^* = 0,061 \text{ la courbe de la Figure donne : } V^* = \frac{V}{K \cdot I_c^{1/2} \cdot B^{2/3}} = 0,28$$

$$V = V^* \cdot K \cdot I_c^{1/2} \cdot B^{2/3}$$

$$V = 0,2 \cdot 67 \cdot 0,003^{1/2} \cdot 6^{2/3} \quad \rightarrow V = 2,42 \text{ m/s}$$

Selon les conditions de limitations de vitesse dans un dalot rectangulaire notre vitesse est acceptable ; ce qui permet de conclure que la section de : **4 x 3 x 6** est bon pour le franchissement de ce cours d'eau.

III.2.3.1.7. Tirant d'air :

La notion de tirant d'air n'existe plus et est remplacée par la revanche. Ce paramètre est destiné à constituer une sécurité contre les déversements d'eau. Ainsi, MALLET et PACQUANT donnent la formule :

~ Hauteur de vague (h)

$$h = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{L}}{3}$$

Ou h : hauteur des vagues en (m).

L : Longueur du plan d'eau amont est en (km). Dans ce cas après observation sur le terrain, on a environ $L = 0,210 \text{ km}$

$$h = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{0,210}}{3} \quad \rightarrow \quad h = 0,65 \text{ m}$$

~ Vitesse de propagation de la vague (V)

$$V = \frac{3}{2} + \frac{2}{3}h \quad \rightarrow \quad V = \frac{3}{2} + \frac{2}{3} \cdot 0,65 \quad \rightarrow \quad V = 1,93 \text{ m/s}$$

~ Revanche (R) :

$$R = h + \frac{V^2}{2g} \quad \rightarrow \quad R = 0,65 + \frac{(1,93)^2}{2 \cdot 9,81} \quad \rightarrow \quad R = 0,84$$

Conclusion : On remarque que malgré le PHE et la revanche, le débit ne peut pas excéder l'ouverture du dalot.

CHAPITRE IV: Dimensionnement structurel de l'ouvrage de franchissement d'eau au PK. 7+300

Cette étape consiste à déterminer les épaisseurs des différents éléments qui constituent l'ouvrage.

IV.1. Pré dimensionnement

Compte tenu de la hauteur de remblai sous l'ouvrage, nous allons procéder à une majoration de l'épaisseur des différents éléments du dalot.

(Source : Ponts – cadres et portiques, Guide de conception par le Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art du S.E.T.R.A ; par V. Le Khac et A. L. Millan en Décembre 1992)

$$E_i = E_{i0} \sqrt{1 + \frac{H \cdot d^2}{20 \cdot E_{i0}^2}} \quad \text{avec : } \begin{cases} H: \text{hauteur de remblai (m)} = 0,51 \text{ m} \\ d: \text{ouverture de l'ouvrage (m)} = 6 \text{ m} \end{cases}$$

Les valeurs de E_{i0} (Voir Annexe 5).

IV.1.1. Epaisseur de la traverse supérieure (dalle)

$E_{i0} = 0,3125 \text{ m} \rightarrow E_i = 0,3179$; Soit une épaisseur $E_i = 0,35 \text{ m}$.

IV.1.2. Epaisseur des pieds droits et de la traverse inférieure (Radier)

~ Pour les piédroits :

$E_{i0} = 0,315 \text{ m} \rightarrow E_i = 0,320$; Soit une épaisseur $E_i = 0,35 \text{ m}$.

~ Pour le radier:

$E_{i0} = 0,315 \text{ m} \rightarrow E_i = 0,320$; Soit une épaisseur $E_i = 0,35 \text{ m}$.

IV.2. Dimensionnement structurel

IV.2.1. Règlements appliqués et les méthodes de calcul

- ~ Fascicule 61, Titre II : Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art ;
- ~ Fascicule 62, Titre I : Règle de calcul du béton armé aux états limites (BAEL 91, mod. 99) ;
- ~ Calculs avec les formules dites « Equations des trois moments » ou de CLAPEYRON (cadre à ouvertures multiples).

L'étude sera réalisée sur une bande de 1 ml de largeur du dalot.

IV.2.2. Hypothèses de calcul de l'ouvrage

IV.2.2.1. Béton

(Source : Etude des structures en béton (BAEL 91 révisé 99) par Jean – Marie Husson ; Edition Casteilla, 2002 – 25, rue Monge, 75005 Paris)

- ~ B25 pour le dalot et les organes annexes.
- ~ La résistance du béton à la compression : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- ~ La résistance du béton à la traction : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \cdot f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$
- ~ Le poids volumique du béton armé : $\gamma_{BA} = 25 \text{ kN/m}^3$
- ~ Le poids volumique du béton ordinaire $\gamma_B = 20 \text{ kN/m}^3$
- ~ Module d'élasticité instantanée : $E_{vi} = 11000 \times \sqrt[3]{f_{c28}}$ en MPa
- $E_{vi} = 11000 \times 3\sqrt{25} = 32164,2 \text{ MPa}$
- ~ Le coefficient partiel de sécurité pour le béton: $\gamma_b = 1,5$ combinaisons accidentelles.
- ~ Le coefficient fonction de la durée d'application de charge $\theta = 1$ car ($t > 24 \text{ heures}$).
- ~ La résistance de calcul du béton en compression à l'ELU :

$$f_{bu} = 0,85 * \frac{f_{c28}}{\theta \gamma_b} = 14,16$$

- ~ Le coefficient d'équivalence : $n = 15$
- ~ La contrainte limite du béton : $\overline{\sigma}_{bc} = 0,6 * f_{c28} = 15 \text{ MPa}$

IV.2.2.2. Acier pour béton armé

- Armatures à haute adhérence FeE500
- La limite d'élasticité de l'acier : $f_e = 500 \text{ MPa}$
- Le coefficient de fissuration : $\eta = 1,6$ pour barres HA et fils HA $\emptyset \geq 6 \text{ mm}$.
- ~ Le coefficient partiel de sécurité pour l'acier : $\gamma_s = 1,15$
- ~ La résistance de calcul des aciers à l'ELU : $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 435 \text{ MPa}$
- ~ La contrainte limite de l'acier à l'ELS:

$$\bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} * f_e ; 110 * \sqrt{\eta * f_{c28}} \right\} = 201,63 \text{ MPa}$$

IV.2.2.3. Fissuration du béton et enrobage des aciers

- ~ Le tablier : fissuration considérée comme peu préjudiciable, enrobage $e = 5\text{cm}$.
- ~ Le piédroit et le radier : fissuration considérée comme peu préjudiciable, enrobage $e = 5\text{cm}$ pour les éléments en contact avec la terre et 5 cm ailleurs.

IV.2.2.4. Sol de remblai

- Le poids volumique des terres (graveleux latéritique) : $\gamma_{sol} = 21 \text{ kN/m}^3$
- Le coefficient de poussée : $k_p = 0,33$
- Les surcharges routières de remblai d'accès : $q = 10 \text{ KN/m}^2$

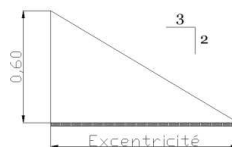
IV.2.2.5. Sol de fondation

Les caractéristiques du sol de fondation définies par le LNBTP :

- Résistance admissible au sol $\sigma_{sol} = 0,15 \text{ MPa}$ sous le dalot.

IV.2.2.6. Largeur totale du dalot

On va appliquer une pente de 3/2 de part et d'autre du remblai situé sur la dalle supérieur, donc on aura la largeur totale de la voie plus ses trottoirs ajoutés au débord dû au remblai.



(Voir Figure 3)

Figure 3 : L'excentricité du tablier.

$$e = 0,7 * \tan \left(\frac{3}{2} \right) = 0,4 \text{ m}; L_T = 18,5 \text{ m}$$

$L = e * 2 + L_T = 19,3 \text{ m}$ On va l'arrondir à $19,5 \text{ m}$ pour des dispositifs constructifs.

IV.2.3. Surcharges considérées

IV.2.3.1. Surcharges sur les éléments

(Source 1: Ministère de l'équipement et du logement, et Ministère de l'économie et des finances (1981), Fascicule n°61 Titre II du CCTG : Programmes de charges et épreuves des ponts-routes, Texte officiel.

Source 2: MONGI, BEN, OUEZDOU. (2012), Polycopié de l'ENIT de Tunis, Cours d'Ouvrages d'Art, Tome2 : Dimensionnement.)

IV.2.3.1.1. Système de charge A (kN/m^3):

- Valeur de A_L est donnée par

$$A_L = 2,3 + \frac{360}{L_{ch}+12} \quad \rightarrow \quad A_L = 2,3 + \frac{360}{14+12}$$

$$\text{Donc } A_L = 16,15 \text{ kN/m}^2$$

Cette valeur est multipliée par des coefficients a_1 et a_2 .

- Coefficient a_1

Celui-ci est fonction de la classe du pont et du nombre de voie.

Dans notre cas, le coefficient $a_1 = 0,75$

Après une majoration, A_L devient A_1 avec la formule ci-dessous :

$$A_1 = \text{Sup}[a_1 * A_L ; (4 - 0,002 * L)]$$

$$A_1 = \text{Sup}[0,75 * 16,15 ; (4 - 0,002 * 14)] \quad \rightarrow \quad A_1 = 12,11 \text{ kN/m}^3$$

$$a_2 = \frac{V_0}{V} \quad \rightarrow \quad a_2 = \frac{3,50}{3,50} = 1$$

Après une nouvelle majoration, A_1 devient A_2 avec la formule ci-dessous :

$$A_2 = a_2 * A_1 \quad \rightarrow \quad A_2 = 1 * 12,11$$

Donc $A_2 = 12,11 \text{ kN/m}^2$. Cette valeur sera appliquée uniformément sur toute la largeur de la chaussée des voies considérées de manière à produire l'effet le plus maximal pour l'élément considéré.

IV.2.3.1.2. Système de charge B (kN/m^3)

- Système B_t

Il n'est applicable qu'aux ponts de 1^{ière} et de 2^{ème} classe.

- La surface d'impact sur le tablier :

$$t_x = 0,5 + 1,35 + 0,5 = 2,35 \text{ m}$$

$$t_y = 0,5 + 5 + 0,6 = 6,1 \text{ m}$$

$$A = t_x * t_y \quad \rightarrow A = 2,35 * 6,1 = 14,33 \text{ m}^2$$

Quatre (02) files de 02 essieux chacun de 160 kN seront disposé côte à côte soit 640 kN sur cette surface de manière à produire l'effet le plus maximum. Cela est dû au faite que pour un ouvrage portant deux voies ou plus, on ne peut placer que 2 tandems au plus sur celui-ci, côte à côte ou non, de manière à obtenir l'effet le plus défavorable.

Le système B_t est multiplié par ce coefficient qui est fonction de la classe de l'ouvrage.

Tableau 7 : Le coefficient b_t

Classe du pont	1 ^{ere}	2 ^{eme}	3 ^{eme}
Coefficient b_t	1,0	0,9	---

(**Source:** Ministère de l'équipement et du logement, et Ministère de l'économie et des finances (1981), Fascicule n°61 Titre II du CCTG : Programmes de charges et épreuves des ponts-routes, Texte officiel.)

Dans notre cas, ce coefficient sera : $b_t = 1,0$

- Le coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 * G}{S}}$$

Avec -) $L = \min[L_r ; \text{portée travée}] \rightarrow L = \min[14 ; 6,35 \text{ m}]$

$\rightarrow L = 6,35 \text{ m}$

- ~ G : Le poids d'une section de dalle de longueur L et de largeur l .

$$G = G_D * L * l \quad \rightarrow G = 20,75 * 6,35 * 19,5$$

$\rightarrow G = 2569,4 \text{ kN}$

- ~ q : La charge repartie routière.

$$q = \frac{640}{A} * b_t \quad \rightarrow q = \frac{640}{14,33} * 1 = 44,66$$

$\rightarrow q = 44,66 \text{ kN/m}^2$

- ~ Donc le coefficient de majoration sera :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 6,35} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 * 2569,4}{1049,1}}$$

$\rightarrow \delta = 1,232$

On a : $B_t = S * \delta = 44,66 * 1,232$

Donc $\rightarrow B_t = 55,02 \text{ kN/m}^2$

IV.2.4. Ferrailage

IV.2.4.1. Calcul du ferrailage

(Source: ADAMAH, P.-S. MESSAN (2012) Cours de Béton Armé, Polycopié de 2IE Ouagadougou.)

IV.2.4.1.1. Armatures dans le tablier

1°) <u>L'élément à calculer :</u>	Le tablier		
2°) La section considérée	Sur appui (g)	En mi-travée	Sur appui (d)
3°) <u>Le choix des aciers :</u>	7 HA 25	7 HA 20	7 HA 25
Soit un espacement	e = 15 cm	e = 15 cm	e = 15 cm

IV.2.4.1.2. Armatures dans les piédroits de rive

1°) <u>L'élément à calculer :</u>	Les piédroits de rive		
2°) La section considérée	Sur appui (g)	En mi-travée	Sur appui (d)
3°) <u>Le choix des aciers :</u>	6 HA 20	6 HA 25	6 HA 25
Soit un espacement	e = 20 cm	e = 20 cm	e = 20 cm

IV.2.4.1.3. Armatures dans les piédroits intermédiaires

1°) <u>L'élément à calculer :</u>	Les piédroits intermédiaires		
2°) La section considérée	Sur appui (g)	En mi-travée	Sur appui (d)
3°) <u>Le choix des aciers :</u>	6 HA 20	6 HA 25	6 HA 25
Soit un espacement	e = 20 cm	e = 20 cm	e = 20 cm

IV.2.4.1.4. Armatures dans le radier

1°) <u>L'élément à calculer :</u>	Le radier		
2°) La section considérée	Sur appui (g)	En mi-travée	Sur appui (d)
3°) <u>Le choix des aciers :</u>	7 HA 25	7 HA 20	7 HA 25
Soit un espacement	e = 15 cm	e = 15 cm	e = 15 cm

IV.2.4.2. Disposition des armatures

Pour les plans de ferrailage, il est à noter que :

- Pour le tablier: les aciers calculés en mi-travée sont les aciers du lit inférieur et ceux calculés aux appuis sont celles du lit supérieur ;
- Pour le radier : les aciers calculés en mi-travée sont les aciers du lit supérieur et ceux calculés aux appuis sont les aciers du lit inférieur ;
- Les aciers calculés sont les aciers à répartir dans le sens de la plus petite portée de la bande ; c'est-à-dire dans le sens de $b = 1m$;
- le diamètre des aciers dans le sens de la plus grande portée (ϕ_y) est déduit de celui des aciers calculés dans le sens de la plus petite portée (ϕ_x) avec la relation suivante :

$$\phi_y \geq \frac{\phi_x}{3}$$

- L'espace maximal entre les barres est :

$$\begin{cases} \text{dans le sens } x : e_x = \inf(3h; 33 \text{ cm}) = \inf(105; 33) = 33 \text{ cm} \\ \text{dans le sens } y : e_y = \inf(4h; 45 \text{ cm}) = \inf(140; 45) = 45 \text{ cm} \end{cases}$$

Pour le schéma de coffrage et de ferrailage (Voir Annexe 7 – N°10)

CHAPITRE V: Dimensionnement structurel de la chaussée

La structure de chaussée sera dimensionnée selon les normes du **CEBTP** « Centre Expérimental de recherche et d'étude du Bâtiment et des Travaux Publics) compte tenu de sa situation géographique (zone tropical sèche).

V.1. Classe du sol support

Selon le guide de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, on a (05) classes de sols correspondant à une répartition assez constante des types de sols rencontrés et retenues en pays tropicaux. (Voir tableau 8)

Tableau 8 : Classe de chaussée.

S1	$CBR < 5$
S2	$5 < CBR < 10$
S3	$10 < CBR < 15$
S4	$15 < CBR < 30$
S5	$CBR > 30$

(**Source :** République Française, Ministère de la coopération 1980 ; GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX.)

L'étude détaillée géotechnique du tronçon de la voie d'accès principale permet de déduire un $CBR = 17\%$ en moyenne ; mais néanmoins on va considérer le résultat du $CBR = 14\%$ générale de la voie entière car cela permettra de se placer dans une situation certe défavorable mais facilitera la continuité du dimensionnement du reste de la route.

Selon la classification de ce tableau, la classe de portance du sol est **S3**, car on a un $CBR = 14\%$ en moyenne. Il est compris dans l'intervalle $10 < CBR < 15$.

V.2. Choix de la structure de chaussée

On a un trafic de **type T₃** et une portance de **classe S₃**.

Compte tenu de la disponibilité des matériaux, il convient d'adopter la **Structure telle décrite ci-dessous selon les normes du CEBTP.**

Tableau 9 : Type de structure de chaussée.

	Le type de matériaux	L'épaisseur de la couche (cm)
La couche de revêtement	Béton bitumineux	5
La couche de base	Graveleux latéritique	20
La couche de fondation	Graveleux latéritique naturel	20

(Source : République Française, Ministère de la coopération 1980 ; GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX.)

V.3. Vérification par la méthode d'Alizé

NE=366000 donc on a trafic de type T3

~ Critère de rupture à considérer

- La déformation verticale à la surface du sol support et des couches non traitées ;
- L'allongement relatif à la base des couches bitumineuses ;
- Le coefficient d'agressivité moyen CAM=1.

~ Les paramètres physiques des matériaux

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,05	5400	0,35	bb
collé	0,2	400	0,35	gnt2
collé	0,2	400	0,35	gnt2
collé	infini	120	0,35	pf3

Figure 4 : Les caractéristiques des matériaux de base

(Source : Alizé LCPC)

~ Déformation admissible du sol support

La déformation du sol support devra être inférieure à la valeur admissible calculée ci-dessous grâce au logiciel Alizé – LCPC - Recherche

$$\epsilon z, adm = 611 \mu def$$

Pour la structure de chaussée de départ qui était de 5cm de BB en couche de roulement 20 cm de GB en couche de base et 20 cm de graveleux naturel, nous avons les résultats suivants :

$$\varepsilon z, \text{calculé} = 482,4 \mu def < \varepsilon z, \text{adm} = 611 \mu def \text{ (ok)}$$

On remarque que cette structure de chaussée répond à toutes les normes.

Ainsi, on aura du Béton Bitumineux = 5cm ; graveleux latéritique = 20cm et graveleux latéritique naturel = 20 cm en fonction de la disponibilité en matériau.

CHAPITRE VI: Dimensionnement géométrique de la chaussée

VI.1. Vitesse de référence

Une route est une succession de tronçons réguliers et de points singuliers (virages, rampes, carrefour, etc...) l'aménagement de ces points singuliers obéit à des normes qui prennent pour base la vitesse de référence. La vitesse de référence pour cette chaussée est $V_r = 100 \text{ km/h}$ (qui est de la 1^{ère} catégorie) du fait de son type, de l'importance du trafic et de la topographie.

VI.2. Tracé en plan

C'est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. Le tracé est situé dans une zone non urbaine, donc on a utilisé les paramètres d'une route de T100. La longueur de l'axe est 8557,960 m ; déterminer avec le logiciel de dimensionnement routier « *piste* ». Avec le levée topographique de la bande d'étude réalisée, on a essayé de suivre au maximum l'allure de celle-ci tout en respectant les contraintes ci-dessous du terrain :

- ~ Les zones d'emprunt situées en plein axe du projet;
- ~ Les habitations ;
- ~ Les réseaux existants ;
- ~ Les cours d'eau.

Cela fait que le projet routier en plan est constitué de :

- Dix (10) alignements droits ;
- Six (06) courbes de raccordements progressives (clothoïde) ;
- Trois (03) arcs de cercle.

(Voir Tableau 14 de l'Annexe 4)

VI.3. Profil en long

Il est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Dans ce projet on a essayé d'adapter au maximum le terrain naturel afin d'équilibrer le déblai et le remblai pour l'exécution de la route, car il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long tout en tenant compte de l'implantation des points d'échange pour:

- ~ Avoir une vue satisfaisante de la route pour des conditions de visibilité minimale ;
- ~ Prévoir de loin l'évolution du tracé.

Ainsi le tracé en plan est constitué de :

- Dix huit (18) alignements droits ;
- Dix sept (17) paraboles en angles saillants et rentrants.

(Voir Tableau 15 de l'Annexe 4)

VI.4. Profil en travers

Le profil en travers peut se rapporter soit au terrain naturel, soit au projet permettant de bien percevoir l'intégration du projet dans le milieu naturel.

(Voir Annexe 7 ; A7 – 1)

- ~ Les largeurs de chaque demi-chaussée :

Leurs valeurs sont présent en fonction des normes de l'UEMOA, on a : $L = 3,50 m$

- ~ Vitesse de référence : 100 km/h

- ~ Circulation :

On a une voie de circulation de type 2x2 composé de :

- 2 Chaussées de $2x3,50 m$ séparées par un TPC ;
- Des accotements de part et d'autre du TPC;

- ~ Largeur de la chaussée principale :

$2x2x3,50 m$ Revêtue en béton bitumineux ;

- ~ Terre plein centrale (TPC) :

Sa valeur est prise en fonction des normes du Setra qui donne une largeur minimale de

$TPC = 1,50 m$

- ~ L'accotement : 1,50 m revêtue en pavé;

- ~ Pente transversale : 2.50 % (profil en toit) en alignement droit

- ~ Pente des talus : En remblai : 2V/3H

En déblai : 2V/3H

CHAPITRE VII: Signalisations routière

VII.1. Objectif de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

- ~ Rendre plus sûre la circulation routière ;
- ~ Faciliter cette circulation ;
- ~ Donner des informations relatives à l'usage de la route.

VII.2. Signalisation horizontale :

Il s'agit des marques sur chaussées ayant pour rôle d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou la conduite que doivent observer les usagers. On distingue plusieurs types de lignes longitudinales constituant l'ensemble de la signalisation horizontale. La largeur de ces lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente selon le type de route, soit dans le cas d'une route de 2 x 2 voies $u = 6$ cm.

~ Délimitation des voies en section courante :

- Ligne de type T'3 :

Continue ou discontinue et qui ne peut être franchie car elle constitue la délimitation de voies réservées à certaines catégories de véhicule ou de délimitation de bandes d'arrêt d'urgence. Leur largeur est prise égale à $3u = 18$ cm ; Longueur du trait = 20 m et l'intervalle entre 2 traits successifs = 6 m.

- Ligne de type T1:

Discontinue et franchissable ; Elle est utilisée pour les lignes axiales en rase campagne. Leur largeur est prise égale à $2u = 12$ cm ; Longueur du trait = 3 m et l'intervalle entre 2 traits successifs = 10 m.

- Ligne continue :

Elle est utilisée pour la délimitation de terre-plein central. Leur largeur est prise égale à $3u = 18$ cm.

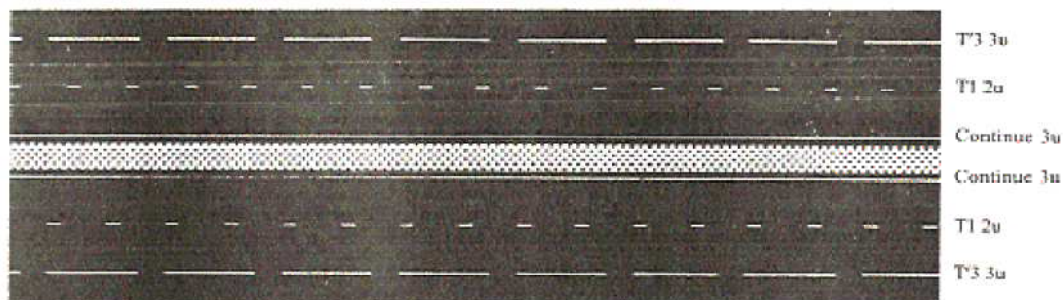


Figure 5 : Marquage d'une route de 2 x 2 voies avec terre-plein centrale

~ **Marquage des points singuliers :**

- Flèches de rabattement :

Pré signalisation de marquage de point singulier, elles annoncent le marquage qui fait obligation aux usagers circulant dans le sens de ces flèches d'emprunter la voie indiquée. Leur dimension est standardisée.

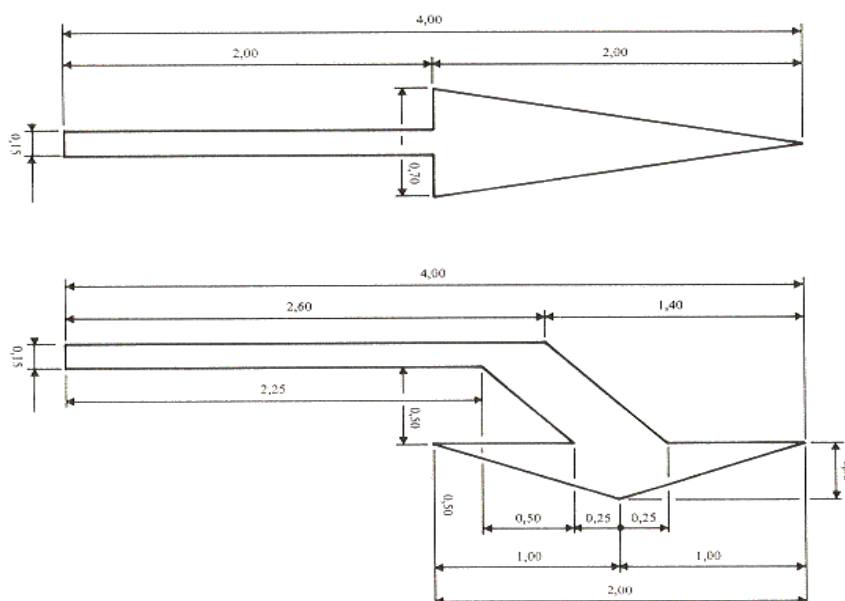


Figure 6 : Marquage des points singuliers

VII.3. Signalisation verticale :

Ce sont les panneaux qui doivent être légèrement tournés vers l'extérieur de la route pour éviter les phénomènes d'éblouissement. En rase campagne on aura des panneaux de danger et les panneaux de traversé d'agglomération en générale. Ils se présentent sous la forme ci-dessous :

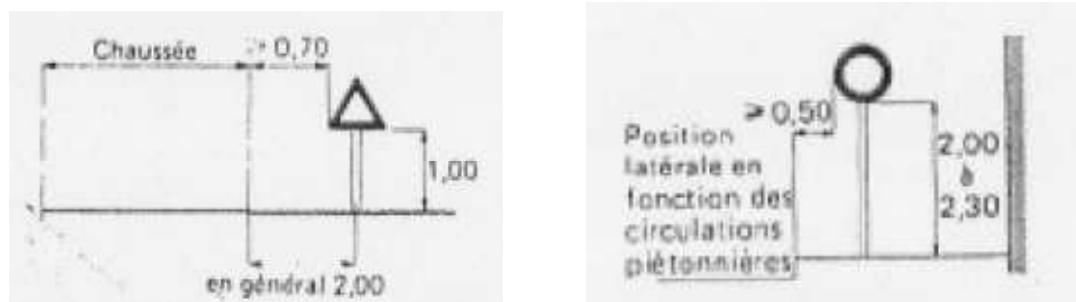


Figure 7 : Type de panneaux sur accotement en rase campagne.

(**Source :** Guide Pratique pour la Conception Géométrique des routes et Autoroutes, Alain FRERET ; Editions EYROLLES, 1981.)

- ~ Différents type de panneaux de notre route :
- Le panneau de type **A1a** pour le virage à droite.
 - Le panneau de type **A1b** pour le virage à gauche.
 - Le panneau de type **A1c** pour une succession de virages dont le premier est à droite.
 - Le panneau de type **A1d** pour une succession de virages dont le premier est à gauche.
 - Le panneau de type **A15a1** pour le passage d'animaux domestiques.
 - Le panneau de type **A15b** pour le passage d'animaux domestiques.
 - Le panneau du type B14 pour la limitation de vitesse dans les villages traversés.



(**Source :** Les signaux routiers, direction de la sécurité et de la Circulation Routières ; Edition novembre 2002.)

CHAPITRE VIII: Etude d'impact environnemental

VIII.1. Introduction de l'étude

Le présent projet porte sur l'aménagement en 2X2 *voies* du tronçon de la voie d'accès principale du nouvel aéroport international de DONSIN. Le projet vise à assurer la fluidité des trafics actuels et attendus. Le but de l'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) est d'identifier les risques potentiels sur les milieux physiques, biologiques et socio-économiques et par la suite, de proposer des mesures d'atténuer les effets négatifs éventuels du projet sur l'environnement. Le présent rapport est un résumé de l'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES).

VIII.2. Description du milieu

Un état des lieux de l'environnement du projet concernant la réalisation de la voie d'accès principale du *PK. 6 au PK. 14,5* du nouvel aéroport international de Donsin, fait ressortir la présence d'un cours d'eau à franchir ; de deux (02) villages ; de quelques arbustes ; de quelques propriétés privées ainsi que deux anciens cites d'emprunts. Compte tenu de ce bilan, les enjeux primordiaux de ce projet d'aménagement routier seront les impacts positifs « direct ou indirect » et négatives « direct ou indirect » sur :

- Le milieu physique ;
- Le milieu biologique ;
- Le milieu humain.

VIII.3. Impacts potentiels du projet

Les principaux impacts sur le projet d'aménagement routier de la voie d'accès principale sont :

VIII.3.1. Impacts positifs

VIII.3.1.1. Impacts positifs directs

- ~ Une amélioration de la fluidité de la circulation ;
- ~ Une amélioration du confort de la circulation routière.

VIII.3.1.2. Impacts positifs indirects

- ~ La création de nouveaux emplois ;
- ~ L'amélioration du commerce ;
- ~ La construction de nouvelles infrastructures ;
- ~ La migration de nouveaux habitants ;
- ~ L'amélioration des conditions de vie des zones traversées par cette nouvelle route ;
- ~ Le développement du tourisme grâce aux connexions probables des zones touristiques.

VIII.3.2. Impacts négatifs

I.3.2.1. Phase du chantier

- ~ La perturbation des activités ;
- ~ La détérioration du cadre de vie et de la santé de la population ;
- ~ Les déplacements de réseaux ;
- ~ La gêne des circulations et des accès ;
- ~ La perturbation de l'acoustique pour les riverains ;
- ~ La modification du terrain naturel ;
- ~ La pollution de l'atmosphère causée par les travaux ;
- ~ La création des risques d'envasement des retenues d'eau.

I.3.2.2. Phase d'exploitation

- ~ Le milieu biologique :

Du faite que c'est une nouvel route, le projet va forcément affecter des sites archéologiques, culturels ou religieux.

- ~ Le milieu humain :

Il va forcément accroître des nuisances sonores, des risques d'accidents pour les habitants qui ne sont pas habitués à ces types de routes.

- ~ Le milieu physique :

Il va entraîner le récalibrage des cours d'eau ainsi que la modification des bassins versants ce qui pourrait engendrer des effets secondaires sur la flore.

VIII.4. Mesures d'atténuation pour ce projet

- L'installation des zones de chantier seront placés le plus loin possible des habitations pour éviter tous nuisances ;
- La mise en œuvre des voies de déviations sera exécuté pour assurer la continuité de la circulation ;
- Les zones d'emprunts seront rebouchées si possible avec du tout venant, puis on y ajoutera de la terre végétale pour faciliter la restauration de la verdure naturelle ;
- Un programme de reboisement sera mise en place ;
- L'indemnisation des riverains suite aux dégâts engendrés par le projet ;
- La mise en œuvre des zones de collecte des huiles des engins de chantier pour éviter la pollution des eaux.
- Les voies de déviation seront arrosées pour atténuer l'envole de la poussière.
- Des sensibilisations seront menées pour les infections sexuellement transmissible (VIH) c'est-à-dire le SIDA.

CHAPITRE IX: Estimation du coût des travaux

Il constitue l'estimation du coût du projet et à ce titre sert de base pour la conclusion du marché. Selon qu'il aura été bien ou mal établi, l'affaire traitée pourra devenir bénéficiaire ou déficitaire. Disons en quelque sorte qu'il permettra le rapprochement des prévisions et des conditions de travail de l'entreprise.

Tableau 10 : Récapitulatif du devis estimatif

Série	Désignation	Prix total(CFA)	Pourcentage(%)
100	Installation et repli du chantier	100000000	1,44
200	Travaux préliminaires	222141200	3,21
300	Terrassement	4273452300	58,14
400	Revêtement	1871748500	27,04
500	Signalisations routière	249164429	3,60
600	Ouvrage d'art (dalot)	124309550	1,80
700	Mesures environnementales et social	329582577,5	4,76
	Montant total hors taxe	7170398557 FCFA	100,00
	Montant total TTC	8461070297 FCFA	
	Coût kilométrique TTC	995420034 FCFA	

Conclusion

Ce mémoire de fin d'étude a eu pour objectif de répondre à la question d'étude dont l'objectif était « d'effectuer une étude technique de la voie d'accès principale du nouvel aéroport de Donsin ». On se rend compte que le choix des structures de chaussée et des ouvrages de franchissement n'est toujours pas évident car elles dépendent de beaucoup de paramètres qu'il faut bien maîtriser. Une proposition technique a été établie en adéquation avec les termes de références. Lors du projet la problématique était surtout le dimensionnement hydrologique et hydraulique, le dimensionnement structurel de l'ouvrage de franchissement d'eau et le dimensionnement structurel et géométrique de la route et enfin une étude de la signalisation pour la sécurité des usagers tout en respectant les paramètres de sécurité environnementale, ainsi que le budget prévu pour le projet.

En effet, on a effectué une étude de la voie de 2x2 voies d'une vitesse de référence 100 km/h pour assurer la jonction rapide des zones (Ouagadougou – Donsin). Lors de ces études on a essayé d'épouser au maximum l'allure du terrain naturel afin de faciliter une compensation entre les déblais et les remblais du terrassement ; de même pour assurer la dureté de la structure de chaussée après même étude on a adopté : une fondation de 20 cm en graveleux latéritique naturel ; une base de 20 cm en graveleux latéritique et enfin un revêtement de 5 cm en béton bitumineux. Mais étant donné que l'eau est l'ennemi majeur de toute route, on a décidé de faire sa mise hors d'eau avec des fossés standardisés et un dalot à 4 ouvertures chacune large de 6 m et haute de 3 m au PK 7+300 qui va déverser un débit centennale de projet $105.81 \text{ m}^3 / \text{s}$. Et enfin étant donné que c'est un nouveau projet implanté dans un nouveau milieu qui va engendrer forcément des impacts, on a réalisé une étude d'impact environnementale.

Finalement, nous nous sommes rendus compte que le but d'un travail d'étude technique de route n'est pas forcément de donner des réponses concrètes mais d'essayer de contribuer, même si c'est d'une façon limitée, aux problématiques exposés.

Bibliographie

- BAEL 91 révisé 99 (Etude des structures en béton) par Jean – Marie Husson ; Edition Casteilla, 2002 – 25, rue Monge, 75005 Paris.
- CALGARO, J.A. (2000), Projet et construction des ponts-Généralités, Fondations, Appuis, Ouvrages courants, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées.
- CEBTP, GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX, République Française, Ministère de la coopération 1980 ;.
- Cours de Béton Armé, Polycopié de 2IE Ouagadougou, ADAMAH, P.-S. MESSAN. (2012).
- Cours d'Ouvrages d'Art, Tome1 : Conception ; MONGI, BEN, OUEZDOU. (2012), Polycopié de l'ENIT de Tunis.
- Cours d'Ouvrages d'Art, Tome2 : Dimensionnement ; MONGI, BEN, OUEZDOU. (2012), Polycopié de l'ENIT de Tunis.
- Etude géotechnique de Décembre 2011 effectuée par le département géotechnique routière du laboratoire national du bâtiment et des travaux publics (LNBTP).
- Guide Pratique pour la Conception Géométrique des routes et Autoroutes, Alain FRERET ; Editions EYROLLES, 1981.
- La route et l'hydraulique, NVT janvier 1979 par Nguyen VAN TUU avec la collaboration de Bernard LEMOINE et Jacques POUPLARD, ingénieurs hydrauliciens du BCEOM.
- Les signaux routiers, direction de la sécurité et de la Circulation Routières ; Edition novembre 2002.
- Ministère de l'équipement et du logement, et Ministère de l'économie et des finances (1981), Fascicule n°61 Titre II du CCTG : Programmes de charges et épreuves des ponts-routes, Texte officiel.
- Rapport technique préliminaire en 2006 de l'avant projet détaillé du rapport technique du comptage de trafic, par AGEIM-IC Setting.
- SETRA (1989), Ponts-dalles, Guide de conception.
- SETRA (1994), Aménagement des routes principales, Guide technique.

Annexes

Annexe 1 : Détails de l'étude hydrologique.

Les paramètres de tendance centrale de l'échantillon :

Le rang (n) :

Pour déterminer les rangs, on classe les pluies par ordre croissant.

La taille de l'échantillon (n) :

La taille prise est égale au nombre d'année d'observation : $n = 56$

La moyenne (\bar{x}) :

Les moyennes est définie par :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{on obtient : } \bar{x} = 65,22$$

L'écart-type (S) :

L'écart-type est définie par :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \text{on obtient : } S = 19,75$$

Le calcul de la fréquence au non dépassement :

On va utiliser la formule de Hazen :

$$F(X) = \frac{r - 0,5}{n}$$

Le paramètre (U) :

Il est donné par la formule ci-dessous :

$$U = -\ln[-\ln(F(x))]$$

Le paramètre (a) :

$$\frac{1}{a} = 0,780.S \quad \rightarrow a = \frac{1}{0,780.S}$$

$$\rightarrow a = \frac{1}{0,780 * 19,75} \quad \rightarrow a = 0,065$$

Le paramètre (x_0) :

$$x_0 = \bar{x} - \frac{0,577}{a} \quad \rightarrow x_0 = 65,22 - \frac{0,577}{0,065}$$

$$\rightarrow x_0 = 56,33$$

Le paramètre (U_p) :

Ce paramètre est déterminé grâce au tableau qui donne quelques valeurs de la variable réduite de Gumbel. (Voir tableau 11)

Tableau 11 : La variable réduite de Gumbel.

F	0,10	0,20	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
U_p	-0,834	-0,476	0,367	1,500	2,250	2,970	3,902	4,600	6,907

Dans notre cas :

Pour $T = 10 \rightarrow F = 0,90$ donc on a: $U_p = 2,25$

Pour $T = 100 \rightarrow F = 0,99$ donc on a: $U_p = 4,60$

Tableau 12 : Les paramètres de tendance centrale de l'échantillon.

PLUVIOMETRIE MAXIMALE JOURNALIERE ANNUELLE (mm)

Années	Aéroport Ouagadougou	Rang	Fréquence $F(x)$	Paramètre (u)
1982	37,1	1	0,008928571	-1,551490713
1978	37,5	2	0,026785714	-1,286442695
1968	40,2	3	0,044642857	-1,134320738
1966	42,7	4	0,0625	-1,019781441
1984	42,8	5	0,080357143	-0,924764446
1980	45,7	6	0,098214286	-0,841827324
1979	46,5	7	0,116071429	-0,767117418
1986	47,2	8	0,133928571	-0,698357916

1993	48	9	0,151785714	-0,634079283
1961	48,6	10	0,169642857	-0,573270644
2001	49,8	11	0,1875	-0,515201894
1985	50,4	12	0,205357143	-0,459324722
2006	51,5	13	0,223214286	-0,405213774
1958	52,2	14	0,241071429	-0,352529768
1954	52,5	15	0,258928571	-0,300995337
1960	52,8	16	0,276785714	-0,25037862
1990	55	17	0,294642857	-0,200481749
2004	55,1	18	0,3125	-0,151132538
1967	56,1	19	0,330357143	-0,102178321
1964	57,3	20	0,348214286	-0,053481263
1955	57,5	21	0,366071429	-0,004914708
1992	57,8	22	0,383928571	0,043639757
1995	58,1	23	0,401785714	0,092294711
2002	58,1	24	0,419642857	0,141158958
1963	58,4	25	0,4375	0,190339326
2008	58,4	26	0,455357143	0,239942316
2000	58,6	27	0,473214286	0,290075658
2003	58,9	28	0,491071429	0,340849844
1973	59	29	0,508928571	0,392379692
1972	59,9	30	0,526785714	0,444786
1974	60,5	31	0,544642857	0,498197352
1994	60,5	32	0,5625	0,552752143
1981	61,5	33	0,580357143	0,608600904
1965	62,4	34	0,598214286	0,665909026
1997	63,2	35	0,616071429	0,724860026
1983	63,3	36	0,633928571	0,785659491
1988	64,2	37	0,651785714	0,848539961
1975	65,6	38	0,669642857	0,913767025
1999	66	39	0,6875	0,981647055
1996	70,6	40	0,705357143	1,052537182

1998	72,4	41	0,723214286	1,126858329
1989	74,9	42	0,741071429	1,205112575
1987	75,6	43	0,758928571	1,287906686
2005	75,7	44	0,776785714	1,375984678
1976	76,7	45	0,794642857	1,470273968
1956	77,1	46	0,8125	1,571952527
1977	89,3	47	0,830357143	1,682549729
1970	89,6	48	0,848214286	1,804103466
1971	89,8	49	0,866071429	1,939416032
1959	91,2	50	0,883928571	2,092494189
1962	93,6	51	0,901785714	2,269359677
1969	102,7	52	0,919642857	2,479681727
1991	105,2	53	0,9375	2,740493007
1957	109,7	54	0,955357143	3,086312845
2007	116,7	55	0,973214286	3,606341804
1953	120,5	56	0,991071429	4,714017888

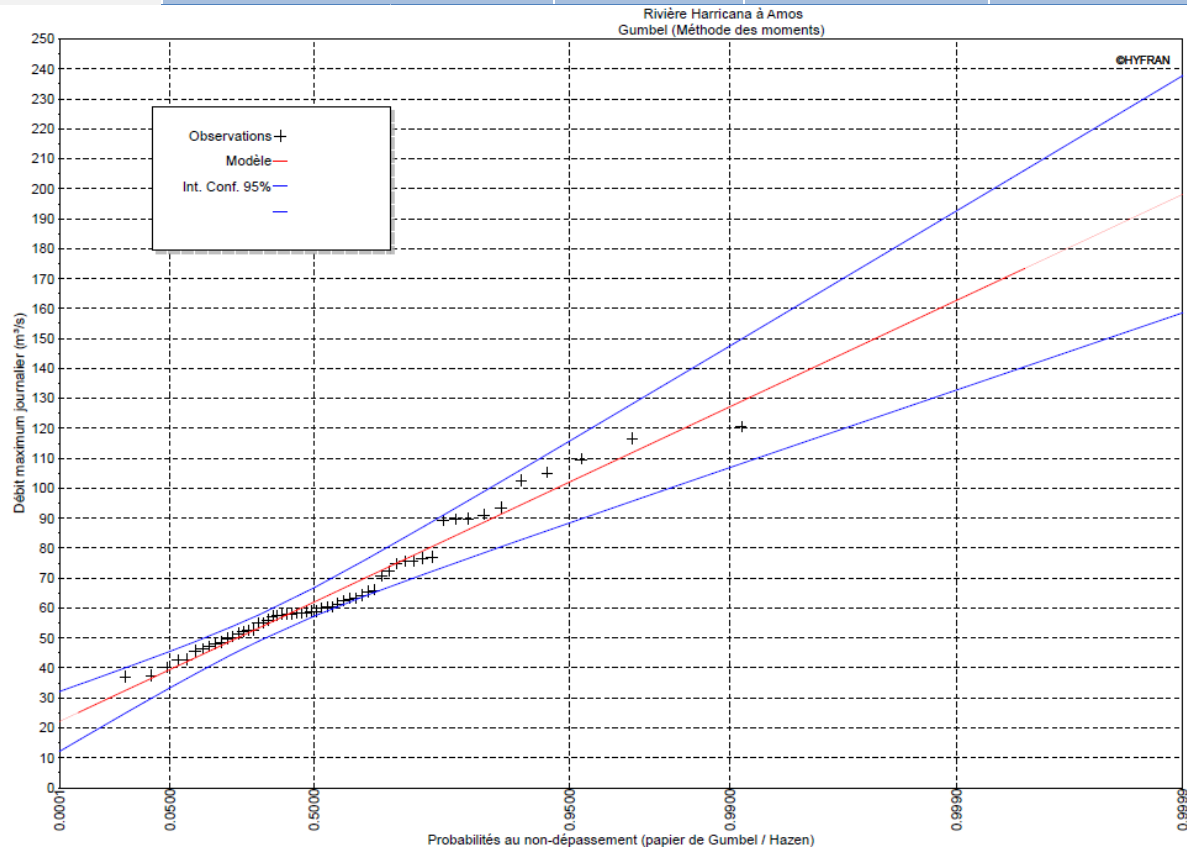


Figure 8 : Le graphe de l'intervalle de confiance.

Annexe 2 : Détails de l'étude hydraulique

Les caractéristiques géomorphologiques :

La superficie du bassin versant :

Exprimée en km^2 et est déterminée par planimétrie avec le logiciel *Arcmap 10*. On a une superficie $S = 101,45 km^2$

Le périmètre du bassin versant :

Il est exprimé en km , on détermine également sa valeur avec le logiciel *Arcmap 10*. On a un périmètre $P = 58,64 km$

La longueur du rectangle équivalent :

$$L_e = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16 \cdot S}}{4} \quad \rightarrow L_e = \frac{58,64 + \sqrt{(58,64)^2 - 16 \cdot 101,45}}{4}$$

$$\rightarrow L_e = 25,31 m$$

L'indice global de pente :

Il tient compte de la déclivité générale du bassin et représente assez bien la pente du bassin versant.

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \quad \rightarrow I_g = \frac{320 - 281}{25,31}$$

$$\rightarrow I_g = 1,54 \%$$

Le coefficient d'Abattement :

$$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 \cdot P_{an})}{1000} * \log(S) \right]$$

$$\rightarrow A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 * 920)}{1000} * \log(101,45) \right] \quad \rightarrow A = 0,75$$

Le coefficient de ruissellement décennal : La pluie décennale ponctuelle $P_{10} = 91 mm$ est compris entre $70 mm$ et $100 mm$. Il est obtenu avec la formule ci-dessous :

$$Kr_{70} = \frac{a}{(S + b)} + c \quad \rightarrow Kr_{70} = \frac{921,9}{(101,45 + 26,54)} + 19,31 \quad \rightarrow Kr_{70} = 41,2 \%$$

$$Kr_{100} = \frac{a}{(S + b)} + c \quad \rightarrow Kr_{70} = \frac{1233}{(101,45 + 33,88)} + 19,31 \quad \rightarrow Kr_{70} = 44,55 \%$$

Alors on a :

$$Kr_{70} \text{ --- } 41,2\%$$

$$Kr_{10} \text{ --- } X\% \quad \text{Soit } Kr_{70} = 44 \%$$

$$Kr_{100} \text{ --- } 44,55\%$$

Le temps de base :

$$T_{b10} = a.S^{0,36} + b$$

Les paramètres *a* et *b* varient en fonction de la pente.

$$\text{Pour } I_g = 1 \quad \rightarrow T_{b10} = 560 * (101,45)^{0,36} + 400$$

$$\rightarrow T_{b10} = 3354 \text{ min}$$

$$\text{Pour } I_g = 3 \quad \rightarrow T_{b10} = 325 * (101,45)^{0,36} + 315$$

$$\rightarrow T_{b10} = 2030 \text{ min}$$

Alors on a :

$$I_g = 1,00 \text{ --- } T_{b10} = 3354 \text{ min}$$

$$I_g = 1,54 \text{ --- } T_{b10} = X \text{ min} \quad \text{Soit } T_{b10} = 2997 \text{ min}$$

$$I_g = 3,00 \text{ --- } T_{b10} = 2030 \text{ min}$$

Le coefficient de pointe décennale:

On admet que ce coefficient α_{10} est voisin de 2,6 quelle que soit la superficie du bassin versant.

$$\text{Donc } \alpha_{10} = 2,6$$

Le choix du type de dalot :

On a deux types de dalots qui sont couramment utilisés au Burkina Faso :

- ~ Les dalots ordinaires qui sont constitués d'une dalle se reposant sur des piédroits verticaux fondés et le tout fondé sur des semelles filantes ou sur un radier générale.
- ~ Les dalots cadres dans lesquels la dalle, les piédroits et le radier constituent une structure rigide en béton armé.

On remarque que de façon générale, on distingue essentiellement deux types de condition de fonctionnement pour les dalots soit : Les dalots à sortie noyée et les dalots à sortie libre.

~ Les dalots à sortie noyée :

En quelque sorte, le niveau le plus haut (PHE) de l'eau à l'exutoire dépasse le bord supérieur de l'ouvrage. Ils sont exécutés lorsqu'on est en zone inondable. Dans ces conditions, l'écoulement se fait à charge.

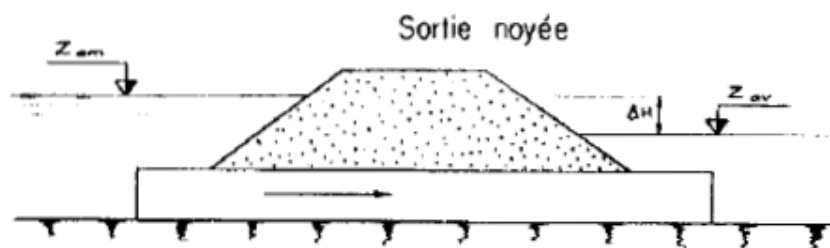


Figure 9 : Le dalot à sortie noyée.

~ Les dalots à sortie libre :

Dans se cas, le niveau de l'eau à l'exutoire est en dessous du bord supérieur de l'ouvrage de franchissement. Ceux-ci fonctionnent avec un écoulement à surface libre si le niveau est tel que $\frac{H_1}{D} \leq 1,25$ avec D (la hauteur d'ouverture du dalot).

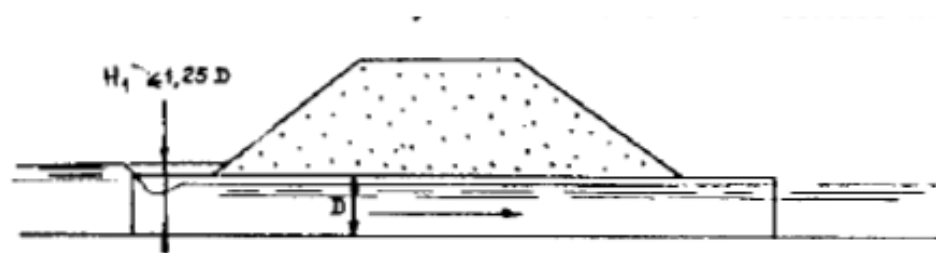


Figure 10 : Le dalot à sortie libre.

Annexe 3 : Détails de l'étude géométrique de la chaussée.

Tableau 13 : Les paramètres fondamentaux des projets routiers.

Tableau – Paramètres fondamentaux des projets routiers									
Désignation du paramètre			Symbole et unité	Catégorie de route					
				4 ^e	3 ^e	2 ^e	1 ^e	Except.	
Vitesse de référence			V_r (km/h)	40	60	80	100	120	
Tracé en plan	Dévers maximal		δM (%)	7	7	7	7	7	
	Rayon en plan RH (m)	minimal absolu (dévers δM)	RH_m	40	120	240	425	665	
		minimal normal (dévers)	RH_N (δ %)	120 (5 %)	240 (5 %)	425 (5 %)	665 (4 %)	1 000 (4 %)	
		au dévers minimal (1) non déversé	RH'' (2,5 %) RH'' (2 %) RH'	250 300 400	450 500 600	650 700 900	900 1 000 1 300	1 500 1 600 1 800	
Déclivité maximale en rampe			πM (%)	8	7	6	5	4	
Profil en long	Rayon en angle saillant RV (m)	Chaussée unidirectionnelle (route à 4 voies ou à 2 chaussées)	minimal absolu	RV_{m_1}	500	1 500	3 000	6 000	12 000
			minimal normal	RV_{N_1}	1 500	3 000	6 000	12 000	12 000
		Chaussée bidirectionnelle (route à 2 ou 3 voies)	minimal absolu	RV_{m_2}	500	1 600	4 500	10 000	
			minimal normal	RV_{N_2}	1 600	4 500	10 000	17 000	
	Rayon en angle rentrant RV' (m)	minimal absolu		$RV_{m'}$	700	1 500	2 200	3 000	4 200
		minimal normal		$RV_{N'}$	1 500	2 200	3 000	4 200	6 000
Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route à 2 ou 3 voies			RVD (m)	2 500	6 500	11 000	17 000	28 000	
Paramètres cinématiques	Vitesse du véhicule		V (km/h)	40	60	80	100	120	
	Longueur de freinage		d_0 (m)	15	35	60	105	170	
	Distance d'arrêt en alignement		d_1 (m)	40	70	105	160	230	
	Distance d'arrêt en courbe		d_2 (m)	45	80	120	180	280	
	Distance de visibilité de dépassement	minimale	d_d (m)	150	250	325	400	500	
		normale	d_D (m)	250	350	500	625	800	
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement		d_{Md} (m)	70	120	200	300	400		

(1) Le dévers minimal est 2,5 % pour une chaussée en béton bitumineux et de 2 % pour une chaussée en béton de ciment.

A l'aide du logiciel de dimensionnement routier du nom de « PISTE 5.05 », on a obtenu les résultats ci-dessous :

Tableau 14 : L'axe en plan de la voie principale.

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	663738.16	1377119.97
$D1$	$ANG = 135.382g$	369.848			
			369.848	663543.03	1377434.16
$LA1$	$A = 364.692$ $Rf = -1000.000$ $L = 133.000$				
			502.848	663475.39	1377548.64

	$XC= 664358.069$ $YC=1378018.634$ $R = -1000.000$				
			569.735	663445.95	1377608.69
	$Rd= -1000.000$ $A = 364.692$ $L = 133.000$	332.887			
			702.735	663396.87	1377732.27
D2	$ANG = 122.656g$	7.704			
			710.439	663394.19	1377739.50
LA2	$A = 364.692$ $Rf= -1000.000$ $L = 133.000$				
			843.439	663350.63	1377865.13
	$XC= 664309.052$ $YC= 1378150.503$ $R = -1000.000$				
			1075.578	663310.69	1378093.28
	$Rd= -1000.000$ $A = 364.692$ $L = 133.000$	498.139			
			1208.578	663308.97	1378226.24
D3	$ANG = 99.411g$	1303.346			
			2511.924	663321.03	1379529.53
LA3	$A = 264.575$ $Rf= -1000.000$				
			2581.924	663322.49	1379599.51
	$XC= 664321.516$ $YC=1379555.282$ $R = -1000.000$				
			2597.684	663323.31	1379615.25
	$Rd= -1000.000$ $A = 264.575$ $L = 70.000$	155.760			
			2667.684	663329.14	1379685.01
D4	$ANG = 93.951g$	638.178			
			3305.862	663389.68	1380320.31
LA4	$A = 364.692$ $Rf= 1000.000$ $L = 133.000$				
			3438.862	663399.36	1380452.93

	$XC= 662399.771$ $YC=1380481.440$ $R = 1000.000$				
			3580.032	663393.43	1380593.86
	$Rd= 1000.000$ $A = 364.692$ $L = 133.000$	407.170			
<i>Elém</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Longueur</i>	<i>Abscisse</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>
			3713.032	663372.64	1380725.19
<i>D5</i>	$ANG = 111.406g$	217.729			
			3930.761	663333.84	1380939.44
<i>LA5</i>	$A = 315.832$ $Rf= -750.000$ $L = 133.000$				
			4063.761	663314.02	1381070.91
	$XC= 664060.957$ $YC=1381138.687$ $R = -750.000$				
			4119.278	663311.05	1381126.33
	$Rd= -750.000$ $A = 315.832$ $L = 133.000$	321.517			
			4252.278	663316.72	1381259.16
<i>D6</i>	$ANG = 95.404g$	564.327			
			4816.604	663357.43	1381822.02
<i>C1</i>	$XC= 664853.526$ $YC=1381713.823$ $R = -1500.000$	84.002			
			4900.606	663365.83	1381905.59
<i>D7</i>	$ANG = 91.839g$	237.924			
			5138.530	663396.25	1382141.56
<i>LA6</i>	$A = 264.575$ $Rf= 1000.000$ $L = 70.000$				
			5208.530	663404.39	1382211.08
	$XC= 662408.731$ $YC=1382304.151$ $R = 1000.000$				
			5264.932	663408.05	1382267.36
	$Rd= 1000.000$ $A = 264.575$ $L = 70.000$	196.402			

			5334.932	663408.99	1382337.35
D8	ANG = 99.886g	146.603			
			5481.535	663409.26	1382483.95
C2	XC= 665409.257 YC=1382480.363 R = -2000.000	92.837			
			5574.372	663411.58	1382576.75
D9	ANG = 96.931g	1644.647			
			7219.020	663490.84	1384219.49
C3	XC= 653502.468 YC=1384701.452 R = 10000.000	73.987			
			7293.007	663494.13	1384293.40
D10	ANG = 97.402g	1264.953			
			8557.960	663545.75	1385557.30
LONGUEUR DE L'AXE 8557.960					

Tableau 15 : Le profil en long de la voie principale.

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	304.689
D1	PENTE= -1.025 %	180.277		
			180.277	302.842
PAR1	S=221.2636 Z=302.63	1.565		
			181.842	302.826
D2	PENTE= -0.986 %	384.511		
			566.353	299.037
PAR2	S=605.7741 Z=298.8423 R = 4000.00	14.992		
			581.344	298.917
D3	PENTE= -0.611 %	1033.303		
			1614.647	292.606
PAR3	S= 1541.3577 Z= 292.8298	21.646		
			1636.293	292.454
D4	PENTE= -0.791 %	472.895		
			2109.188	288.713
PAR4	S= 2140.8333 Z= 288.5879	31.624		
			2140.812	288.588
D5	PENTE= -0.001 %	327.393		
			2468.205	288.586

PAR5	S= 2468.2267 Z= 288.5862	63.589		
			2531.795	289.091
D6	PENTE= 1.589 %	66.939		
			2598.734	290.155
PAR6	S= 2789.4381 Z= 291.6704	168.114		
			2766.848	291.649
D7	PENTE= 0.188 %	72.943		
			2839.791	291.786
PAR7	S= 2868.0289 Z= 291.8130 R = -	48.314		
			2888.106	291.800
D8	PENTE= -0.134 %	379.835		
			3267.941	291.291
PAR8	S= 3273.2950 Z= 291.2876	19.571		
			3287.512	291.313
D9	PENTE= 0.355 %	467.465		
			3754.978	292.974
PAR9	S= 3740.7604 Z= 292.9491	38.645		
			3793.623	293.298
D10	PENTE= 1.322 %	77.719		
			3871.342	294.326
PAR10	S= 4069.5752 Z= 295.6354	91.413		
			3962.755	295.255
D11	PENTE= 0.712 %	265.826		
			4228.581	297.148
PAR11	S= 4335.4014 Z= 297.5285	5.382		
			4233.963	297.185
D12	PENTE= 0.676 %	524.331		
			4758.294	300.731
PAR12	S= 4859.7327 Z= 301.0743	160.869		
			4919.163	300.957
D13	PENTE= -0.396 %	322.568		
			5241.731	299.679
PAR13	S= 5182.3011 Z= 299.7963	66.358		

			5308.089	299.269
D14	PENTE= -0.839 %	1096.437		
			6404.527	290.074
PAR1	S= 6438.0703 Z= 289.9336 R =	27.459		
			6431.986	289.938
D15	PENTE= -0.152 %	520.310		
			6952.296	289.147
PAR15	S= 6929.4785 Z= 289.1641	12.002		
			6964.298	289.124
D16	PENTE= -0.232 %	661.782		
			7626.080	287.588
PAR16	S= 7591.2609 Z= 287.6279	47.839		
			7673.920	287.400
D17	PENTE= -0.551 %	395.496		
			8069.416	285.221
PAR17	S= 7986.7568 Z= 285.4485	11.169		
			8080.584	285.155
D18	PENTE= -0.626 %	477.376	8557.960	282.169
LONGUEUR DE L'AXE 8557.960				

Tableau 16 : La cubature du projet.

N° PRO	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLA VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAG VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	0.0	160.8	0.0	0.0
2	25.000	0.0	423.1	0.0	0.0
3	50.000	0.0	565.2	0.0	0.0
4	75.000	0.0	481.6	0.0	0.0
5	100.000	0.0	390.1	0.0	0.0
6	125.000	0.0	352.8	0.0	0.0
7	150.000	0.0	325.9	0.0	0.0
8	175.000	0.0	315.9	0.0	0.0
9	200.000	0.0	221.5	0.0	0.0
10	225.000	0.0	188.7	0.0	0.0
11	250.000	0.1	170.5	0.0	0.0
12	275.000	0.1	150.8	0.0	0.0
13	300.000	7.1	104.6	0.0	0.0
14	325.000	0.0	132.4	0.0	0.0
15	350.000	0.1	108.9	0.0	0.0
16	369.848	0.0	72.8	0.0	0.0
17	375.000	0.0	88.0	0.0	0.0
18	400.000	0.0	142.2	0.0	0.0
19	425.000	0.0	126.5	0.0	0.0
20	450.000	0.0	99.6	0.0	0.0
21	475.000	0.5	85.8	0.0	0.0
22	500.000	5.1	30.7	0.0	0.0

23	502.848	5.1	26.0	0.0	0.0
24	525.000	1.9	69.9	0.0	0.0
25	550.000	39.2	53.1	0.0	0.0
26	569.735	0.0	58.1	0.0	0.0
27	575.000	0.1	72.1	0.0	0.0
28	600.000	0.1	139.4	0.0	0.0
29	625.000	0.1	189.4	0.0	0.0
30	650.000	0.0	216.9	0.0	0.0
31	675.000	0.0	263.1	0.0	0.0
32	700.000	0.0	173.9	0.0	0.0
33	702.735	0.0	66.6	0.0	0.0
34	710.439	0.0	148.2	0.0	0.0
35	725.000	0.0	267.8	0.0	0.0
36	750.000	0.0	317.6	0.0	0.0
37	775.000	0.0	282.7	0.0	0.0
38	800.000	0.0	265.6	0.0	0.0
39	825.000	0.0	306.7	0.0	0.0
40	843.439	0.0	158.0	0.0	0.0
41	850.000	0.0	207.1	0.0	0.0
42	875.000	0.0	308.8	0.0	0.0
43	900.000	0.0	341.6	0.0	0.0
44	925.000	0.0	314.2	0.0	0.0
45	950.000	0.0	256.0	0.0	0.0
46	975.000	0.0	205.8	0.0	0.0
47	1000.000	0.1	203.3	0.0	0.0
48	1025.000	5.6	210.6	0.0	0.0
49	1050.000	0.0	378.6	0.0	0.0
50	1075.000	0.0	198.4	0.0	0.0
51	1075.578	0.0	191.2	0.0	0.0
52	1100.000	0.0	224.6	0.0	0.0
53	1125.000	0.0	246.6	0.0	0.0
54	1150.000	0.2	288.8	0.0	0.0
55	1175.000	0.0	368.5	0.0	0.0
56	1200.000	0.0	340.0	0.0	0.0
57	1208.578	0.0	269.2	0.0	0.0
58	1225.000	0.0	578.9	0.0	0.0
59	1250.000	0.0	561.7	0.0	0.0
60	1275.000	0.0	384.9	0.0	0.0
61	1300.000	0.0	299.6	0.0	0.0
62	1325.000	0.6	181.1	0.0	0.0
63	1350.000	0.4	300.2	0.0	0.0
64	1375.000	0.0	289.2	0.0	0.0
N° PRO	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLA VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAG VOLUME	PURGE VOLUME
65	1400.000	0.0	334.1	0.0	0.0
66	1425.000	0.0	308.0	0.0	0.0
67	1450.000	0.0	190.0	0.0	0.0
68	1475.000	0.0	229.6	0.0	0.0
69	1500.000	0.0	137.4	0.0	0.0
70	1525.000	0.6	119.1	0.0	0.0
71	1550.000	3.0	167.9	0.0	0.0
72	1575.000	107.4	35.6	0.0	0.0
73	1600.000	403.2	16.4	0.0	0.0
74	1625.000	404.3	14.6	0.0	0.0
75	1650.000	172.0	16.2	0.0	0.0
76	1675.000	0.0	367.4	0.0	0.0
77	1700.000	0.0	178.7	0.0	0.0
78	1725.000	0.2	86.8	0.0	0.0
79	1750.000	5.8	41.2	0.0	0.0
80	1775.000	128.7	15.6	0.0	0.0
81	1800.000	234.0	16.6	0.0	0.0

82	1825.000	341.9	16.0	0.0	0.0
83	1850.000	429.1	15.4	0.0	0.0
84	1875.000	507.0	15.1	0.0	0.0
85	1900.000	596.8	15.7	0.0	0.0
86	1925.000	661.8	15.6	0.0	0.0
87	1950.000	724.1	15.7	0.0	0.0
88	1975.000	768.6	15.3	0.0	0.0
89	2000.000	813.5	18.1	0.0	0.0
90	2025.000	778.6	16.2	0.0	0.0
91	2050.000	800.6	15.9	0.0	0.0
92	2075.000	836.3	17.2	0.0	0.0
93	2100.000	902.5	15.4	0.0	0.0
94	2125.000	991.6	13.8	0.0	0.0
95	2150.000	1280.9	15.4	0.0	0.0
96	2175.000	1490.9	16.1	0.0	0.0
97	2200.000	1682.2	15.2	0.0	0.0
98	2225.000	2022.1	15.4	0.0	0.0
99	2250.000	2094.4	14.7	0.0	0.0
100	2275.000	2205.9	16.6	0.0	0.0
101	2300.000	2247.7	14.3	0.0	0.0
102	2325.000	2127.2	15.7	0.0	0.0
103	2350.000	2138.4	14.5	0.0	0.0
104	2375.000	2081.8	14.6	0.0	0.0
105	2400.000	1950.0	15.0	0.0	0.0
106	2425.000	1614.7	14.3	0.0	0.0
107	2450.000	1170.1	15.6	0.0	0.0
108	2475.000	1043.9	16.8	0.0	0.0
109	2500.000	647.6	10.9	0.0	0.0
110	2511.924	411.3	7.9	0.0	0.0
111	2525.000	624.3	12.2	0.0	0.0
112	2550.000	764.9	15.3	0.0	0.0
113	2575.000	570.9	12.5	0.0	0.0
114	2581.924	602.9	7.2	0.0	0.0
115	2597.684	399.5	6.3	0.0	0.0
116	2600.000	548.6	9.6	0.0	0.0
117	2625.000	1071.1	18.6	0.0	0.0
118	2650.000	532.8	15.5	0.0	0.0
119	2667.684	111.9	7.5	0.0	0.0
120	2675.000	48.2	11.9	0.0	0.0
121	2700.000	9.4	39.0	0.0	0.0
122	2725.000	61.5	16.5	0.0	0.0
123	2750.000	30.3	20.9	0.0	0.0
124	2775.000	0.0	167.0	0.0	0.0
125	2800.000	0.0	421.1	0.0	0.0
126	2825.000	0.0	531.1	0.0	0.0
127	2850.000	0.0	541.5	0.0	0.0
128	2875.000	0.0	554.3	0.0	0.0
N°	ABSCISSE	REMBLA	DEBLAI	DECAPAG	PURGE
PRO	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
129	2900.000	0.0	571.7	0.0	0.0
130	2925.000	0.0	642.3	0.0	0.0
131	2950.000	0.0	543.7	0.0	0.0
132	2975.000	0.0	194.7	0.0	0.0
133	3000.000	0.1	119.5	0.0	0.0
134	3025.000	4.9	54.6	0.0	0.0
135	3050.000	122.7	15.2	0.0	0.0
136	3075.000	164.7	15.3	0.0	0.0
137	3100.000	215.2	16.2	0.0	0.0
138	3125.000	183.7	15.1	0.0	0.0
139	3150.000	279.1	16.1	0.0	0.0
140	3175.000	123.6	15.4	0.0	0.0

141	3200.000	190.3	15.0	0.0	0.0
142	3225.000	189.3	14.9	0.0	0.0
143	3250.000	135.0	15.5	0.0	0.0
144	3275.000	0.3	86.0	0.0	0.0
145	3300.000	0.1	46.7	0.0	0.0
146	3305.862	0.1	37.4	0.0	0.0
147	3325.000	11.1	59.9	0.0	0.0
148	3350.000	70.1	46.3	0.0	0.0
149	3375.000	71.6	37.6	0.0	0.0
150	3400.000	101.0	23.3	0.0	0.0
151	3425.000	100.1	13.6	0.0	0.0
152	3438.862	76.9	9.0	0.0	0.0
153	3450.000	135.2	11.9	0.0	0.0
154	3475.000	188.1	16.0	0.0	0.0
155	3500.000	191.4	15.7	0.0	0.0
156	3525.000	194.7	16.3	0.0	0.0
157	3550.000	237.4	14.7	0.0	0.0
158	3575.000	175.4	10.4	0.0	0.0
159	3580.032	156.9	8.0	0.0	0.0
160	3600.000	172.6	14.2	0.0	0.0
161	3625.000	167.7	15.8	0.0	0.0
162	3650.000	148.9	16.0	0.0	0.0
163	3675.000	74.3	20.5	0.0	0.0
164	3700.000	32.0	20.3	0.0	0.0
165	3713.032	5.9	22.1	0.0	0.0
166	3725.000	1.2	52.0	0.0	0.0
167	3750.000	0.0	255.4	0.0	0.0
168	3775.000	0.0	319.6	0.0	0.0
169	3800.000	0.0	358.2	0.0	0.0
170	3825.000	0.0	321.3	0.0	0.0
171	3850.000	0.0	267.7	0.0	0.0
172	3875.000	0.0	310.7	0.0	0.0
173	3900.000	0.0	375.3	0.0	0.0
174	3925.000	0.0	279.7	0.0	0.0
175	3930.761	0.0	312.4	0.0	0.0
176	3950.000	0.0	450.6	0.0	0.0
177	3975.000	0.1	354.5	0.0	0.0
178	4000.000	0.1	499.1	0.0	0.0
179	4025.000	0.4	364.4	0.0	0.0
180	4050.000	21.4	46.0	0.0	0.0
181	4063.761	6.9	61.4	0.0	0.0
182	4075.000	0.0	113.1	0.0	0.0
183	4100.000	0.2	171.8	0.0	0.0
184	4119.278	0.1	111.7	0.0	0.0
185	4125.000	0.1	141.0	0.0	0.0
186	4150.000	0.0	360.2	0.0	0.0
187	4175.000	0.0	238.0	0.0	0.0
188	4200.000	0.0	263.8	0.0	0.0
189	4225.000	0.0	291.4	0.0	0.0
190	4250.000	0.0	184.3	0.0	0.0
191	4252.278	0.0	168.4	0.0	0.0
192	4275.000	0.0	308.0	0.0	0.0
N° PRO	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLA VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAG VOLUME	PURGE VOLUME
193	4300.000	0.0	326.8	0.0	0.0
194	4325.000	0.0	329.9	0.0	0.0
195	4350.000	0.0	303.9	0.0	0.0
196	4375.000	0.0	315.7	0.0	0.0
197	4400.000	0.0	354.1	0.0	0.0
198	4425.000	0.0	333.7	0.0	0.0
199	4450.000	0.0	367.6	0.0	0.0

200	4475.000	0.0	341.1	0.0	0.0
201	4500.000	0.0	384.1	0.0	0.0
202	4525.000	0.0	353.4	0.0	0.0
203	4550.000	0.0	349.3	0.0	0.0
204	4575.000	0.0	285.9	0.0	0.0
205	4600.000	0.0	250.3	0.0	0.0
206	4625.000	0.0	237.3	0.0	0.0
207	4650.000	0.0	200.8	0.0	0.0
208	4675.000	0.1	203.2	0.0	0.0
209	4700.000	0.0	179.5	0.0	0.0
210	4725.000	0.0	161.8	0.0	0.0
211	4750.000	0.1	133.4	0.0	0.0
212	4775.000	0.0	142.0	0.0	0.0
213	4800.000	0.0	105.3	0.0	0.0
214	4816.604	0.0	67.5	0.0	0.0
215	4825.000	0.0	95.1	0.0	0.0
216	4850.000	0.0	145.5	0.0	0.0
217	4875.000	0.0	144.2	0.0	0.0
218	4900.000	0.0	102.6	0.0	0.0
219	4900.606	0.0	104.0	0.0	0.0
220	4925.000	0.0	274.7	0.0	0.0
221	4950.000	0.0	374.4	0.0	0.0
222	4975.000	0.0	420.3	0.0	0.0
223	5000.000	0.0	508.6	0.0	0.0
224	5025.000	0.0	557.7	0.0	0.0
225	5050.000	0.0	616.1	0.0	0.0
226	5075.000	0.0	640.8	0.0	0.0
227	5100.000	0.0	644.5	0.0	0.0
228	5125.000	0.0	479.1	0.0	0.0
229	5138.530	0.0	314.0	0.0	0.0
230	5150.000	0.0	438.5	0.0	0.0
231	5175.000	0.0	502.8	0.0	0.0
232	5200.000	0.0	282.3	0.0	0.0
233	5208.530	0.0	194.5	0.0	0.0
234	5225.000	0.0	308.1	0.0	0.0
235	5250.000	0.0	270.8	0.0	0.0
236	5264.932	0.0	161.3	0.0	0.0
237	5275.000	0.0	227.4	0.0	0.0
238	5300.000	0.0	370.8	0.0	0.0
239	5325.000	0.0	263.4	0.0	0.0
240	5334.932	0.0	194.9	0.0	0.0
241	5350.000	0.0	289.6	0.0	0.0
242	5375.000	0.0	372.2	0.0	0.0
243	5400.000	0.0	289.7	0.0	0.0
244	5425.000	0.0	353.0	0.0	0.0
245	5450.000	0.0	293.9	0.0	0.0
246	5475.000	0.0	201.4	0.0	0.0
247	5481.535	0.0	165.9	0.0	0.0
248	5500.000	0.0	276.7	0.0	0.0
249	5525.000	0.0	327.0	0.0	0.0
250	5550.000	0.0	311.9	0.0	0.0
251	5574.372	0.0	174.5	0.0	0.0
252	5575.000	0.0	177.5	0.0	0.0
253	5600.000	0.0	377.3	0.0	0.0
254	5625.000	0.0	297.6	0.0	0.0
255	5650.000	0.0	242.1	0.0	0.0
256	5675.000	0.0	218.2	0.0	0.0
N°	ABSCISSE	REMBLA	DEBLAI	DECAPAG	PURGE
PRO	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
257	5700.000	0.0	223.1	0.0	0.0
258	5725.000	0.2	207.7	0.0	0.0

259	5750.000	0.3	116.8	0.0	0.0
260	5775.000	4.2	86.9	0.0	0.0
261	5800.000	0.2	95.8	0.0	0.0
262	5825.000	0.0	77.7	0.0	0.0
263	5850.000	0.0	83.8	0.0	0.0
264	5875.000	1.0	58.0	0.0	0.0
265	5900.000	0.0	157.4	0.0	0.0
266	5925.000	0.2	318.8	0.0	0.0
267	5950.000	0.0	165.8	0.0	0.0
268	5975.000	2.8	52.8	0.0	0.0
269	6000.000	7.2	38.6	0.0	0.0
270	6025.000	6.6	36.0	0.0	0.0
271	6050.000	16.2	28.5	0.0	0.0
272	6075.000	9.6	37.7	0.0	0.0
273	6100.000	11.1	39.8	0.0	0.0
274	6125.000	0.7	59.7	0.0	0.0
275	6150.000	6.6	38.1	0.0	0.0
276	6175.000	5.7	42.6	0.0	0.0
277	6200.000	2.6	44.0	0.0	0.0
278	6225.000	8.1	34.2	0.0	0.0
279	6250.000	18.7	27.1	0.0	0.0
280	6275.000	29.2	28.3	0.0	0.0
281	6300.000	52.4	20.5	0.0	0.0
282	6325.000	49.4	21.1	0.0	0.0
283	6350.000	97.1	17.1	0.0	0.0
284	6375.000	22.2	21.7	0.0	0.0
285	6400.000	13.4	36.1	0.0	0.0
286	6425.000	2.3	54.0	0.0	0.0
287	6450.000	10.4	34.3	0.0	0.0
288	6475.000	52.3	13.9	0.0	0.0
289	6500.000	80.0	14.1	0.0	0.0
290	6525.000	142.1	19.6	0.0	0.0
291	6550.000	100.6	15.1	0.0	0.0
292	6575.000	58.1	25.5	0.0	0.0
293	6600.000	27.4	33.4	0.0	0.0
294	6625.000	9.5	40.5	0.0	0.0
295	6650.000	4.3	48.1	0.0	0.0
296	6675.000	10.0	47.6	0.0	0.0
297	6700.000	22.2	30.6	0.0	0.0
298	6725.000	15.5	36.7	0.0	0.0
299	6750.000	0.1	98.2	0.0	0.0
300	6775.000	0.1	122.5	0.0	0.0
301	6800.000	0.0	147.3	0.0	0.0
302	6825.000	0.0	216.3	0.0	0.0
303	6850.000	0.0	227.2	0.0	0.0
304	6875.000	0.0	329.2	0.0	0.0
305	6900.000	58.9	64.1	0.0	0.0
306	6925.000	141.9	24.3	0.0	0.0
307	6950.000	1.4	45.5	0.0	0.0
308	6975.000	0.0	128.9	0.0	0.0
309	7000.000	0.0	179.5	0.0	0.0
310	7025.000	0.0	164.4	0.0	0.0
311	7050.000	0.3	90.1	0.0	0.0
312	7075.000	0.1	90.0	0.0	0.0
313	7100.000	14.8	36.9	0.0	0.0
314	7125.000	28.8	29.7	0.0	0.0
315	7150.000	16.3	25.7	0.0	0.0
316	7175.000	22.8	31.4	0.0	0.0
317	7200.000	26.6	21.6	0.0	0.0
318	7219.020	0.1	38.8	0.0	0.0
319	7225.000	0.2	66.0	0.0	0.0

<i>320</i>	<i>7250.000</i>	<i>0.0</i>	<i>236.3</i>	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>
<i>N°</i>	<i>ABSCISSE</i>	<i>REMBLAI</i>	<i>DEBLAI</i>	<i>DECAPAG</i>	<i>PURGE</i>
<i>PRO</i>	<i>CURVILIGN</i>	<i>VOLUME</i>	<i>VOLUME</i>	<i>VOLUME</i>	<i>VOLUME</i>
321	7275.000	0.0	166.3	0.0	0.0
322	7293.007	0.0	79.7	0.0	0.0
323	7300.000	0.0	106.1	0.0	0.0
324	7325.000	0.0	248.6	0.0	0.0
325	7350.000	0.0	266.4	0.0	0.0
326	7375.000	0.0	238.4	0.0	0.0
327	7400.000	0.0	428.8	0.0	0.0
328	7425.000	0.0	410.9	0.0	0.0
329	7450.000	0.0	349.5	0.0	0.0
330	7475.000	0.0	331.5	0.0	0.0
331	7500.000	0.0	424.5	0.0	0.0
332	7525.000	0.0	254.5	0.0	0.0
333	7550.000	0.0	172.9	0.0	0.0
334	7575.000	0.0	189.5	0.0	0.0
335	7600.000	0.0	193.5	0.0	0.0
336	7625.000	0.0	139.1	0.0	0.0
337	7650.000	0.0	297.5	0.0	0.0
338	7675.000	0.0	159.8	0.0	0.0
339	7700.000	1.6	59.8	0.0	0.0
340	7725.000	0.1	87.3	0.0	0.0
341	7750.000	0.0	179.2	0.0	0.0
342	7775.000	0.1	114.5	0.0	0.0
343	7800.000	0.0	145.2	0.0	0.0
344	7825.000	11.7	177.0	0.0	0.0
345	7850.000	2.9	258.1	0.0	0.0
346	7875.000	0.4	472.1	0.0	0.0
347	7900.000	0.0	647.4	0.0	0.0
348	7925.000	0.0	376.6	0.0	0.0
349	7950.000	0.0	318.3	0.0	0.0
350	7975.000	0.0	291.4	0.0	0.0
351	8000.000	0.0	208.8	0.0	0.0
352	8025.000	0.0	287.8	0.0	0.0
353	8050.000	0.0	316.8	0.0	0.0
354	8075.000	0.0	311.3	0.0	0.0
355	8100.000	0.0	183.8	0.0	0.0
356	8125.000	0.6	85.3	0.0	0.0
357	8150.000	0.1	88.6	0.0	0.0
358	8175.000	21.3	28.9	0.0	0.0
359	8200.000	49.4	20.1	0.0	0.0
360	8225.000	126.3	14.5	0.0	0.0
361	8250.000	73.2	20.2	0.0	0.0
362	8275.000	90.5	14.8	0.0	0.0
363	8300.000	0.8	62.4	0.0	0.0
364	8325.000	0.0	170.3	0.0	0.0
365	8350.000	0.0	263.3	0.0	0.0
366	8375.000	0.0	270.9	0.0	0.0
367	8400.000	0.0	320.9	0.0	0.0
368	8425.000	0.0	436.1	0.0	0.0
369	8450.000	0.0	544.5	0.0	0.0
370	8475.000	0.0	577.4	0.0	0.0
371	8500.000	0.0	607.6	0.0	0.0
372	8525.000	0.0	558.6	0.0	0.0
373	8550.000	0.0	262.2	0.0	0.0
374	8557.960	0.0	53.1	0.0	0.0
		47806	66957	0	0

Vérification des conditions de visibilité minimale en courbe

Le tracé en plan fut élaboré en cherchant un maximum de rapprochement avec les courbes de niveau, afin de réduire les dénivelées occasionnées par un éloignement important des courbes voisines. On aura donc sur la grosse majorité du tracé des profils de route mixtes, combinant remblai et déblai, allant ainsi dans le sens voulu de l'équilibre des poids des terres.

La longueur de freinage en courbe d₀

C'est la distance que parcourt le véhicule pendant l'action de freinage, pour passer de la vitesse V à la vitesse nulle.

$$d_0 = \frac{v^2}{2 * g * F(v)}$$

Avec F(v) : le coefficient de frottement longitudinal pneus/chaussée.

Tableau 17 : Les coefficients de frottement longitudinal pneus/chaussée

V km/h	40	60	80	100	120
F (v) en droit	0,46	0,46	0,42	0,38	0,34
F (v) en courbe	0,37	0,37	0,34	0,30	0,27

$$d_0 = \frac{\left(\frac{100 * 1000}{3600}\right)^2}{2 * 9,81 * 0,38} \rightarrow d_0 = 104 m$$

La distance de visibilité en courbe d₂

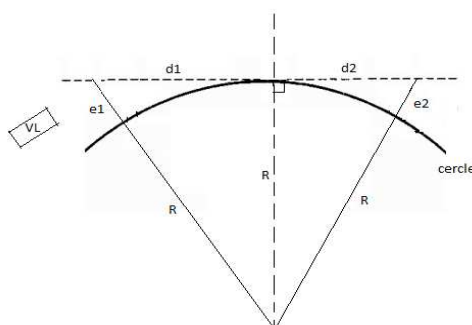


Figure 11 : La distance de visibilité en courbe.

Cette distance est calculée en fonction de l'obstacle en plan qui est face au conducteur.

On détermine l'obstacle à partir du schéma ci-dessous :

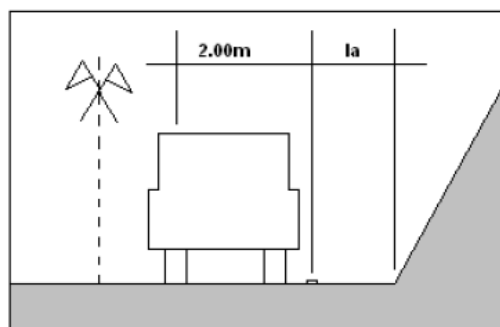


Figure 12 : L'obstacle en courbe.

L_a : Représente la largeur de l'accotement.

Dans notre cas cette valeur est : $L_a = 1,5 \text{ m}$

La distance de visibilité est obtenue à partir de la formule ci-dessous :

$$d_2 = \sqrt{8 * R * e}$$

Avec $e = 2 + L_a \quad \rightarrow e = 2 + 1,5 = 3,5 \text{ m}$

R : Le rayon considéré.

$$d_2 = \sqrt{8 * 900 * 3,5} \quad \rightarrow d_2 = 160 \text{ m}$$

La distance d'arrêt d_1

En courbe, il convient de considérer l'accroissement de la distance d'arrêt, c'est pour cela que le freinage doit être moins énergétique en courbe et il est donc admis qu'on doit majorer de 25% la distance de freinage 5V qui est 500 m dans ce cas pour $V = 100 \text{ km/h}$.

$$d_1 = 2 * V + d_0$$

$$d_1 = 2 * \left(\frac{100 * 1000}{3600} \right) + 104 \quad \rightarrow d_1 = 160 \text{ m}$$

Calcul de la longueur de clothoïde

Le document de l'Aménagement des Routes Principales (ARP) donne le tableau si dessous pour déterminer la longueur de la clothoïde :

Tableau 18 : La longueur de la clothoïde en fonction du type de voie.

Profil en travers	Longueur de clothoïde
Routes à 2 voies	$L = \text{inf.} (6R^{0,4}, 67)$
Routes à 3 voies	$L = \text{inf.} (9R^{0,4}, 100)$

Routes à 2x2 voies de (type R)	$L = \text{inf.}(12R^{0,4}, 133)$
--------------------------------	-----------------------------------

Compte tenu de notre type de route la formule suivante donne :

~ Pour un rayon $R = 900 \text{ m}$

$$L = \text{inf.}(12R^{0,4}; 133) \quad \rightarrow L = \text{inf.}(12 * (900)^{0,4}; 133) = \text{inf.}(182,34; 133)$$

$$\rightarrow L = 133 \text{ m}$$

Vérification des conditions de visibilité minimale en angle saillant

La pente des droites ne peut dépasser un certain maximum fixé pour chacune des catégories de route : 4 à 8 % selon les catégories. Ces éléments de droites font apparaître des angles dits "saillants" ou "rentrants" qui correspondent aux zones de raccordement par cercle, éventuellement par arc de clothoïde. Comme le tableau ci-dessus l'indique, le paramètre à considérer est :

La longueur de freinage en angle saillant d_0

C'est la distance que parcourt le véhicule pendant l'action de freinage, pour passer de la vitesse V à la vitesse nulle.

$$d_0 = \frac{v^2}{2 * g * [F(v) \pm p]}$$

Avec p : la déclivité = 1.589 %

$F(v)$: Le coefficient de frottement longitudinal pneus/chaussée. (Voir tableau 12)

Tableau 19 : Les coefficients de frottement longitudinal pneus/chaussée.

V km/h	40	60	80	100	120
F (v) en droit	0,46	0,46	0,42	0,38	0,34
F (v) en courbe	0,37	0,37	0,34	0,30	0,27

$$d_0 = \frac{\left(\frac{100 * 1000}{3600}\right)^2}{2 * 9,81 * 0,38} \quad \rightarrow d_0 = 103,5 \text{ m}$$

La distance de visibilité en angle saillant d_2

(Voir figure 5)

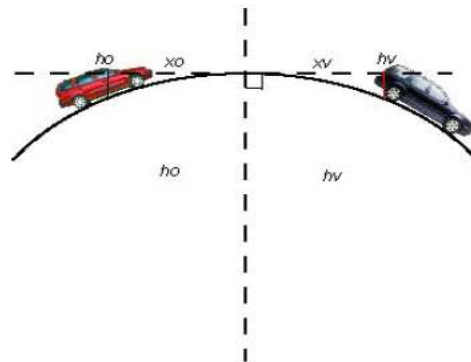


Figure 13 : La distance de visibilité en angle saillant.

Cette distance est calculée en fonction de l'obstacle qui est face du conducteur. On en distingue 3 types soit : les marquages au sol, la présence d'une pierre et le feu arrière d'un véhicule. Cette distance est obtenue par la somme des valeurs de x_0 et x_V

$$h_0 = \frac{x_0^2}{2.R} \quad \rightarrow x_0 = \sqrt{2.R.h_0}$$

$$h_V = \frac{x_V^2}{2.R} \quad \rightarrow x_V = \sqrt{2.R.h_V}$$

$$d_2 = x_0 + x_V \quad \rightarrow d_2 = \sqrt{2.R.h_0} + \sqrt{2.R.h_V}$$

Avec $h_0 = 1 m$ qui est la hauteur de visibilité du conducteur.

~ L'obstacle des marquages au sol :

La hauteur de ces obstacles est prise égale $h_V = 0 m$.

$$d_2 = \sqrt{2 * 12000 * 1} + \sqrt{2 * 12000 * 0} \quad \rightarrow d_2 = 154,9 m$$

~ L'obstacle de la présence d'une pierre au sol :

La hauteur de ces obstacles est prise égale $h_V = 0,15 m$.

$$d_2 = \sqrt{2 * 12000 * 1} + \sqrt{2 * 12000 * 0,15} \quad \rightarrow d_2 = 214,9 m$$

~ L'obstacle du feu arrière d'un véhicule :

La hauteur de ces obstacles est prise égale $h_V = 0,35 m$.

$$d_2 = \sqrt{2 * 12000 * 1} + \sqrt{2 * 12000 * 0,35} \quad \rightarrow d_2 = 246,8 m$$

La distance d'arrêt en angle saillant d_1

En courbe, il convient de considérer l'accroissement de la distance d'arrêt, c'est pour cela que le freinage doit être moins énergétique en courbe et il est donc admis qu'on doit majorer de 25% la distance de freinage $5V$ qui est 500 m dans notre cas pour $V = 100 \text{ km/h}$.

Elle est déterminée avec la formule ci-dessous :

$$d_1 = 2.V + d_0$$

$$d_1 = 2 * \left(\frac{100 * 1000}{3600} \right) + 103,5 \quad \rightarrow d_1 = 159 \text{ m}$$

Annexe 4 : Détails du dimensionnement structurel de l'ouvrage de franchissement d'eau

Pré dimensionnement classique :

L'épaisseur de la dalle :

Elle est déterminée par la formule ci-dessous où " l " désigne l'ouverture droite de l'ouvrage.

$$e_D = \text{Sup} \left\{ \left(\frac{l}{32} + 0,125 \right) ; 0,30 \right\}$$

Dans notre cas $l = 6 \text{ m}$ donc $e_D = \text{Sup}\{0,3125 ; 0,30\}$

$$e_D = 35 \text{ cm}$$

L'épaisseur des pieds droits et du Radier :

En ce qui concerne les piédroits et la traverse inférieure, on a des abaques qui nous permettent de déterminer leurs épaisseurs respectives en fonction de l'ouverture biaise " l " et du module de pseudo-élasticité du sol " $ESOL$ ".

Il est à noter que ces règles de dimensionnement ont été établies dans les conditions

Suivantes :

Ouvrage recevant des charges d'exploitation sans caractère particulier relevant du fascicule 61, titre II, du C.C.T.G. ;

Ouvrage constitué d'un béton de classe minimale B25, c'est-à-dire de résistance caractéristique au moins égale à 25 MPA (Cf. § 3.1.1) ;

Ouvrage justifié selon la condition d'une fissuration peu préjudiciable ;

Compte tenu des études géotechniques réalisées par le laboratoire on est en présence d'un sol d'argile latéritique graveleux. Vu ces paramètres, on peut conclure qu'on est en présence d'un sol en argile normalement consolidé ou normalement serré. Donc $ESOL = 55 \text{ MPa}$

En lisant sur les abaques on obtient les valeurs suivantes :

Pour les piédroits on a $e_P = 0,315 \text{ m}$; adopter $e_P = 35 \text{ cm}$ pour des dispositifs constructifs.

Pour le radier on a $e_R = 0,315 \text{ m}$; adopter $e_R = 35 \text{ cm}$ pour des dispositifs constructifs.

Les Hypothèses de chargement :

La combinaison de chargement à adopter :

Les règles de calcul du béton armé aux états limites (BAEL 91, mod. 99) donnent la combinaison suivante pour le dimensionnement des ouvrages :

$$A \text{ l'état limite utile (ELU)} = 1,35G + 1,5Q$$

$$A \text{ l'état limite de service (ELS)} = G + Q$$

Le Fascicule 61, Titre II donne que les charges d'exploitation routière doivent être muni de coefficient ci-dessous :

$$1,07 \text{ à l'ELU}$$

$$1,20 \text{ à l'ELS}$$

Une combinaison de ces deux règlements nous permet d'avoir les hypothèses ci-dessous :

$$A \text{ l'état limite utile (ELU)} = 1,35G + (1,5 \times 1,07)Q = \mathbf{1,35G + 1,60Q}$$

$$A \text{ l'état limite de service (ELS)} = G + (1 \times 1,20)Q = \mathbf{1,00G + 1,20Q}$$

Les surcharges routières et les garde-corps :

Les charges routières normales avec deux systèmes différents seront appliquées à notre ouvrage dont :

Le système de charge A :

Ce système se compose des charges uniformément réparties d'intensité variable suivant la longueur surchargée et qui correspond à une ou plusieurs files de véhicule à l'arrêt. Il possède les caractéristiques suivantes :

$$Masse \text{ total (tonne)} = 30 \text{ t}$$

$$Masse \text{ de l'essieu avant (t)} = 6 \text{ t} \quad d'une \text{ aire d'impact roue avant: } 0,20 \times 0,20$$

$$Masse \text{ de l'essieu arrière (t)} = 12 \text{ t} \quad d'une \text{ aire d'impact roue avant: } 0,25 \times 0,25$$

Le système de charge B :

Les charges de ce type sont composées de 3 systèmes :

Le système B_c : se composant des camions types possédant les caractéristiques suivantes :

$$Masse \text{ total (tonne)} = 30 \text{ t}$$

$$Masse \text{ de l'essieu avant (t)} = 6 \text{ t} \quad d'une \text{ aire d'impact roue avant: } 0,20 \times 0,20$$

$$Masse \text{ de l'essieu arrière (t)} = 12 \text{ t} \quad d'une \text{ aire d'impact roue avant: } 0,25 \times 0,25$$

Le système B_r : se composant de groupes de 2 essieux (essieux tandem) possédant les caractéristiques suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Masse total (tonne)} &= 16 \text{ t} \\ \text{Aire d'impact d'une roue} &: 0,25 \times 0,60 \end{aligned}$$

Le système B_r : se composant d'une roue isolé possédant les caractéristiques suivantes :

$$\begin{aligned} \text{Masse total (tonne)} &= 10 \text{ t} \\ \text{Aire d'impact d'une roue} &: 0,30 \times 0,60 \end{aligned}$$

Les notions utiles pour les surcharges :

(**Source 2:** MONGI, BEN, OUEZDOU. (2012), Polycopié de l'ENIT de Tunis, Cours d'Ouvrages d'Art, Tome1 : Conception.)

La largeur roulable (L_r) :

C'est la largeur mesurée entre bordure c'est-à-dire entre les bordures du trottoir dans notre cas.

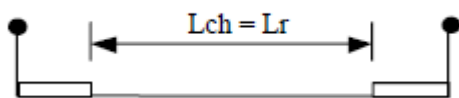


Figure : La largeur roulable

$$L_r = 7 \text{ m}$$

Compte tenu de notre type de voie (2x2 voies) cette largeur sera multipliée par 2. Donc on a au final une largeur roulable $L_r = 14 \text{ m}$.

La largeur chargeable (L_{ch}) :

Cette largeur chargeable est prit égale à la largeur roulable, car dans notre cas il n'y a pas de dispositif de sécurité.

$$\text{Donc } L_{ch} = 14 \text{ m}$$

Le nombre de voie de circulation (n) :

Notre largeur chargeable $L_{ch} > 6 \text{ m}$ donc on va adopter la formule ci-dessous :

$$n = \text{Entier} \left(\frac{L_{ch}}{3} \right) \quad \rightarrow \quad n = \text{Entier} \left(\frac{14}{3} \right) = 4,66$$

$$\text{Donc : } n = 4 \text{ voies}$$

La largeur de la voie (V) :

$$V = \frac{L_{ch}}{n} \quad \rightarrow \quad V = \frac{14}{4}$$

Donc $V = 3,5 \text{ m}$

La classe de notre ouvrage :

On a la classification suivante :

Pont de la 1 ^{ère} classe	si	$L_r \geq 7\text{m}$ ou exceptions
2 ^{ème} classe	si	$5,5 < L_r < 7\text{m}$
3 ^{ème} classe	si	$L_r \leq 5,5\text{m}$

Figure : classification des ponts

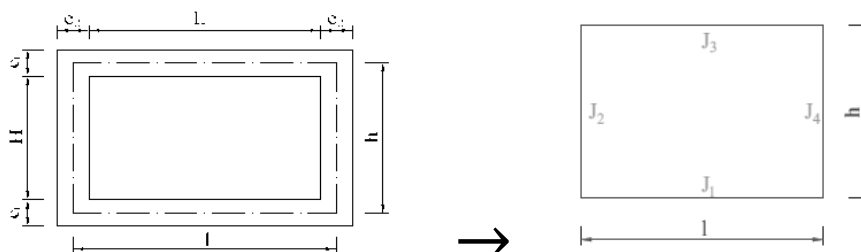
Notre pont est de 1^{ier} classe car $L_r = 14 \text{ m}$.

Les caractéristiques de l'étude :

La détermination des constantes :

Le schéma statique :

Pour la détermination des constantes, on utilise les distances de la fibre moyenne.



$$l = L + e_2 \quad \rightarrow \quad l = 6 + 0,35 = 6,35 \text{ m}$$

$$h = H + e_1 \quad \rightarrow \quad h = 3 + 0,35 = 3,35 \text{ m}$$

Le calcul des moments d'inertie de chaque élément de structure du cadre :

$$J_1 = J_3 = J_2 = J_4 = \frac{b \cdot e_1^3}{12} = \frac{1 \cdot 0,35^3}{12} = 3,57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

Le calcul des constantes :

$$k_1 = \frac{J_2}{J_1} = 1$$

$$k_2 = \frac{J_2}{J_3} * \frac{h}{l} \quad \rightarrow k_2 = 1 * \frac{3,35}{6,35} = 0,53$$

$$K_1 = 2 * k_2 + 3 \quad \rightarrow K_1 = 2 * 0,53 + 3 = 4,06$$

$$K_2 = 3 * k_1 + 2 * k_2 \quad \rightarrow K_1 = 3 * 1 + 2 * 0,53 = 4,06$$

$$K_3 = 3 * k_2 + 1 - \frac{k_1}{5} \quad \rightarrow K_3 = 3 * 0,53 + 1 - \frac{1}{5} = 2,39$$

$$K_4 = \frac{6}{5} * k_1 + 3 * k_2 \quad \rightarrow K_4 = \frac{6}{5} * 1 + 3 * 0,53 = 2,79$$

$$F_1 = K_1 * K_2 - k_2^2 \quad \rightarrow F_1 = 4,06 * 4,06 - (0,53)^2 = 16,20$$

$$F_2 = 1 + k_1 + 6 * k_2 \quad \rightarrow F_2 = 1 + 1 + 6 * 0,53 = 5,18$$

Le récapitulatif :

Tableau 20 : Le récapitulatif des constantes.

$J_1 = J_3$	0,00357	K_1	4,06
$J_2 = J_4$	0,00357	K_2	4,06
k_1	1	K_3	2,39
k_2	0,53	K_4	2,79
F_1	16,20	F_2	5,18

Les surcharges sur les éléments :

VII.3.1.1.1. Le système de charge A (kN/m^3):

- La valeur de A_L est donnée par :

$$A_L = 2,3 + \frac{360}{L_{ch}+12} \quad \rightarrow A_L = 2,3 + \frac{360}{14+12}$$

Donc $A_L = 16,15 \text{ kN/m}^2$

Cette valeur est multipliée par des coefficients a_1 et a_2 .

- Le coefficient a_1 :

Celui-ci est fonction de la classe du pont et du nombre de voie.

Tableau 21 : Le coefficient a_1 .

Nombre de voies chargées		1	2	3	4	≥ 5
Classe du pont	1 ^{ère}	1	1	0,9	0,75	0,7
	2 ^{ème}	1	0,9	---	---	---
	3 ^{ème}	0,9	0,8	---	---	---

Dans notre cas, le coefficient $a_1 = 0,75$

Après une majoration, A_L devient A_1 avec la formule ci-dessous :

$$A_1 = \text{Sup}[a_1 * A_L ; (4 - 0,002 * L)]$$

$$A_1 = \text{Sup}[0,75 * 16,15 ; (4 - 0,002 * 14)] \rightarrow A_1 = 12,11 \text{ kN/m}^3$$

▪ Le coefficient a_2 :

La charge A_1 est multipliée par ce coefficient qui est fonction de la largeur de voie V et du paramètre V_0 .

V_0 est fonction de la classe du pont :

$$V_0 \text{ ayant pour valeur} = \begin{cases} 3,50 \text{ m pour les ponts de la 1}^{\text{i}^{\text{er}}} \\ 3,00 \text{ m pour les ponts de la 2}^{\text{ème}} \text{ classe} \\ 2,75 \text{ m pour les ponts de la 3}^{\text{ème}} \end{cases}$$

Dans notre cas, $V_0 = 3,50 \text{ m}$

$$a_2 = \frac{V_0}{V} \rightarrow a_2 = \frac{3,50}{3,50} = 1$$

Après une majoration, A_1 devient A_2 avec la formule ci-dessous :

$$A_2 = a_2 * A_1 \rightarrow A_2 = 1 * 12,11$$

Donc $A_2 = 12,11 \text{ kN/m}^2$. Cette valeur sera appliquée uniformément sur toute la largeur de chaussée des voies considérées de manière à produire l'effet le plus favorable pour l'élément considéré.

Compte tenu quelle tient compte des effets dynamiques, elle ne sera pas multiplier par un coefficient de majoration dynamique.

VII.3.1.1.2. Le système de charge B (kN/m^3):

▪ Le système B_c :

~ La surface d'impact sur le tablier :

$$t_x = 0,5 + 1,5 + 0,5 + 0,25 = 2,75 \text{ m}$$

$$t_y = 0,25 + 4,5 + 0,5 + 4,5 + 0,25 = 10 \text{ m}$$

$$A = t_x * t_y \rightarrow A = 2,75 * 10 = 27,5 \text{ m}^2$$

Quatre (04) files de 02 essieux chacun de 12t seront disposé côte à côte soit $96 \text{ t} = 960 \text{ kN}$ sur cette surface de manière à produire l'effet le plus maximum.

- Le coefficient B_c :

Le système B_c est multiplié par ce coefficient qui est fonction du nombre de files de camions et de la classe de l'ouvrage.

Tableau 22 : Le coefficient b_c .

Nombre de files de camions		1	2	3	4	≥ 5
Classe du pont	1 ^{ère}	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
	2 ^{ème}	1	1	---	---	---
	3 ^{ème}	1	0,8	---	---	---

Dans notre cas, ce coefficient sera : $b_c = 0,8$

- Le coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 * G}{S}}$$

Avec $\rightarrow L = \min[L_r ; \text{portée travée}] \rightarrow L = \min[14 ; 6,35 \text{ m}]$

$\rightarrow L = 6,35 \text{ m}$

- $\sim G$: Le poids d'une section de dalle de longueur L et de largeur l .

$$G = G_D * L * l \rightarrow G = 20,75 * 6,35 * 19,5$$

$\rightarrow G = 2569,4 \text{ kN}$

- $\sim q$: La charge répartie routière.

$$q = \frac{960}{A} * b_c \rightarrow q = \frac{960}{27,5} * 0,8 = 27,93$$

$\rightarrow q = 27,93 \text{ kN/m}^2$

- \sim Donc le coefficient de majoration sera :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 6,35} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 * 2569,4}{768,07}}$$

$\rightarrow \delta = 1,218$

On a : $B_C = S * \delta = 27,93 * 1,218$

Donc $\rightarrow B_C = 34,02 \text{ kN/m}^2$

- Le système B_t :

Il n'est applicable qu'aux ponts de 1^{ière} et de 2^{ème} classe.

- La surface d'impact sur le tablier :

$$t_x = 0,5 + 1,35 + 0,5 = 2,35 \text{ m}$$

$$t_y = 0,5 + 5 + 0,6 = 6,1 \text{ m}$$

$$A = t_x * t_y \quad \rightarrow A = 2,35 * 6,1 = 14,33 \text{ m}^2$$

Quatre (02) files de 02 essieux chacun de 160 kN seront disposé côte à côte soit 640 kN sur cette surface de manière à produire l'effet le plus maximum. Cela est dû au faite que l'ouvrage portant deux voies ou plus, on ne peut placer que 2 tandems au plus sur la chaussée, côte à côte ou non, de manière à obtenir l'effet le plus défavorable.

Le système B_t est multiplié par ce coefficient qui est fonction de la classe de l'ouvrage.

Tableau 23 : Le coefficient b_t .

Classe du pont	1 ^{ere}	2 ^{eme}	3 ^{eme}
Coefficient b_t	1,0	0,9	---

Dans notre cas, ce coefficient sera : $b_t = 1,0$

- Le coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 * G}{S}}$$

Avec -) $L = \min[L_r ; \text{portée travée}] \rightarrow L = \min[14 ; 6,35 \text{ m}]$

$$\rightarrow L = 6,35 \text{ m}$$

- ~ G : Le poids d'une section de dalle de longueur L et de largeur l .

$$G = G_D * L * l \quad \rightarrow G = 20,75 * 6,35 * 19,5$$

$$\rightarrow G = 2569,4 \text{ kN}$$

- ~ q : La charge repartie routière.

$$q = \frac{640}{A} * b_t \quad \rightarrow q = \frac{640}{14,33} * 1 = 44,66$$

$$\rightarrow q = 44,66 \text{ kN/m}^2$$

- ~ Donc le coefficient de majoration sera :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * 6,35} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 * 2569,4}{1049,1}}$$

$$\rightarrow \delta = 1,232$$

$$\text{On a : } B_t = S * \delta = 44,66 * 1,232$$

$$\text{Donc} \rightarrow B_t = 55,02 \text{ kN/m}^2$$

▪ Le coefficient B_r :

Le système B_r est une roue isolée disposée normalement à l'axe longitudinale de la chaussée. Il est très important de savoir que le rectangle d'impact de la roue peut être placé n'importe où sur la largeur roulable de manière à produire l'effet le plus défavorable. Il applique une charge ponctuelle de 100 kN.

- La surface d'impact sur le tablier :

$$t_x = 6,30 \text{ m}$$

$$t_y = 7 \text{ m}$$

$$A = t_x * t_y \quad \rightarrow A = 6,3 * 7 = 44,1 \text{ m}^2$$

- Le coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 * L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4 * G}{S}} = 1,232$$

~ G : Le poids d'une section de dalle de longueur L et de largeur l .

$$G = G_D * L * l \quad \rightarrow G = 20,75 * 6,35 * 19,5$$

$$\rightarrow G = 2569,4 \text{ kN}$$

~ q : La charge répartie routière.

$$q = \frac{100}{A} * b_t \quad \rightarrow q = \frac{100}{44,1} * 1 = 2,27$$

$$\rightarrow q = 2,26 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{On a : } B_r = S * \delta = 2,27 * 1,232$$

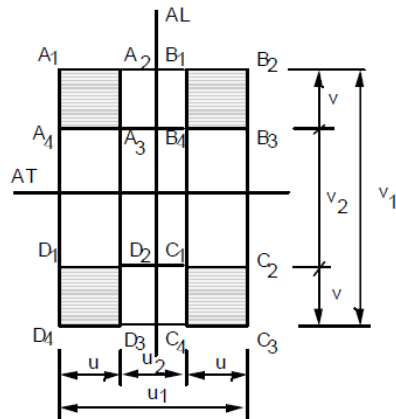
$$\text{Donc} \rightarrow B_r = 2,80 \text{ kN/m}^2$$

La détermination des moments :

Nous allons utiliser la **méthode de Mougins** pour la détermination des moments :

Elle suppose que la position des trottoirs permet de disposer côte à côte 2 camions A et B symétriquement par rapport à l'axe longitudinal de la dalle, les essieux arrière de ces camions étant disposés à proximité immédiate du centre de la dalle.

Nous avons quatre rectangles non centrés et symétriques deux à deux pour une chaussée :



$$\begin{aligned} & (A_1.A_2.A_3.A_4) + (B_1.B_2.B_3.B_4) + (C_1.C_2.C_3.C_4) + (D_1.D_2.D_3.D_4) \\ & \equiv \\ & (A_1.B_2.C_3.D_4) - (A_2.B_1.C_4.D_3) - (A_4.B_3.C_2.D_1) + (A_3.B_4.C_1.D_2) \end{aligned}$$

Figure 14 : L'effet de 4 rectangles non centrées et symétriques deux à deux.

Les moments fléchissant des surcharges routières :

Les moments par unité de largeur au centre de la dalle se calculent par les expressions suivantes:

$$M_{0y} = (M_2 + v.M_1) * B_t$$

v: coefficient de poisson = 0

Donc : $M_{0y} = M_2 * (B_t * S)$

Compte tenue que le système nous permet de placé deux files ; nous pouvons conclure qu'on aura huit rectangles non centrées et symétriques deux à deux.

Calcul de ρ :

$$\rho = \frac{l_x}{l_y} \quad \rightarrow \quad \rho = \frac{1}{6,35} = 0,20$$

Détermination de M₂ :

Calcul de beta :

$$beta = \frac{v}{l_y} \quad \rightarrow \quad beta = \frac{5,6}{6,35} = 0,89$$

Calcul d'alpha :

$$alpha = \frac{u}{l_x} \quad \rightarrow \quad alpha = \frac{1,60}{7,00} = 0,23$$

Grace à la courbe ci-dessous :

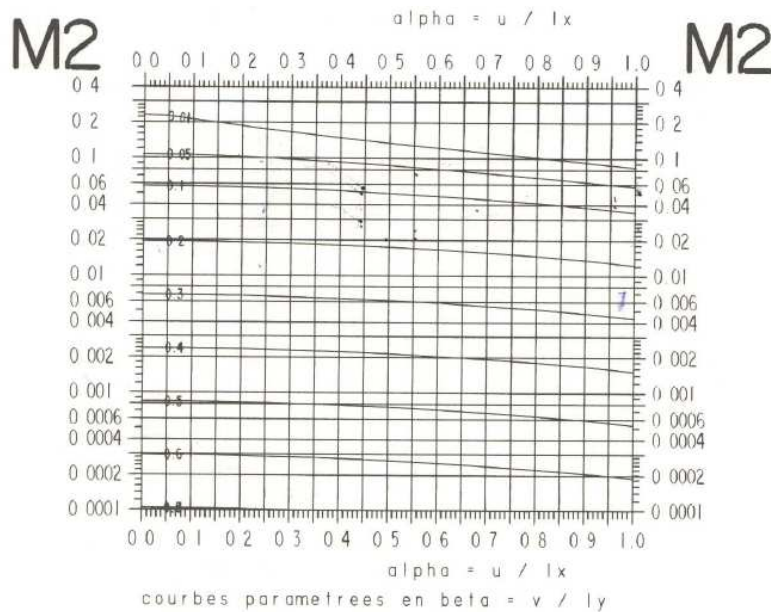


Figure 15 : L'abaque de Mougin.

Détermination de la valeur du moment:

$M_2 = 0,00018$

$M_0 = M_2 * (B_t * S) \quad \rightarrow M_0 = 0,00018 * (55,02 * 6,35)$

$\rightarrow M_0 = 0,063 MN.m$

Les charges permanentes sur le tablier :

Les charges :

Le poids propre de la dalle de couverture :

$g_D = E_D * \gamma_{BA} * (B + E_P) \quad \rightarrow g_D = 0,35 * 25$

$\rightarrow g_D = 8,75 kN/m^2$

Le poids du remblai :

$g_r = E_r * \gamma_{sol} \quad \rightarrow g_r = 0,7 * 21$

$\rightarrow g_r = 14,7 kN/m^2$

Le poids propre du TPC:

$g_{TPC} = E * \gamma_{sol} * b_{TPC} * 1 \quad \rightarrow g_{TPC} = 0,2 * 21$

$$\rightarrow g_r = 4,2 \text{ kN/m}^2$$

La charge permanente sur le tablier :

$$g = g_D + g_r + g_{tpc} \rightarrow g = 8,75 + 14,7 + 4,20$$

$$\rightarrow g = 27,65 \text{ kN/m}^2$$

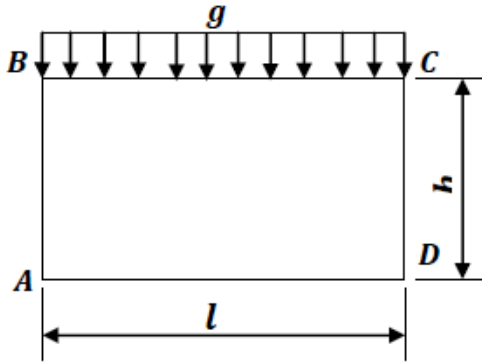


Figure 16 : Le chargement de la dalle.

$$l = B + E_p = 6,35 \text{ et } h = D + E_D = 3,35$$

Les moments sur appuis :

$$M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4 \cdot F_1} (k_1 \cdot K_1 - k_2)$$

$$\rightarrow M_A = M_D = -\frac{27,65 \cdot (6,35)^2}{4 \cdot 16,20} \cdot (1 \cdot 4,06 - 0,53)$$

$$\rightarrow M_A = M_D = -60,73 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_C = -\frac{gl^2}{4 \cdot F_1} (K_2 - k_1 \cdot k_2)$$

$$\rightarrow M_B = M_C = -\frac{27,65 \cdot (6,35)^2}{4 \cdot 16,20} \cdot (4,06 - 1 \cdot 0,53)$$

$$\rightarrow M_B = M_C = -60,73 \text{ kN.m}$$

Les efforts normaux :

$$N_1 = -N_3 = \frac{M_B - M_A}{h} \quad \rightarrow N_1 = -N_3 = \frac{-60,73 - (-60,73)}{3,35}$$

$$\rightarrow N_1 = -N_3 = 0$$

$$N_2 = N_4 = \frac{g \cdot l}{2} \quad \rightarrow N_2 = N_4 = \frac{25,74 \cdot 6,35}{2}$$

$$\rightarrow N_2 = -N_4 = 81,72 \text{ kN}$$

Les moments à mi-travée:

$$M_{(A-D)} = \frac{g \cdot l^2}{8} + M_A \quad \rightarrow M_{(A-D)} = \frac{27,65 \cdot (6,35)^2}{8} + (-60,73)$$

$$\rightarrow M_{(A-D)} = 78,63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{(B-C)} = \frac{g \cdot l^2}{8} + M_B \quad \rightarrow M_{(B-C)} = \frac{25,74 \cdot (6,35)^2}{8} + (-60,73)$$

$$\rightarrow M_{(B-C)} = 78,63 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = \frac{M_A + M_B}{2} \quad \rightarrow M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = \frac{(-60,73) + (-60,73)}{2}$$

$$\rightarrow M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = -60,73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Le calcul des efforts et des sollicitations :

Nous allons utiliser la méthode des 3 moments pour le dimensionnement de la dalle et du radier.

L'équation des 3 moments :

Nous avons une section rectangulaire de dimension $1,00 \times 0,35^h$

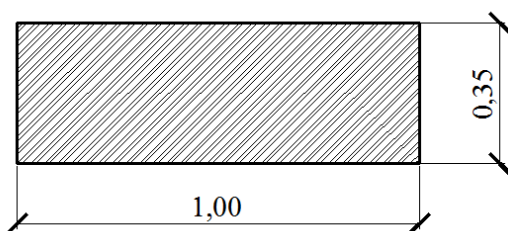


Figure 17 : La section de la dalle étudiée.

$$M_{i-1} \cdot (l_i) + 2 \cdot M_i \cdot (l_i + l_{i+1}) + M_{i+1} \cdot (l_{i+1}) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_{i+1} - \omega''_i + \Omega_{i+1} - \Omega_i)$$

Ces moments nous avons le même moment d'inertie :

$$I_i = I_{i+1} = I$$

Les valeurs de ω'_{i+1} et ω''_i sont données dans la figure ci-dessous :


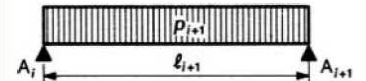
Cas de charge dans la travée l_i	ω''_i	Cas de charge dans la travée l_{i+1}	ω'_{i+1}
	$+\frac{p_i \cdot l_i^3}{24 EI_i}$		$\frac{-p_{i+1} \cdot l_{i+1}^3}{24 EI_{i+1}}$

Figure 18 : Les valeurs des rotations.

Les valeurs de Ω_i et Ω_{i+1} sont données par la formule ci-dessous :

$$\Omega_i = \Omega_{i+1} = \frac{v_i + v_{i-1}}{l_i} = 0$$

Donc l'équation devient:

$$M_{i-1} \cdot (l_i) + 2 \cdot M_i \cdot (l_i + l_{i+1}) + M_{i+1} \cdot (l_{i+1}) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_{i+1} - \omega''_i)$$

Les efforts et sollicitations sur la dalle :

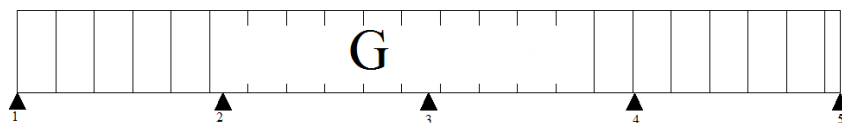


Figure 19 : Le chargement de la dalle.

$$p_i = G \quad \rightarrow p_i = (27,65) * 1$$

$$\rightarrow p_i = 27,65 \text{ KN/ml}$$

L'équation des 3 moments relatifs au nœud 1 :

$$M_{i-1} \cdot (l_i) + 2 \cdot M_i \cdot (l_i + l_{i+1}) + M_{i+1} \cdot (l_{i+1}) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_{i+1} - \omega''_i)$$

l_0 : est une distance fictive

$$M_0 \cdot (l_0) + 2 \cdot M_1 \cdot (l_0 + l_1) + M_2 \cdot (l_1) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_1 - \omega''_0)$$

$$2 \cdot M_1 \cdot (l_1) + M_2 \cdot (l_1) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_1)$$

$$2 \cdot M_1 \cdot (l_1) + M_2 \cdot (l_1) = -6 * \frac{27,65 * (6,35)^3}{24}$$

$$\rightarrow \boxed{12,7 \cdot M_1 + 6,35 \cdot M_2 = -5996}$$

L'équation des 3 moments relatifs au nœud 2 :

$$M_{i-1} \cdot (l_i) + 2 \cdot M_i \cdot (l_i + l_{i+1}) + M_{i+1} \cdot (l_{i+1}) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_{i+1} - \omega''_i)$$

$$M_1 \cdot (l_1) + 2 \cdot M_2 \cdot (l_1 + l_2) + M_3 \cdot (l_2) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_2 - \omega''_1)$$

$$M_1 \cdot (l_1) + 2 \cdot M_2 \cdot (l_1 + l_2) + M_3 \cdot (l_2) = -6 * \left\{ \frac{27,65 * (6,35)^3}{24} + \frac{27,65 * (6,35)^3}{24} \right\}$$

$$\rightarrow \boxed{6,35 \cdot M_1 + 25,4 \cdot M_2 + 6,35 \cdot M_3 = -11992}$$

L'équation des 3 moments relatifs au nœud 3 :

$$M_{i-1} \cdot (l_i) + 2 \cdot M_i \cdot (l_i + l_{i+1}) + M_{i+1} \cdot (l_{i+1}) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_{i+1} - \omega''_i)$$

$$M_2 \cdot (l_2) + 2 \cdot M_3 \cdot (l_2 + l_3) + M_4 \cdot (l_3) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_3 - \omega''_2)$$

$$M_2 \cdot (l_2) + 2 \cdot M_3 \cdot (l_2 + l_3) + M_4 \cdot (l_3) = -6 * \left\{ \frac{27,65 * (6,35)^3}{24} + \frac{27,65 * (6,35)^3}{24} \right\}$$

$$\rightarrow \boxed{6,35 \cdot M_2 + 25,4 \cdot M_3 + 6,35 \cdot M_4 = -11992}$$

L'équation des 3 moments relatifs au nœud 4 :

$$M_{i-1} \cdot (l_i) + 2 \cdot M_i \cdot (l_i + l_{i+1}) + M_{i+1} \cdot (l_{i+1}) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_{i+1} - \omega''_i)$$

$$M_3 \cdot (l_2) + 2 \cdot M_4 \cdot (l_3 + l_4) + M_5 \cdot (l_4) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_3 - \omega''_2)$$

$$M_3 \cdot (l_2) + 2 \cdot M_4 \cdot (l_3 + l_4) + M_5 \cdot (l_4) = -6 * \left\{ \frac{27,65 * (6,35)^3}{24} + \frac{27,65 * (6,35)^3}{24} \right\}$$

$$\rightarrow \boxed{6,35 \cdot M_3 + 25,4 \cdot M_4 + 6,35 \cdot M_5 = -11992}$$

L'équation des 3 moments relatifs au nœud 5 :

$$M_{i-1} \cdot (l_i) + 2 \cdot M_i \cdot (l_i + l_{i+1}) + M_{i+1} \cdot (l_{i+1}) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_{i+1} - \omega''_i)$$

$$M_4 \cdot (l_4) + 2 \cdot M_5 \cdot (l_4 + l_0) + M_0 \cdot (l_0) = 6 \cdot EI \cdot (\omega'_0 - \omega''_5)$$

$$M_4 \cdot (l_4) + 2 \cdot M_5 \cdot (l_4) = 6 \cdot EI \cdot (\omega''_5)$$

$$M_4 \cdot (l_4) + 2 \cdot M_5 \cdot (l_4) = -6 * \frac{27,65 * (6,35)^3}{24}$$

$$\rightarrow \boxed{6,35 \cdot M_4 + 12,7 \cdot M_5 = -5996}$$

Pour déterminer les différents moments sur les appuis, nous allons résoudre le système d'équation ci-dessous :

$$\rightarrow \begin{cases} 12,7 \cdot M_1 + 6,35 \cdot M_2 = -5996 \\ 6,35 \cdot M_1 + 25,4 \cdot M_2 + 6,35 \cdot M_3 = -11992 \\ 6,35 \cdot M_2 + 25,4 \cdot M_3 + 6,35 \cdot M_4 = -11992 \\ 6,35 \cdot M_3 + 25,4 \cdot M_4 + 6,35 \cdot M_5 = -11992 \\ 6,35 \cdot M_4 + 12,7 \cdot M_5 = -5996 \end{cases} \quad [1]$$

Après une simplification de l'équation [1], nous avons :

$$\rightarrow \begin{cases} 2 \cdot M_1 + M_2 = -944,25 \\ M_1 + 4 \cdot M_2 + M_3 = -1888,5 \\ M_2 + 4 \cdot M_3 + M_4 = -1888,5 \\ M_3 + 4 \cdot M_4 + M_5 = -1888,5 \\ M_4 + 2 \cdot M_5 = -944,25 \end{cases} \quad [2]$$

Une résolution de l'équation [2] nous permet d'avoir :

Le résumé :

Tableau 24 : Le récapitulatif des moments sur appui du tablier.

M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
92,9	92,9	92,9	92,9	92,9

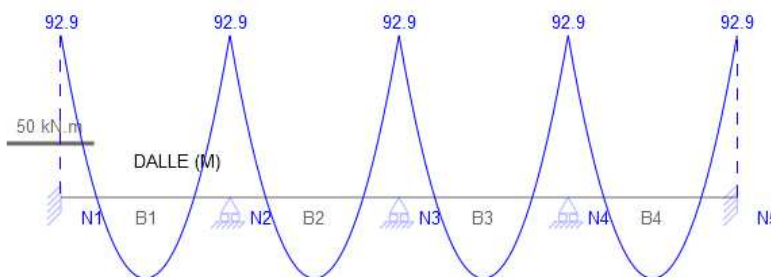


Figure 20 : Le schéma du moment sur les appuis du tablier.

Le calcul du moment en travée de la dalle :

Le moment dans la travée 1 :

$$M_{1-2} = M_x^0 + \frac{M_1 + M_2}{2} \quad \Leftrightarrow \quad M_{1-2} = \frac{p_i * l_1^2}{8} + \frac{M_1 + M_2}{2}$$

$$\rightarrow M_{1-2} = \frac{27,65 * (6,35)^2}{8} - \frac{92,9 + 92,9}{2}$$

$$\rightarrow M_{1-2} = 46,5 \text{ KN.m}$$

Le moment dans la travée 2 :

$$M_{2-3} = M_x^0 + \frac{M_2 + M_3}{2} \quad \leftrightarrow \quad M_{2-3} = \frac{p_i * l_2^2}{8} + \frac{M_2 + M_3}{2}$$

$$\rightarrow M_{2-3} = \frac{27,65 * (6,35)^2}{8} - \frac{92,9 + 92,9}{2}$$

$$\rightarrow M_{2-3} = 46,5 \text{ KN.m}$$

Le moment dans la travée 3 :

$$M_{3-4} = M_x^0 + \frac{M_3 + M_4}{2} \quad \leftrightarrow \quad M_{3-4} = \frac{p_i * l_3^2}{8} + \frac{M_3 + M_4}{2}$$

$$\rightarrow M_{3-4} = \frac{27,65 * (6,35)^2}{8} - \frac{92,9 + 92,9}{2}$$

$$\rightarrow M_{3-4} = 46,5 \text{ KN.m}$$

Le moment dans la travée 4 :

$$M_{4-5} = M_x^0 + \frac{M_4 + M_5}{2} \quad \leftrightarrow \quad M_{4-5} = \frac{p_i * l_4^2}{8} + \frac{M_4 + M_5}{2}$$

$$\rightarrow M_{4-5} = \frac{27,65 * (6,35)^2}{8} - \frac{92,9 + 92,9}{2}$$

$$\rightarrow M_{4-5} = 46,5 \text{ KN.m}$$

Une résolution de cette équation nous permet d'avoir :

Le résumé :

Tableau 25 : Le récapitulatif des moments en travée du tablier.

M_{1-2}	M_{2-3}	M_{3-4}	M_{4-5}
46,5	46,5	46,5	46,5

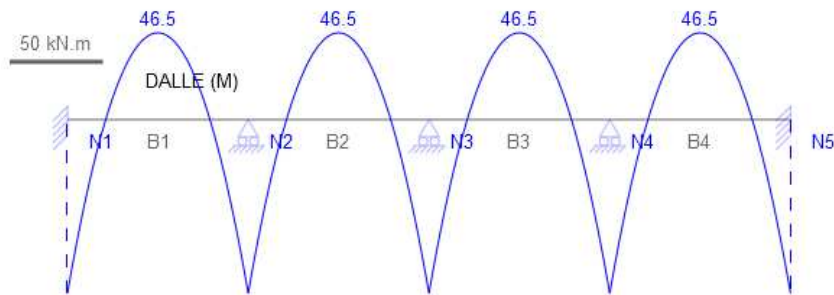


Figure 21 : Le schéma du moment en travées du tablier.

Les charges permanentes sur le piédroit :

Les charges :

Le poids propre des piédroits :

$$g_P = E_P * \gamma_{BA} * (D + E_D) * 1 \quad \rightarrow g_P = 0,35 * 25 * (3 + 0,35) * 1$$

$$\rightarrow g_P = 29,31 \text{ kN}$$

La réaction créée par la poussée des terres:

$$R_{sol} = \frac{2 \cdot g_P}{l} \quad \rightarrow R_{sol} = \frac{2 * 29,31}{6,35}$$

$$\rightarrow R_{sol} = 9,23 \text{ kN.m}$$

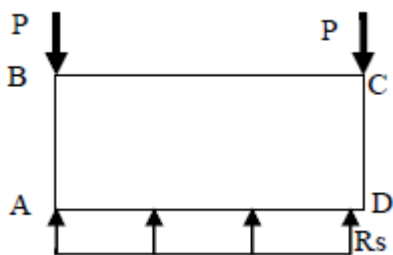


Figure 22 : Les charges verticales sur les piédroits.

Les moments sur appuis :

$$M_A = M_D = - \frac{g_P \cdot l \cdot k_1 \cdot K_1}{2 \cdot F_1}$$

$$\rightarrow M_A = M_D = - \frac{29,31 * 6,35 * 1 * 4,06}{2 * 16,20}$$

$$\rightarrow M_A = M_D = - 23,32 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_C = \frac{g_P \cdot l \cdot k_1 \cdot k_2}{2 \cdot F_1}$$

$$\rightarrow M_B = M_C = \frac{29,31 \cdot 6,35 \cdot 1 \cdot 0,53}{2 \cdot 16,20}$$

$$\rightarrow M_B = M_C = 3,04 \text{ kN.m}$$

Les efforts normaux :

$$N_1 = -N_3 = \frac{3 \cdot g_P \cdot l \cdot k_1 (1 + k_2)}{2 \cdot h \cdot F_1}$$

$$\rightarrow N_1 = -N_3 = \frac{3 \cdot 29,31 \cdot 6,35 \cdot 1 \cdot (1 + 0,53)}{2 \cdot 3,35 \cdot 16,20}$$

$$\rightarrow N_1 = -N_3 = \pm 7,87 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = g_P$$

$$\rightarrow N_2 = N_4 = 29,31 \text{ kN}$$

Les moments à mi-travée :

$$M_{(A-D)} = \frac{R_{sol} \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l}{2}}{2} + M_A \quad \leftrightarrow \quad M_{(A-D)} = \frac{R_{sol} \cdot l^2}{8} + M_A$$

$$\rightarrow M_{(A-D)} = \frac{9,23 \cdot (6,35)^2}{8} + (-23,32)$$

$$\rightarrow M_{(A-D)} = 23,20 \text{ kN.m}$$

$$M_{(B-C)} = \frac{M_B + M_C}{2} \quad \rightarrow \quad M_{(B-C)} = \frac{3,04 + 3,04}{2}$$

$$\rightarrow M_{(B-C)} = 3,04 \text{ kN.m}$$

$$M_{(A-B)} = \frac{M_A + M_B}{2} \rightarrow M_{(A-B)} = \frac{(-23,32) + 3,04}{2}$$

$$\rightarrow M_{(A-B)} = -10,14 \text{ kN.m}$$

$$M_{(C-D)} = \frac{M_C + M_D}{2} \rightarrow M_{(C-D)} = \frac{3,04 - 23,32}{2}$$

$$\rightarrow M_{(C-D)} = -10,14 \text{ kN.m}$$

Le calcul des sollicitations sous l'action des poussées des terres :

Les contraintes $\sigma_1; \sigma_2; \Delta\sigma$:

$$\sigma_1 = k \cdot \gamma_{sol} \cdot E_r \rightarrow \sigma_1 = 0,333 \cdot 21 \cdot 0,70$$

$$\rightarrow \sigma_1 = 4,90 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_2 = k \cdot \gamma_{sol} \cdot (E_r + D + E_D) \rightarrow \sigma_2 = 0,333 \cdot 21 \cdot (0,70 + 3 + 0,35)$$

$$\rightarrow \sigma_2 = 28,32 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 \rightarrow \Delta\sigma = 28,32 - 4,90$$

$$\rightarrow \Delta\sigma = 23,42 \text{ kN/m}^2$$

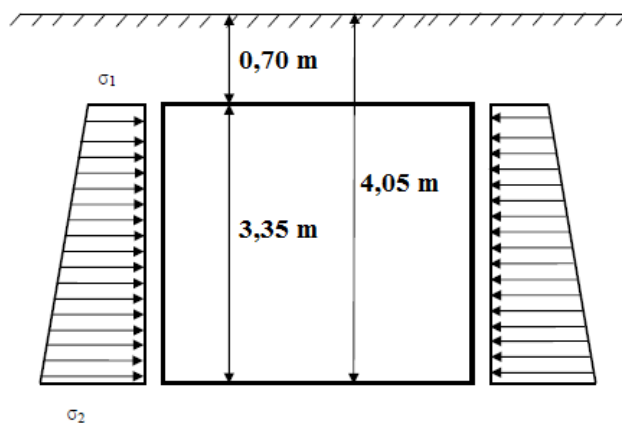


Figure 23 : Les contraintes sur l'ouvrage.

Les moments sur appuis :

$$M_A = M_D = -\frac{k_2 \cdot (k_2 + 3)}{4 \cdot F_1} \cdot \sigma_1 \cdot h^2 - \frac{k_2 \cdot (3 \cdot k_2 + 8)}{20 \cdot F_1} \cdot \Delta\sigma \cdot h^2$$

$$= -\frac{0,53 * (0,53 + 3)}{4 * 16,20} * 4,90 * (3,35)^2 - \frac{0,53 * (3 * 0,53 + 8)}{20 * 16,20} * 23,42 * (3,35)^2$$

$$\rightarrow M_A = M_D = - 5,71 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_C = -\frac{k_2 * (3 * k_1 + K_2)}{4 * F_1} * \sigma_1 * h^2 - \frac{k_2 * (7 * k_1 + 2 * k_2)}{20 * F_1} * \Delta\sigma * h^2$$

$$= -\frac{0,53 * (3 * 1 + 4,06)}{4 * 16,20} * 4,90 * (3,35)^2 - \frac{0,53 * (7 * 1 + 2 * 0,53)}{20 * 16,20} * 23,42 * (3,35)^2$$

$$\rightarrow M_B = M_C = - 6,64 \text{ kN.m}$$

Les efforts normaux :

$$N_1 = \frac{\sigma_1 + 2 * \sigma_2}{6} * h + \frac{M_B - M_A}{h} + \frac{M_D - M_A}{l}$$

$$= \frac{4,90 + 2 * 28,32}{6} * 3,35 + \frac{(- 6,64) - (- 5,71)}{3,35} + \frac{(- 5,71) - (- 5,71)}{6,35}$$

$$\rightarrow N_1 = 34,08 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = 0$$

$$\rightarrow N_2 = N_4 = 0 \text{ kN}$$

$$N_3 = \frac{(2 * \sigma_1 + 2 * \sigma_2)}{6} * h + \frac{M_A - M_B}{h} + \frac{M_C - M_B}{l}$$

$$= \frac{(2 * 4,90 + 2 * 28,32)}{6} * 3,35 + \frac{(- 5,71) - (- 6,64)}{3,35} + \frac{(- 6,64) - (- 6,64)}{6,35}$$

$$\rightarrow N_3 = 37,37 \text{ kN}$$

Les moments à mi-travée :

$$M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = \frac{\sigma_1 * h^2}{8} + \frac{\Delta\sigma * h^2}{12} + \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$\rightarrow M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = \frac{4,90 * (3,35)^2}{8} + \frac{23,42 * (3,35)^2}{12} + \frac{(- 5,71) + (- 6,64)}{2}$$

$$\rightarrow M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = 22,60 \text{ kN.m}$$

$$M_{(A-D)} = \frac{M_A + M_D}{2} \rightarrow M_{(A-D)} = \frac{(-5,71) + (-5,71)}{2}$$

$$\rightarrow M_{(A-D)} = -5,71 \text{ kN.m}$$

$$M_{(B-C)} = \frac{M_B + M_C}{2} \rightarrow M_{(B-C)} = \frac{(-6,64) + (-6,64)}{2}$$

$$\rightarrow M_{(B-C)} = -6,64 \text{ kN.m}$$

Le calcul des sollicitations sous l'action des surcharges routières de remblai d'accès :

Le calcul de la surcharge :

La contrainte horizontale :

$$\sigma = k * q \rightarrow \sigma = 0,33 * 10$$

$$\rightarrow \sigma = 3,33 \text{ KN.m}^2$$

La résultante :

$$R = \sigma * h \rightarrow R = 3,33 * 3,35$$

$$\rightarrow R = 11,15 \text{ KN/m}^2$$

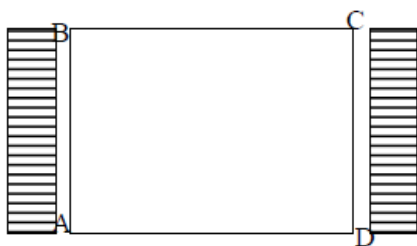


Figure 24 : Les sollicitations sous l'action des surcharges routières de remblai.

Les moments aux appuis :

$$M_A = M_D = - \frac{\sigma * h^2 * k_2 * (k_2 + 3)}{4 * F_1}$$

$$\rightarrow M_A = M_D = - \frac{3,33 * (3,35)^2 * 0,53 * (0,53 + 3)}{4 * 16,20}$$

$$\rightarrow M_A = M_D = -1,08 \text{ KN.m}$$

$$M_B = M_C = -\frac{\sigma * h^2 * k_2 * (3k_1 + k_2)}{4 * F_1}$$

$$\rightarrow M_B = M_C = -\frac{3,33 * (3,35)^2 * 0,53 * (3 + 0,53)}{4 * 16,20}$$

$$\rightarrow M_B = M_C = -1,08 \text{ KN.m}$$

Les efforts normaux :

$$N_3 = N_1 = \frac{\sigma * h}{2} \quad \rightarrow N_3 = N_1 = \frac{3,33 * 3,35}{2}$$

$$\rightarrow N_3 = N_1 = 5,58 \text{ KN}$$

$$N_2 = N_4 = 0 \text{ KN}$$

Les moments en mi-travée :

$$M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = \frac{\sigma * h^2}{8} + \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$\rightarrow M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = \frac{3,33 * (3,35)^2}{8} + \frac{(-1,08) + (-1,08)}{2}$$

$$\rightarrow M_{(A-B)} = M_{(C-D)} = 3,59 \text{ kN.m}$$

$$M_{(A-D)} = \frac{M_A + M_D}{2} \quad \rightarrow M_{(A-D)} = \frac{(-1,08) + (-1,08)}{2}$$

$$\rightarrow M_{(A-D)} = -1,08 \text{ kN.m}$$

$$M_{(B-C)} = \frac{M_B + M_C}{2} \quad \rightarrow M_{(B-C)} = \frac{(-1,08) + (-1,08)}{2}$$

$$\rightarrow M_{(B-C)} = -1,08 \text{ kN.m}$$

Le calcul de la force de freinage :

En considérant 2x2 essieux de 12tonnes placé simultanément côte à côte sur le dalot, leur force de freinage est :

$$F = \frac{160 * 2}{6} \rightarrow F = 53,33 \text{ KN/m}$$

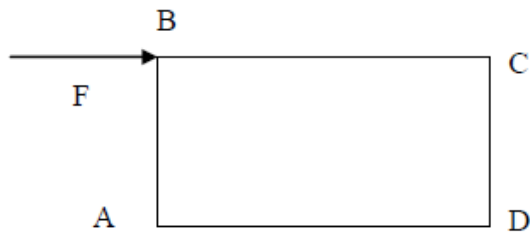


Figure 25 : L'action des forces de freinages.

Le moment aux appuis :

$$M_D = -M_A = \frac{F * h * K_3}{2 * F_2}$$

$$M_D = -M_A = \frac{53,33 * 3,35 * 2,39}{2 * 5,18} \rightarrow M_D = M_A = \pm 41,21 \text{ KN.m}$$

$$M_B = -M_C = \frac{F * h * K_4}{2 * F_2}$$

$$M_B = -M_C = \frac{53,33 * 3,35 * 2,79}{2 * 5,18} \rightarrow M_B = -M_C = \pm 48,11 \text{ KN.m}$$

La détermination des efforts normaux :

$$N_3 = -N_1 = \frac{F}{2} \rightarrow N_3 = -N_1 = \frac{53,33}{2}$$

$$\rightarrow N_3 = -N_1 = \pm 26,66 \text{ KN}$$

$$N_4 = -N_2 = \frac{F * h * K_4}{l * F_2} \rightarrow N_4 = -N_2 = \frac{53,33 * 3,35 * 2,79}{6,35 * 5,18}$$

$$\rightarrow N_4 = -N_2 = \pm 15,15 \text{ KN}$$

Les moments en mi-travée :

$$M_{A-B} = -M_{C-D} = \frac{M_A + M_B}{2} \quad \rightarrow M_{A-B} = -M_{C-D} = \frac{-41,21 + 48,11}{2}$$

$$M_{A-B} = -M_{C-D} = \pm 3,45 \text{ KN.m}$$

$$M_{B-C} = -M_{A-D} = \frac{M_B + M_C}{2} \quad \rightarrow M_{B-C} = -M_{A-D} = \frac{-48,11 + 48,11}{2}$$

$$M_{B-C} = -M_{A-D} = 0 \text{ KN.}$$

Tableau 26 : Le récapitulatif des efforts et sollicitations du dalot.

<i>Sollicitation/N°</i>	M_A	M_{A-B}	M_B	M_C	M_{A-D}	M_D	M_{C-D}	N_1	N_2	N_3	N_4	
1	- 60,73	- 60,73	- 60,73	- 60,73	78,63	- 60,73	- 60,73	0	81,72	0	81,72	
2	- 23,32	-10,14	3,04	3,04	23,20	- 23,32	-10,14	7,87	29,31	-7,87	29,31	
3	- 5,71	22,60	- 6,64	- 6,64	- 5,71	- 5,71	22,60	34,08	0	37,37	0	
4	-1,08	3,59	-1,08	-1,08	- 1,08	-1,08	3,59	5,58	0	5,58	0	
5	41,21	3,45	48,11	48,11	0	41,21	-3,45	26,66	-15,15	26,66	15,15	
A	1+2+3	-89,76	-48,27	-64,33	-64,33	96,12	-89,76	-48,27	41,95	111,03	29,50	111,03
B	4+5	40,13	7,04	47,03	47,03	-1,08	40,13	0,14	32,24	-15,15	32,24	15,15

A : Les charges permanentes

B : Les charges d'exploitations

Le calcul des ferrailages :

Les armatures dans le tablier :

1°) L'élément à calculer :		Le tablier		
La section considérée		Sur appui (g)	En mi-travée	Sur appui (d)
Données	<p><i>Le moment en KN.m</i></p> <p>$G + 1,20Q$</p>	168,5	122,1	168,5
ELS	M_{max} en kN.m	168,5	122	168,5
	N_{max} en MN.m	0,0617	0,0617	0,0617
Le noyau central en (m)	$e_n = \frac{E_D}{6}$	±0,058	±0,058	±0,058
L'excentricité en (m)	$e = \frac{M_{max}}{N_{max}}$	2,72	1,97	2,72
La conclusion partielle		<i>flexion composée</i>	<i>flexion composée</i>	<i>flexion composée</i>
		<i>partiellement tendue</i>	<i>partiellement tendue</i>	<i>partiellement tendue</i>
2°) Le calcul des armatures en flexion composé partiellement tendue :				
$\bar{\alpha}_1$	$= \frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s}$	0,55	0,55	0,55
Mrb en MN	$= \frac{1}{2} * \bar{\alpha}_1 * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right) * b_0 * d^2 * \bar{\sigma}_{bc}$	0,33	0,33	0,33
$Mser$ en MN	$= M_{max} + N_{max} * \left(d - \frac{h}{2}\right)$	177,18	130	177,18
Type de section		<i>sans armatures comprimées</i>	<i>sans armatures comprimées</i>	<i>sans armatures comprimées</i>

Z_b	$= d * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right)$	0,26	0,26	0,26
A_{ser}	$= \frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	33,80 cm ²	22,95 cm ²	33,80 cm ²
A	$= A_{ser} - \frac{N_{max}}{\sigma_{st}}$	32,37 cm ²	21,52 cm ²	32,37 cm ²
A_{min}	$0,23 \cdot \frac{f_{t28}}{f_e} \cdot b_0 \cdot d \cdot \left(\frac{e - 0,45 \cdot d}{e - 0,185 \cdot d}\right)$	2,97 cm ²	2,97 cm ²	2,97 cm ²
(A) retenu	A	32,37 cm²	21,52 cm²	32,37 cm²
3°) Le choix des aciers :		7 HA 25	7 HA 20	7 HA 25
Soit un espacement		e = 15 cm	e = 15 cm	e = 15 cm

Les armatures dans les piédroits de rive :

1°) L'élément à calculer :		Les piédroits de rive		
La section considérée		Sur appui (g)	En mi-travée	Sur appui (d)
Données	<i>Le moment en KN.m</i>	83,49	115,42	117,20
	<i>G + Q</i>			
ELS	<i>M_{max} en kN.m</i>	83,49	115,42	117,20
	<i>N_{max} en kN.m</i>	168,45	168,45	168,45
Le noyau central en (m)	$e_n = \frac{E_D}{6}$	±0,058	±0,058	±0,058
L'excentricité en (m)	$e = \frac{M_{max}}{N_{max}}$	0,49	0,68	0,69
La conclusion partielle		<i>flexion</i>	<i>flexion</i>	<i>flexion</i>

		<i>composée</i>	<i>composée</i>	<i>composée</i>
		<i>partiellement tendue</i>	<i>partiellement tendue</i>	<i>partiellement tendue</i>
2°) Le calcul des armatures en flexion composé partiellement tendue :				
$\bar{\alpha}_1$	$= \frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s}$	0,55	0,55	0,55
<i>Mrb en MN</i>	$= \frac{1}{2} * \bar{\alpha}_1 * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right) * b_0 * d^2 * \bar{\sigma}_{bc}$	0,33	0,33	0,33
<i>Mser en KN</i>	$= M_{max} + N_{max} * \left(d - \frac{h}{2}\right)$	107,07	139,00	140,78
Type de section		<i>sans armatures comprimées</i>	<i>sans armatures comprimées</i>	<i>sans armatures comprimées</i>
Z_b	$= d * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right)$	0,26	0,26	0,26
A_{ser}	$= \frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	20,42 cm ²	26,51 cm ²	26,85 cm ²
A	$= A_{ser} - \frac{N_{max}}{\sigma_{st}}$	16,55 cm ²	22,64 cm ²	22,98 cm ²
A_{min}	$0,23 * \frac{f_{t28}}{f_e} * b_0 * d * \left(\frac{e - 0,45 * d}{e - 0,185 * d}\right)$	1.5 cm ²	1.5 cm ²	3.01 cm ²
(A) retenu	A	16,55 cm²	22,64 cm²	22,98 cm²
3°) Le choix des aciers :		6 HA 20	6 HA 25	6 HA 25
Soit un espacement		<i>e = 15 cm</i>	<i>e = 15 cm</i>	<i>e = 15 cm</i>

Les armatures dans les piédroits intermédiaires :

1°) L'élément à calculer :		Les piédroits intermédiaires		
La section considérée		Sur appui (g)	En mi-travée	Sur appui (d)
Données	<i>Le moment en KN.m</i>	83,49	123,70	115,91

	$G + Q$			
ELS	M_{max} en kN.m	83,49	123,70	115,91
	N_{max} en kN.m	168,45	168,45	168,45
Le noyau central en (m)	$e_n = \frac{E_D}{6}$	$\pm 0,058$	$\pm 0,058$	$\pm 0,058$
L'excentricité en (m)	$e = \frac{M_{max}}{N_{max}}$	0,59	0,55	0,88
La conclusion partielle		<i>flexion composée</i>	<i>flexion composée</i>	<i>flexion composée</i>
		<i>partiellement tendue</i>	<i>partiellement tendue</i>	<i>partiellement tendue</i>
2°) Le calcul des armatures en flexion composé partiellement tendue :				
$\bar{\alpha}_1$	$= \frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s}$	0,55	0,55	0,55
Mrb en MN	$= \frac{1}{2} * \bar{\alpha}_1 * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right) * b_0 * d^2 * \bar{\sigma}_{bc}$	0,33	0,33	0,33
$Mser$ en KN	$= M_{max} + N_{max} * \left(d - \frac{h}{2}\right)$	107,07	147,28	139,49
Type de section		<i>sans armatures comprimées</i>	<i>sans armatures comprimées</i>	<i>sans armatures comprimées</i>
Z_b	$= d * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right)$	0,26	0,26	0,26
A_{ser}	$= \frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	20,42 cm ²	28,09 cm ²	26,61 cm ²
A	$= A_{ser} - \frac{N_{max}}{\sigma_{st}}$	16,55 cm ²	24,22 cm ²	22,73 cm ²

A_{min}	$0,23 \cdot \frac{f_{t28}}{f_e} \cdot b_0 \cdot d \cdot \left(\frac{e - 0,45 \cdot d}{e - 0,185 \cdot d} \right)$	1.5 cm ²	1.5 cm ²	3.01 cm ²
(A) retenu	A	16,55 cm ²	24,22 cm ²	22,73 cm ²
3°) Le choix des aciers :		6 HA 20	6 HA 25	6 HA 25
Soit un espacement		$e = 15 \text{ cm}$	$e = 15 \text{ cm}$	$e = 15 \text{ cm}$

Les armatures dans le radier :

1°) L'élément à calculer :		Le radier		
La section considérée		Sur appui (g)	En mi-travée	Sur appui (d)
Données	<i>Le moment en KN.m</i> $G + 1,20Q$	146,20	97,42	146,20
ELS	M_{max} en kN.m	146,20	97,42	146,20
	N_{max} en kN.m	137,19	137,19	137,19
Le noyau central en (m)	$e_n = \frac{E_D}{6}$	±0,058	±0,058	±0,058
L'excentricité en (m)	$e = \frac{M_{max}}{N_{max}}$	1,53	2,96	1,53
La conclusion partielle		<i>flexion composée</i>	<i>flexion composée</i>	<i>flexion composée</i>
		<i>partiellement tendue</i>	<i>partiellement tendue</i>	<i>partiellement tendue</i>
2°) Le calcul des armatures en flexion composé partiellement tendue :				
$\bar{\alpha}_1$	$= \frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s}$	0,55	0,55	0,55

Mrb en MN	$= \frac{1}{2} * \bar{\alpha}_1 * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right) . b_0 . d^2 . \bar{\sigma}_{bc}$	0,33	0,33	0,33
$Mser$ en KN	$= M_{max} + N_{max} * \left(d - \frac{h}{2}\right)$	165,41	116,63	165,41
Type de section		<i>sans armatures comprimées</i>	<i>sans armatures comprimées</i>	<i>sans armatures comprimées</i>
Z_b	$= d * \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3}\right)$	0,26	0,26	0,26
A_{ser}	$= \frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	31,55 cm ²	22,25 cm ²	31,55 cm ²
A	$= A_{ser} - \frac{N_{max}}{\sigma_{st}}$	28,40 cm ²	19,09 cm ²	28,40 cm ²
A_{min}	$0,23 . \frac{f_{t28}}{f_e} . b_0 . d . \left(\frac{e - 0,45 . d}{e - 0,185 . d}\right)$	1.5 cm ²	1.5 cm ²	3.01 cm ²
(A) retenu		28,40 cm²	19,09 cm²	28,40 cm²
3°) Le choix des aciers :		7 HA 25	7 HA 20	7 HA 25
Soit un espacement		$e = 20$ cm	$e = 20$ cm	$e = 20$ cm

Annexe 5 : Détails du devis estimatif (Avant métré du projet)

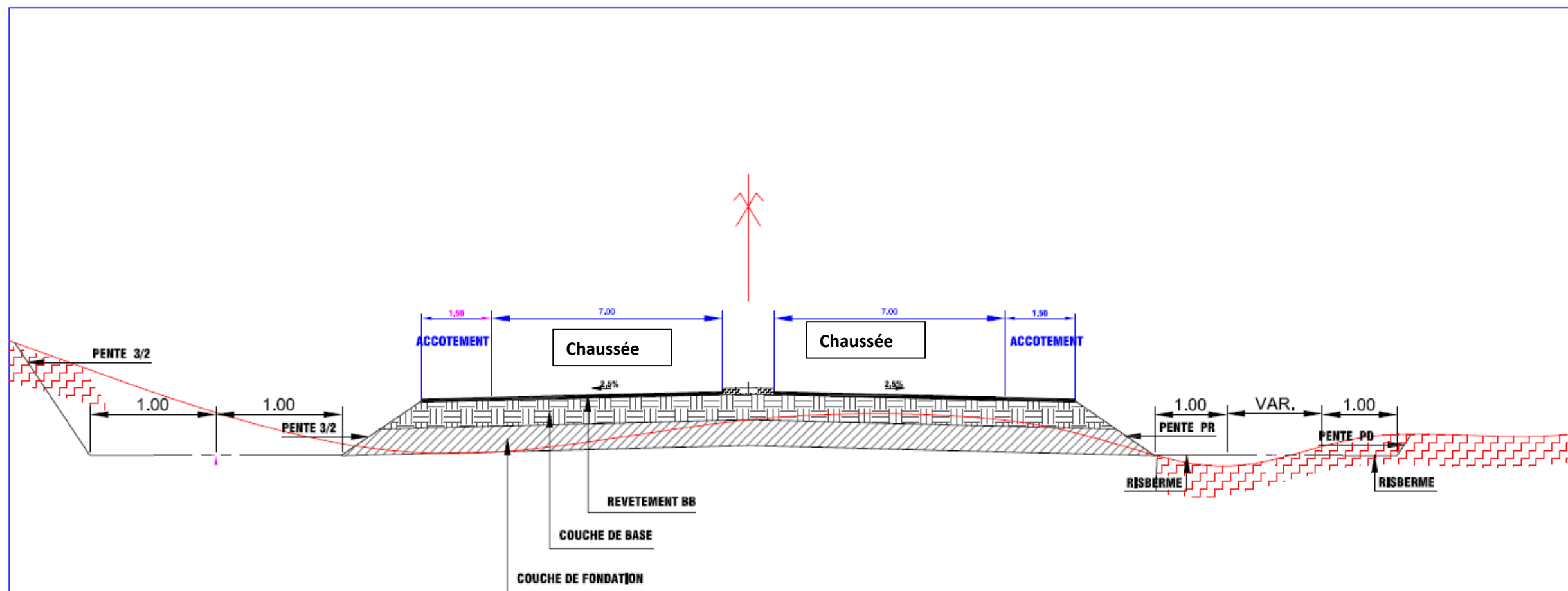
Celui nous permet de déterminer la quantité exacte d'ouvrage à exécuter sur le terrain. C'est une étape très importante dans toute étude technique de génie civil.

Réf	Désignation	Unité	Quantité
100	Travaux préparatoires		
101	Installation du chantier	Forfait	
102	Amenée et repliement du chantier	Forfait	
	Total série 100		
200	Travaux préliminaires		
201	Débroussaillage avant terrassement	m ²	513478
202	Abattages d'arbres	u	335
	Total Série 200		513813
300	Terrassement		
301	Décapage sur une épaisseur de 10cm	m ²	513478
302	Scarification et stabilisation de la plate-forme	m ²	171160
304	Couche de fondation en graveleux latéritique naturel	m ³	34847
305	Couche de base en graveleux latéritique	m ³	23962
	Total série 300		743447
400	Revêtement		
401	Couche d'imprégnation	m ²	145486
402	Exécution de 5cm de revêtement en béton bitumineux (chaussée)	m ³	7916
403	Exécution revêtement en pavés (trottoir)	m ²	12837
404	Bordures	ml	51000
	Total série 400		217239
500	Ouvrage d'art (dalot)		
501	fouille en pleine masse	m ³	401,7
502	béton de propreté dosé à 150 kg/m ³	m ³	50,98
503	béton dosé à 350kg/m ³	m ³	500,72
504	garde corps pour ouvrage	ml	60

505	Enrochements	m3	20,7
	Total série 500		1034,1
600	Mesures environnementales et social	forfait	
	Total série 600		
	TOTAL GENERAL		1475533,1
	Quantité kilométrique TTC		172416,45

Annexe 6 : Les plans.

Annexe 6-A1 : Les plans du tracé routier.



PROFIL EN TRAVERS TYPE DE DEBLAI

STRUCTURE DE LA CHAUSSEE		
TRONCON	EPAISSEUR	
	FONDATION	BASE
PK6+000 AU PK14+500	20CM	20CM



KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

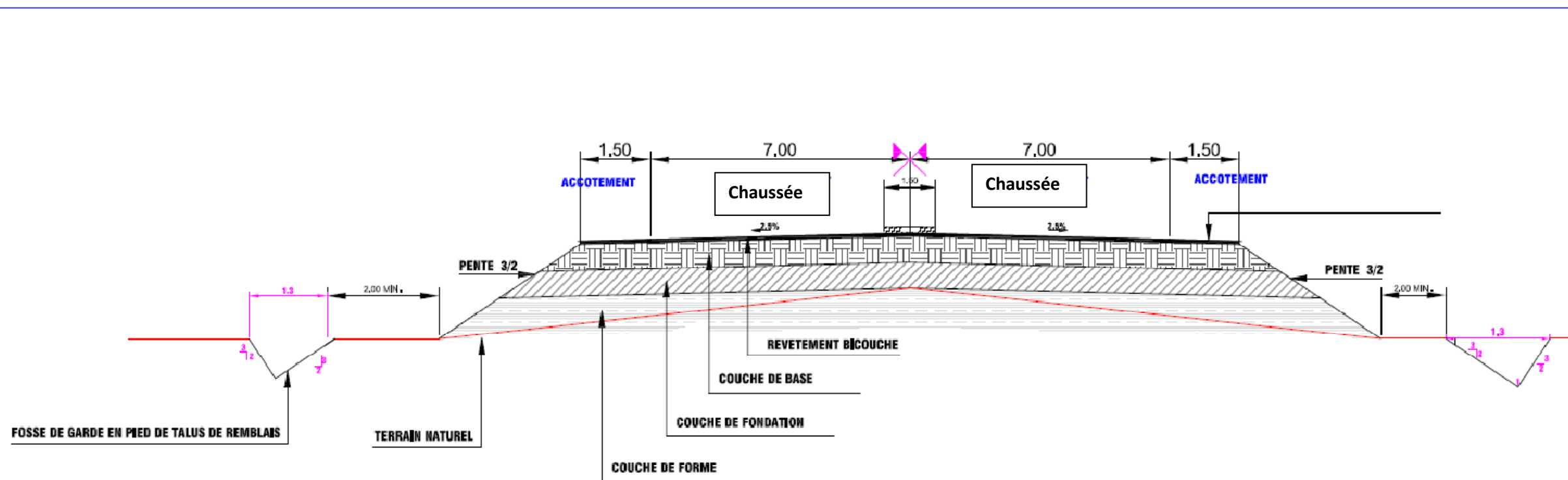
Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Travers type de déblai

Ech. horiz:

Date: 03/06/2013



PROFIL EN TRAVERS TYPE DE REMBLAI AVEC FOSSE TRIANGULAIRE NON MACONNE EN RASE CAMPAGNE

STRUCTURE DE LA CHAUSSEE		
TRONCON	EPAISSEUR	
	FONDATION	BASE
PK6+000 AU PK14+500	20CM	20CM



KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

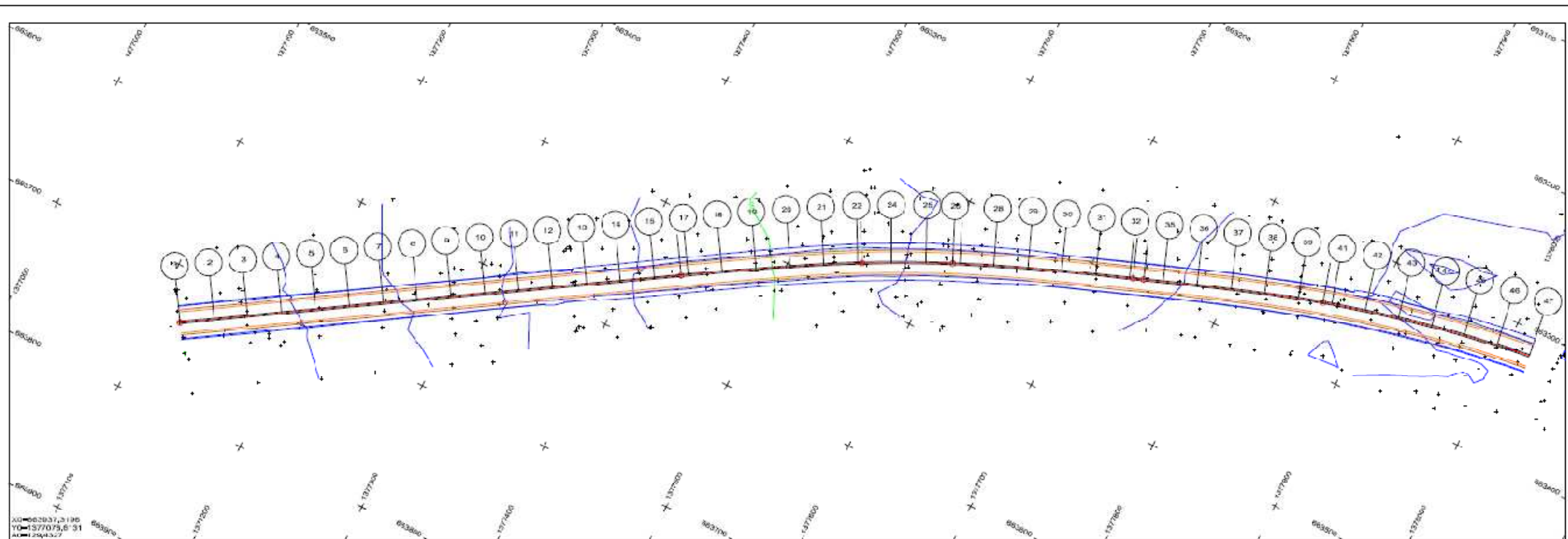
Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

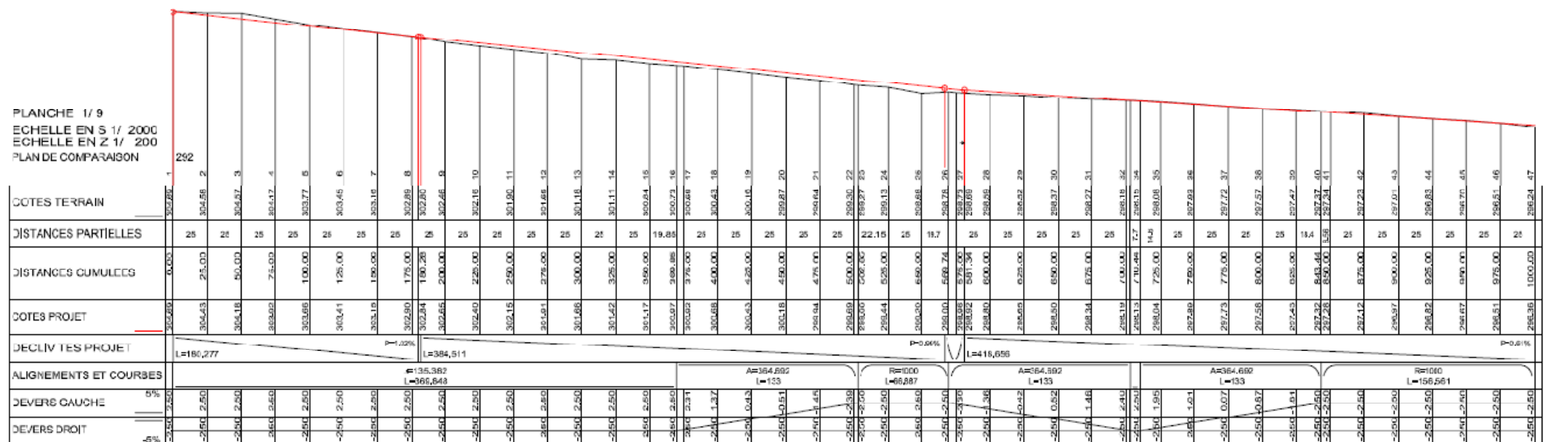
Travers type de remblai

Ech. horiz:

Date: 03/06/2013



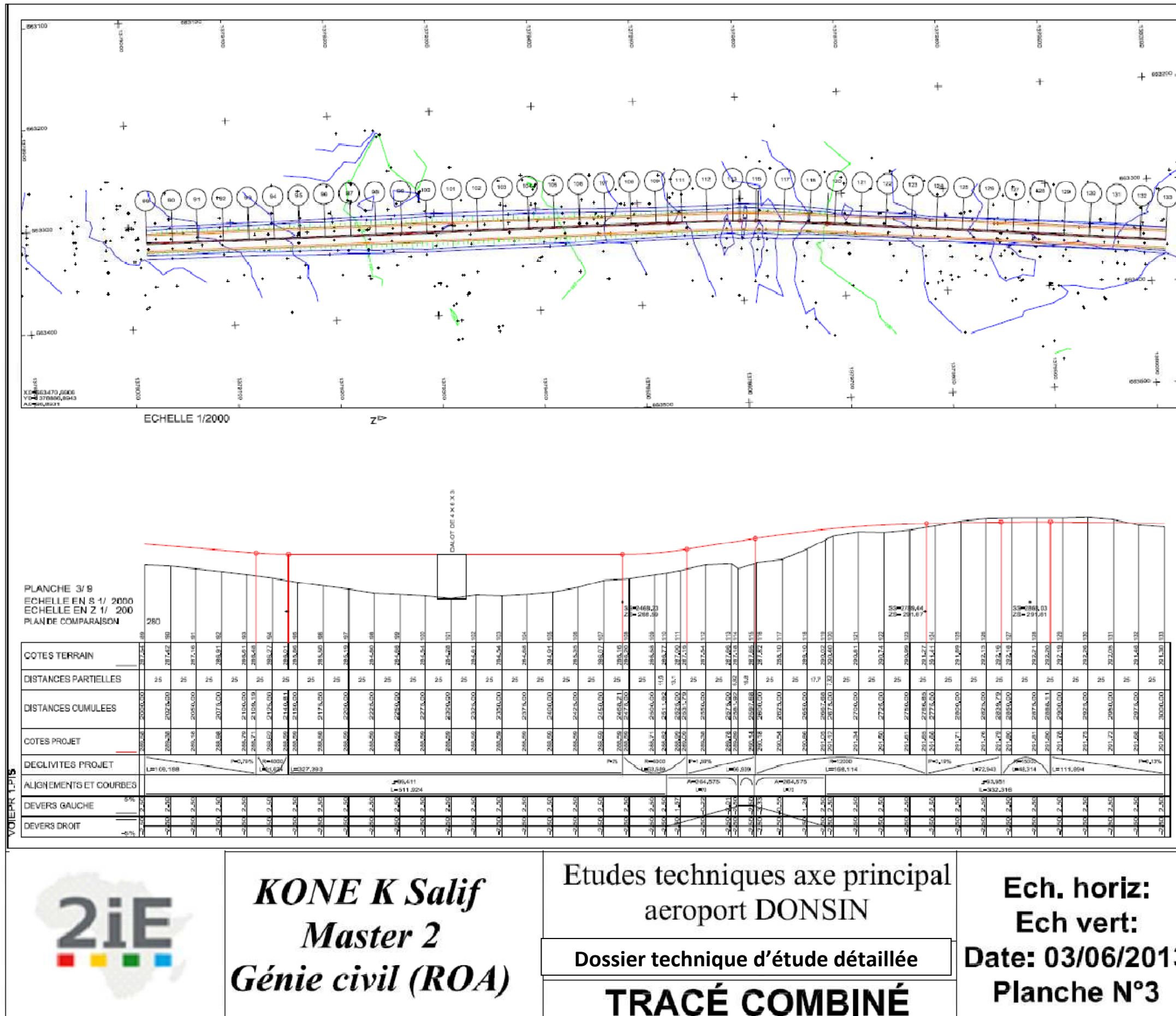
ECHELLE 1/2000

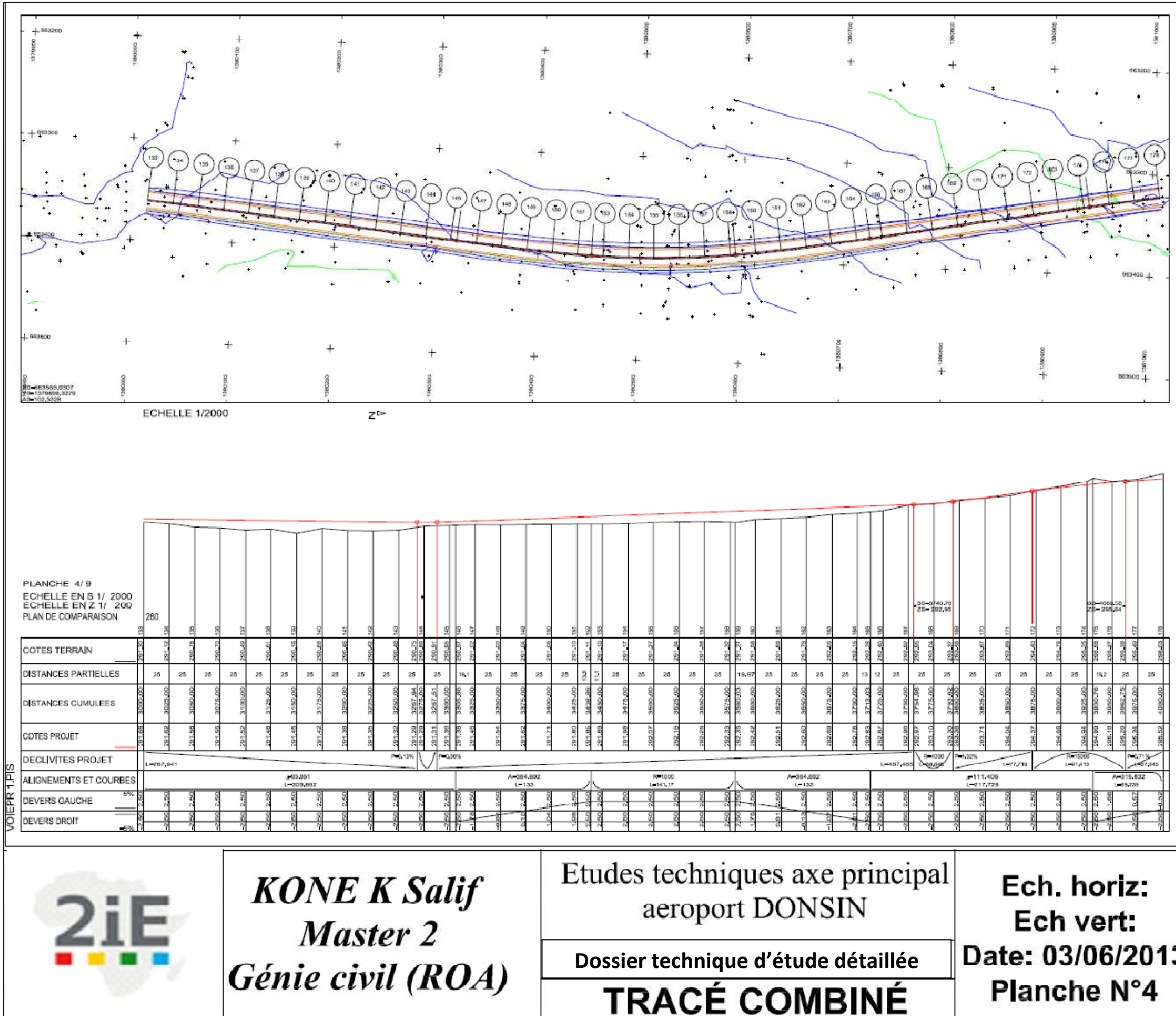


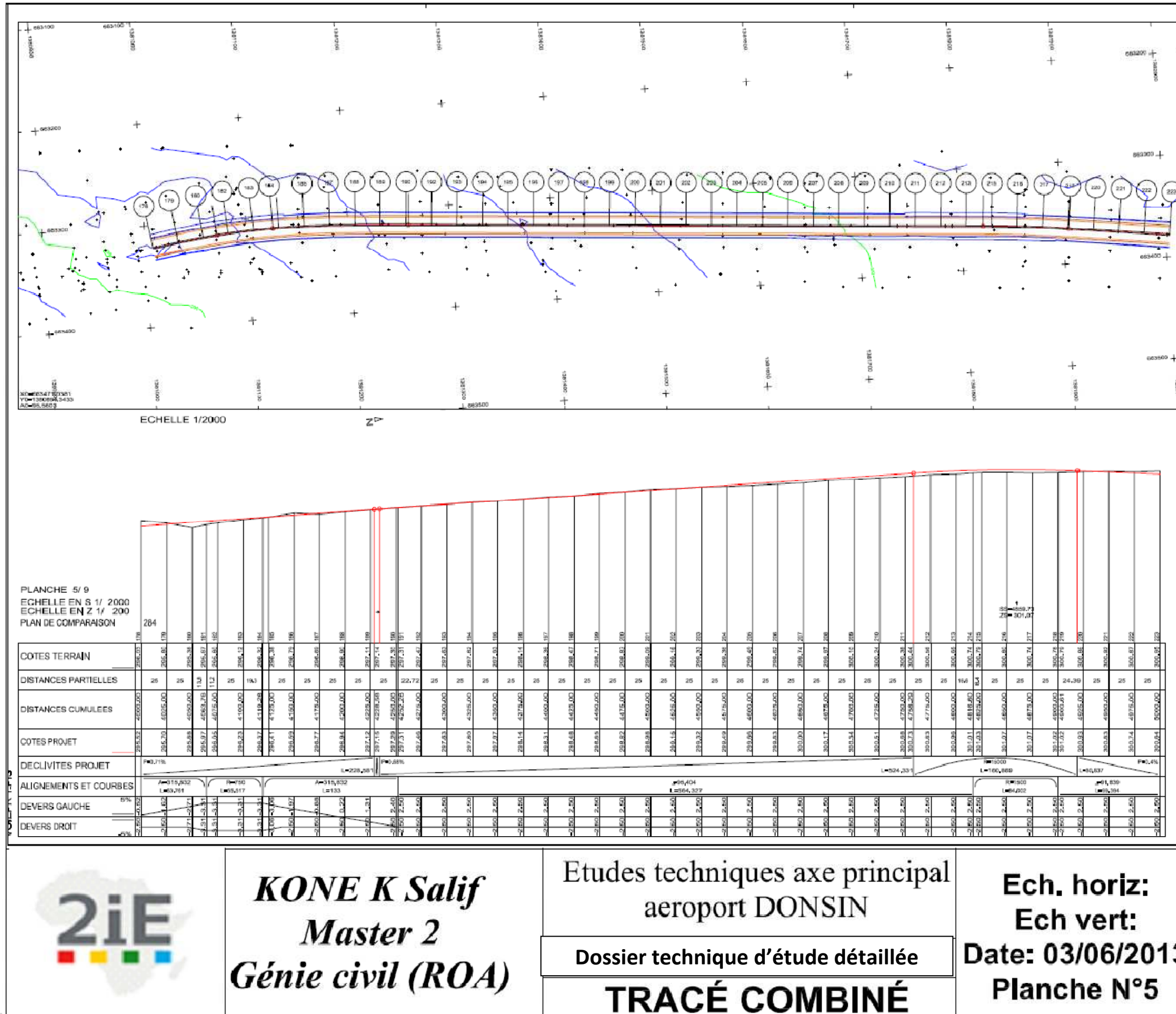
KONE K Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
 aéroport DONSin
 Dossier technique d'étude détaillée
TRACÉ COMBINÉ

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche N°1





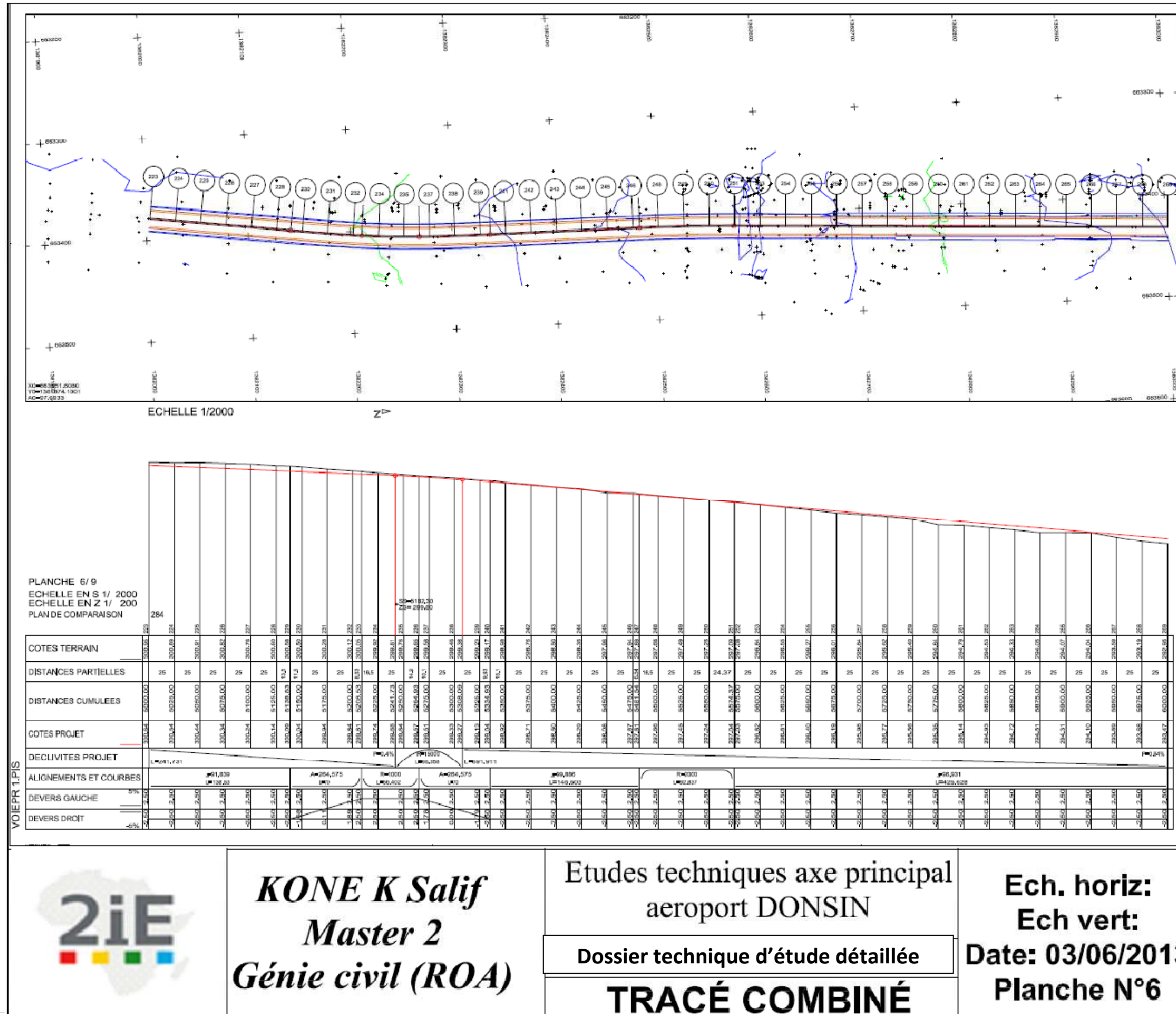


KONE K Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
 aeroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée
TRACÉ COMBINÉ

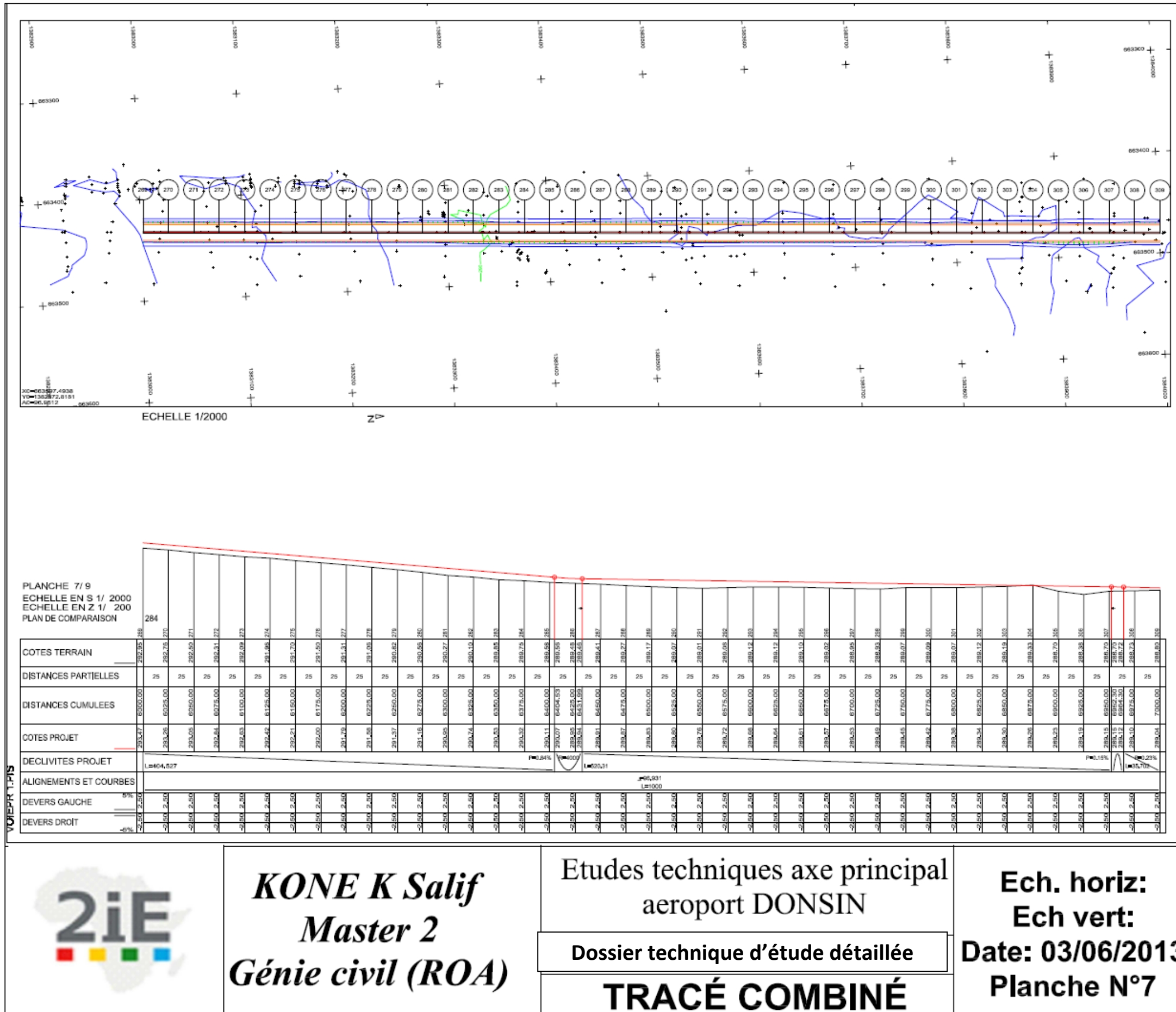
Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche N°5

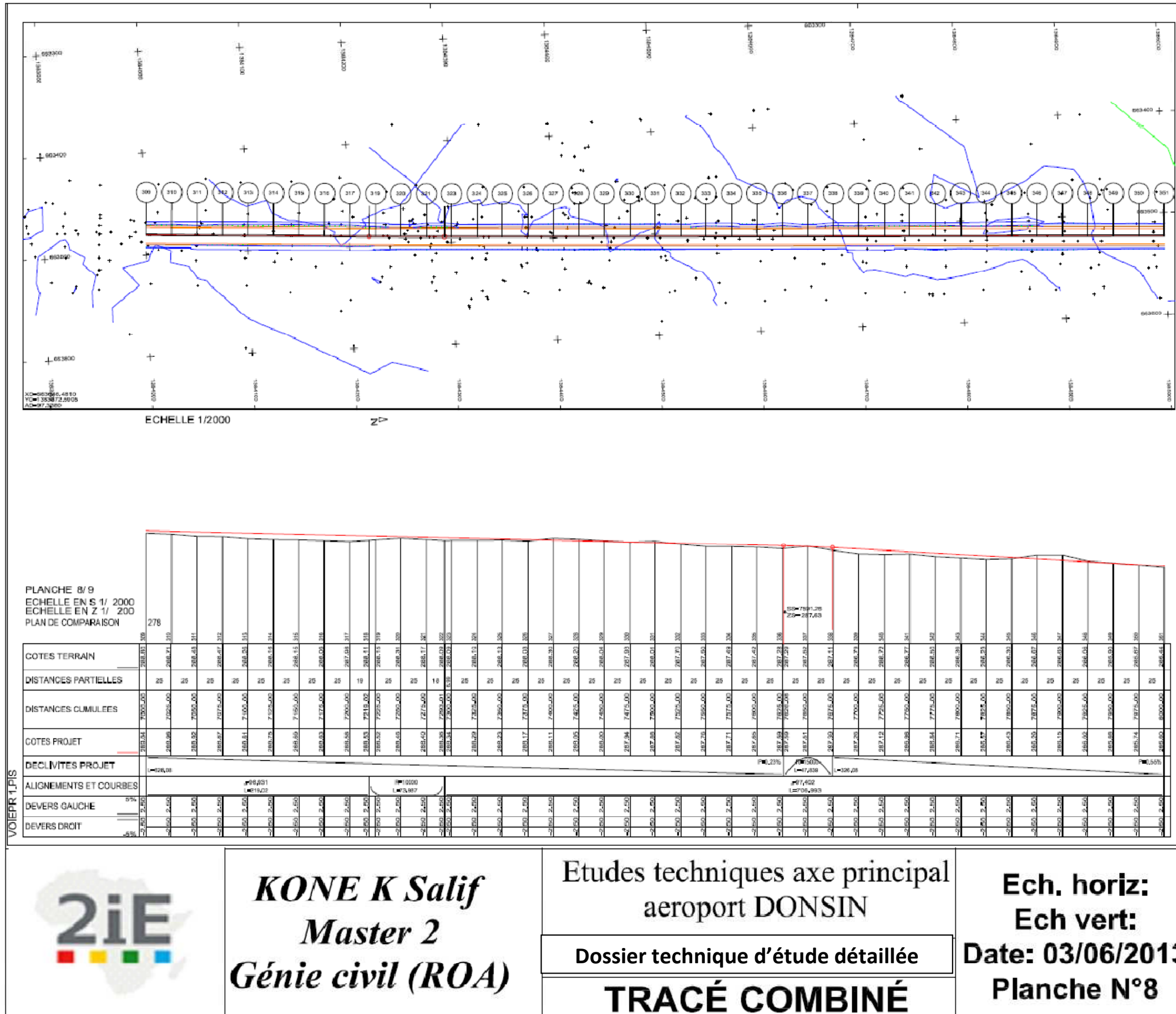


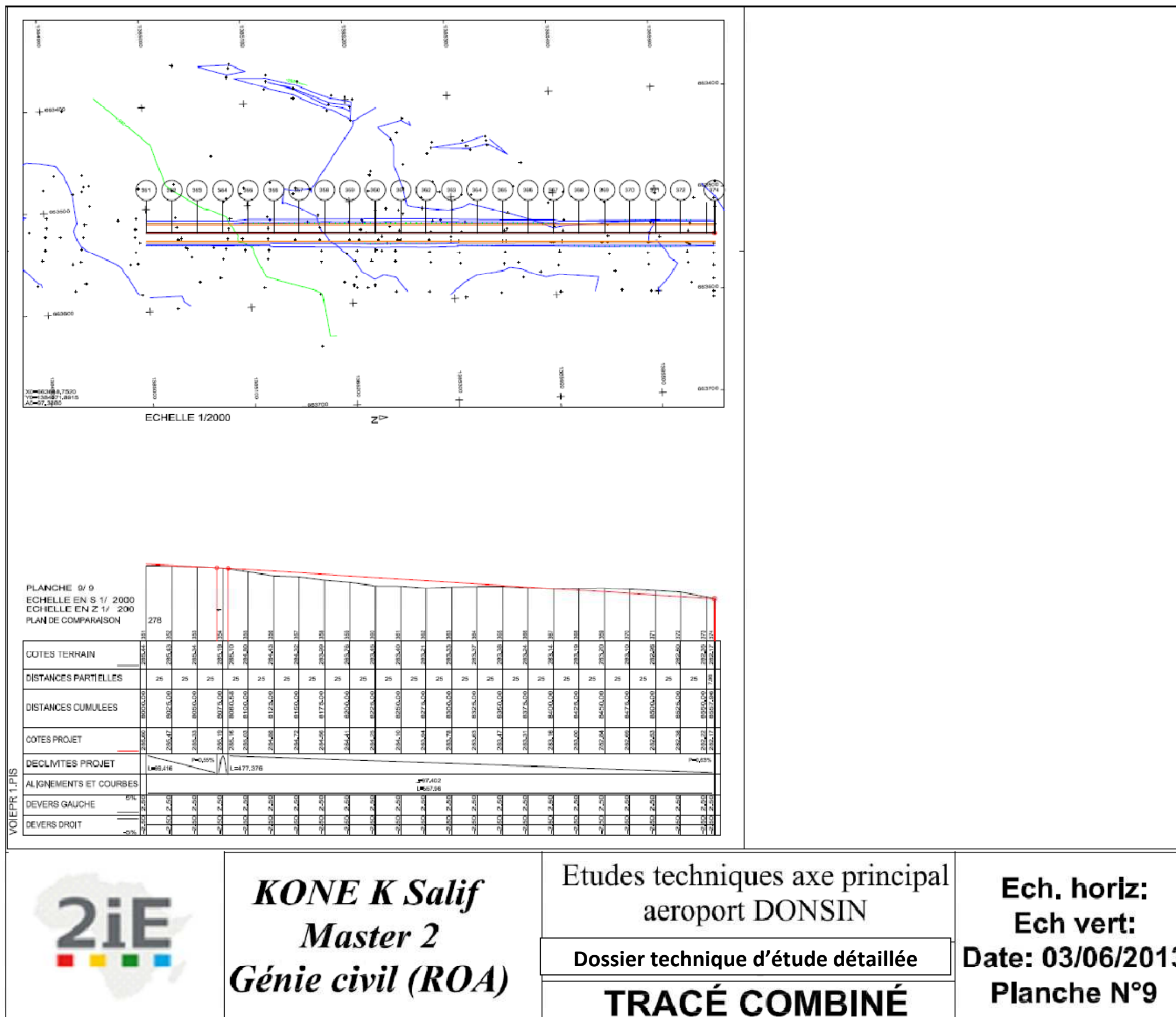
KONE K Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
 aéroport DON SIN
 Dossier technique d'étude détaillée
TRACÉ COMBINÉ

Ech. horiz:
 Ech vert:
 Date: 03/06/2013
 Planche N°6





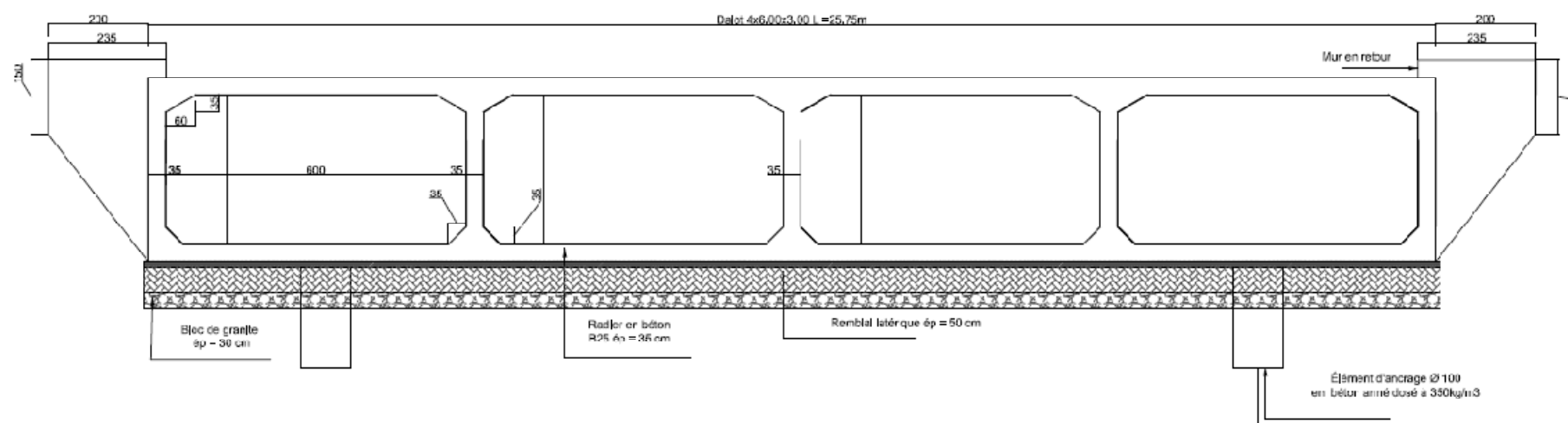


KONE K Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

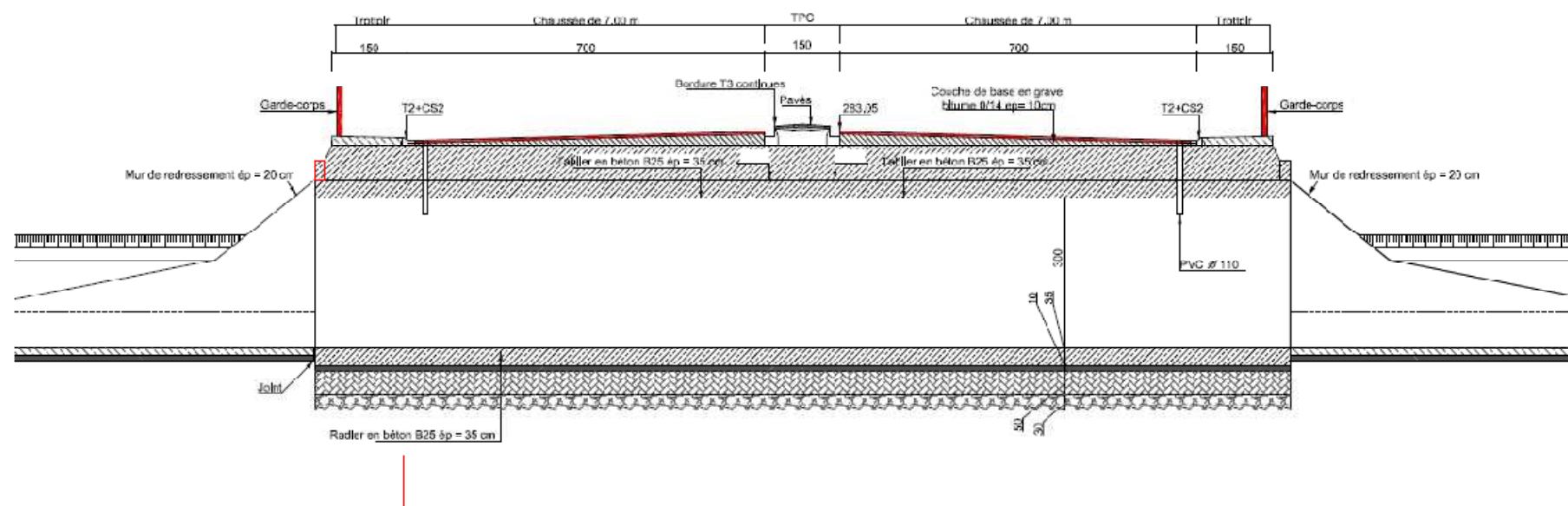
Etudes techniques axe principal
 aeroport DONSIN
 Dossier technique d'étude détaillée
TRACÉ COMBINÉ

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche N°9

Annexe 6-A2 : Les plans de coffrage et de ferrailage.



COUPE LONGITUDINALE



COUPE TRANSVERSALE



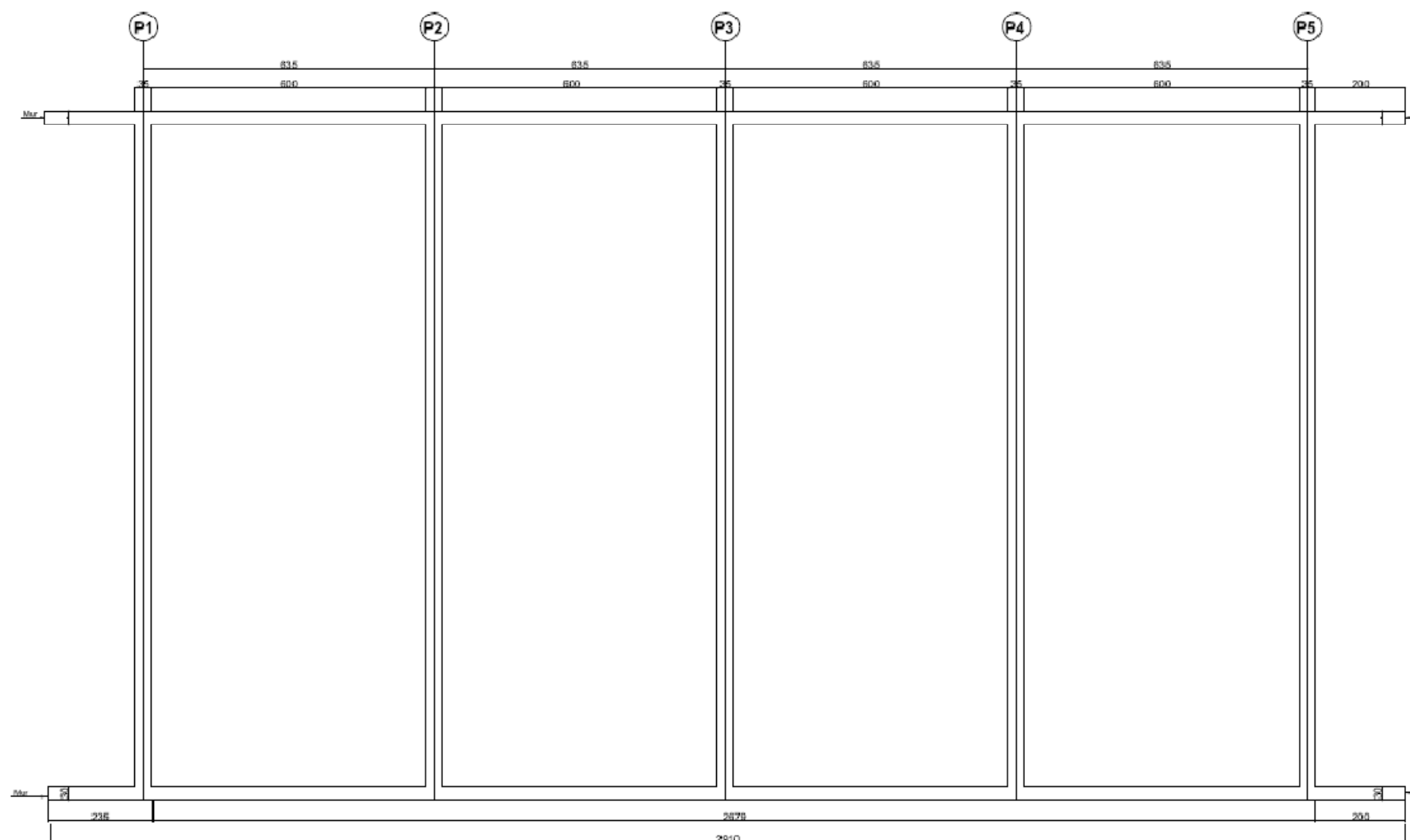
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan de coffrage

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Coupe Dalot



DALOT EN BÉTON ARMÉ
DE 4x6.00x3.00 L. =25.75m



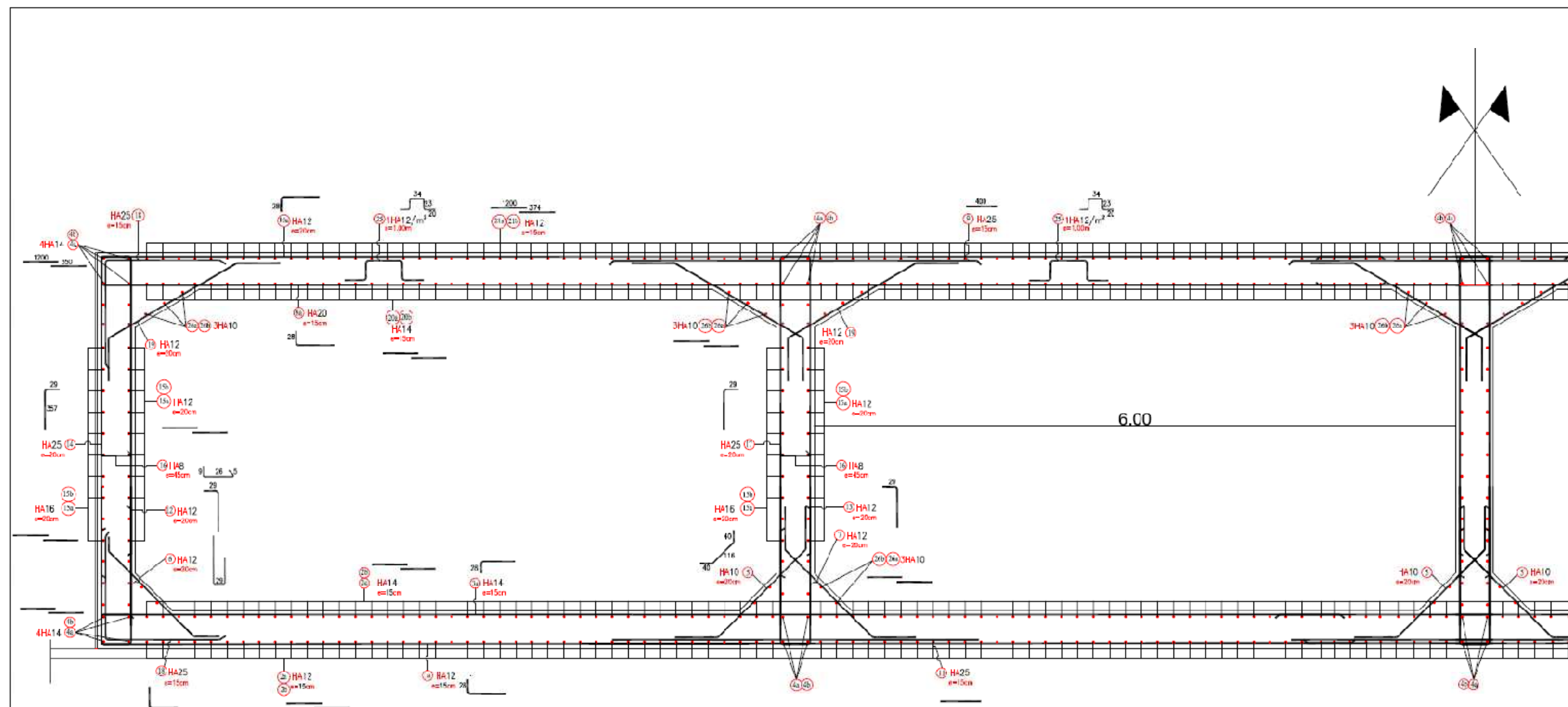
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan de coffrage

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Vue plan Dalot



Coupe longitudinale
Dalot 4x6.00x3.00 L =25.75m



KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

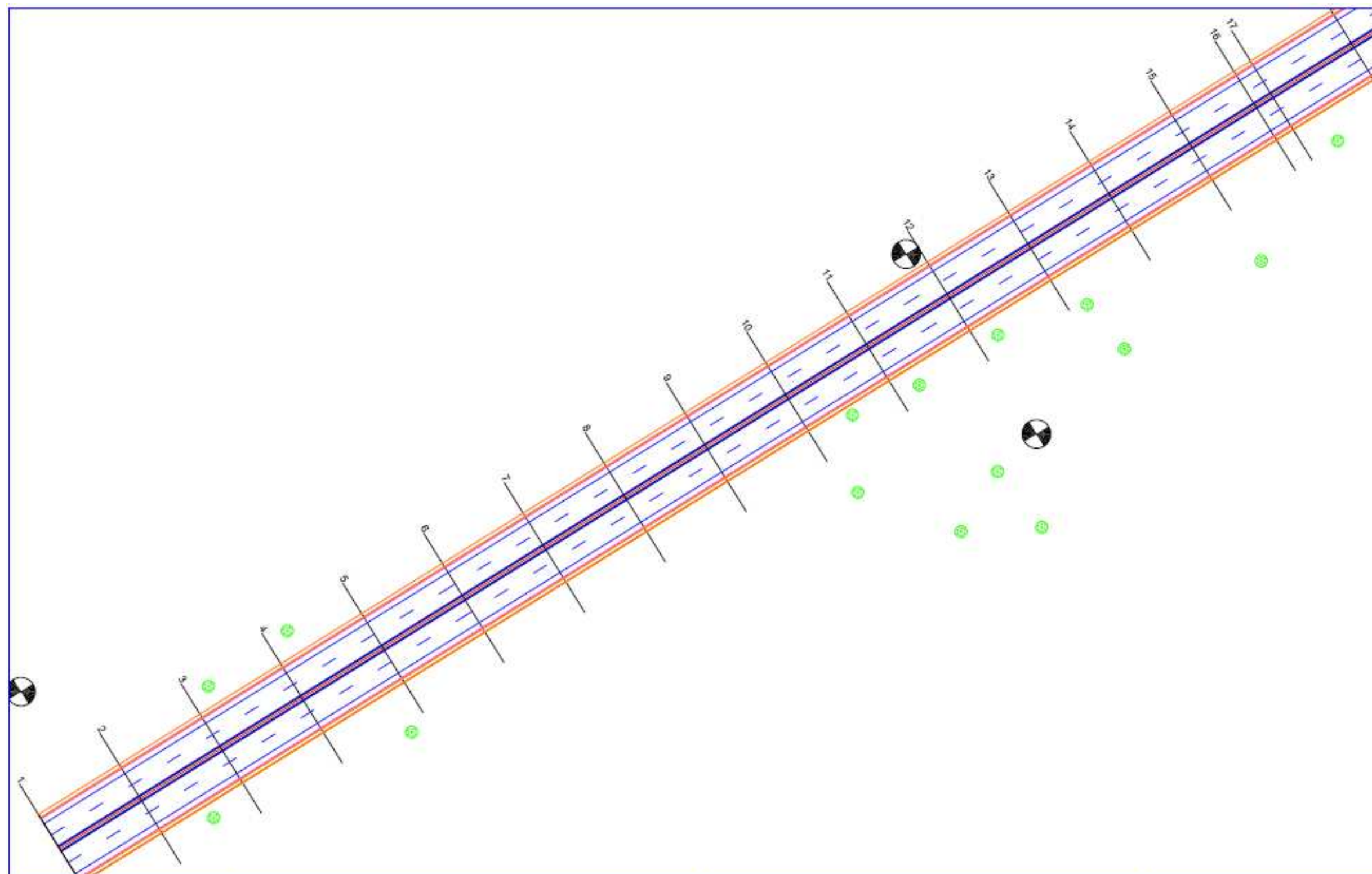
Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

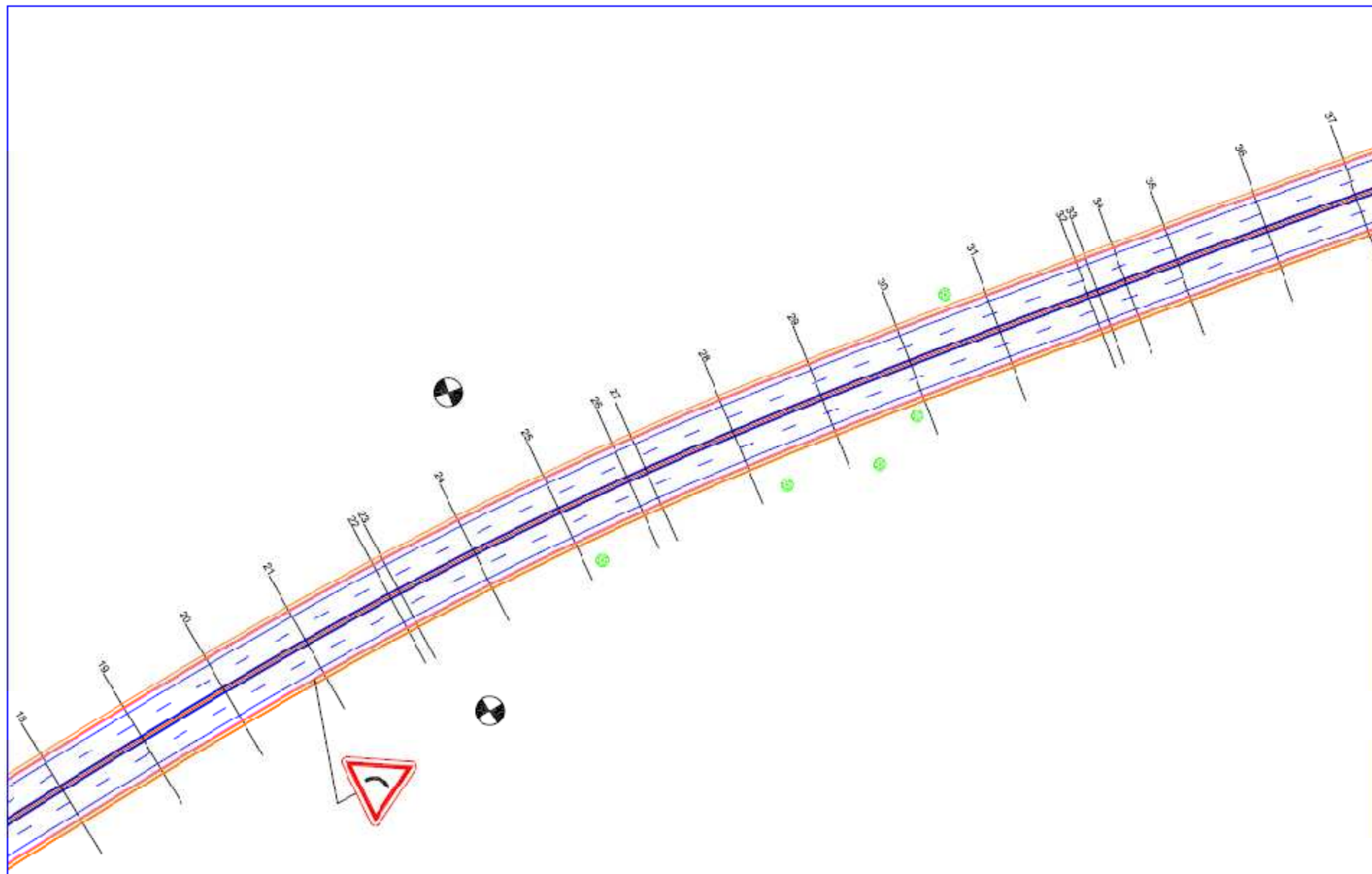
Plan de ferrailage


Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Dalot

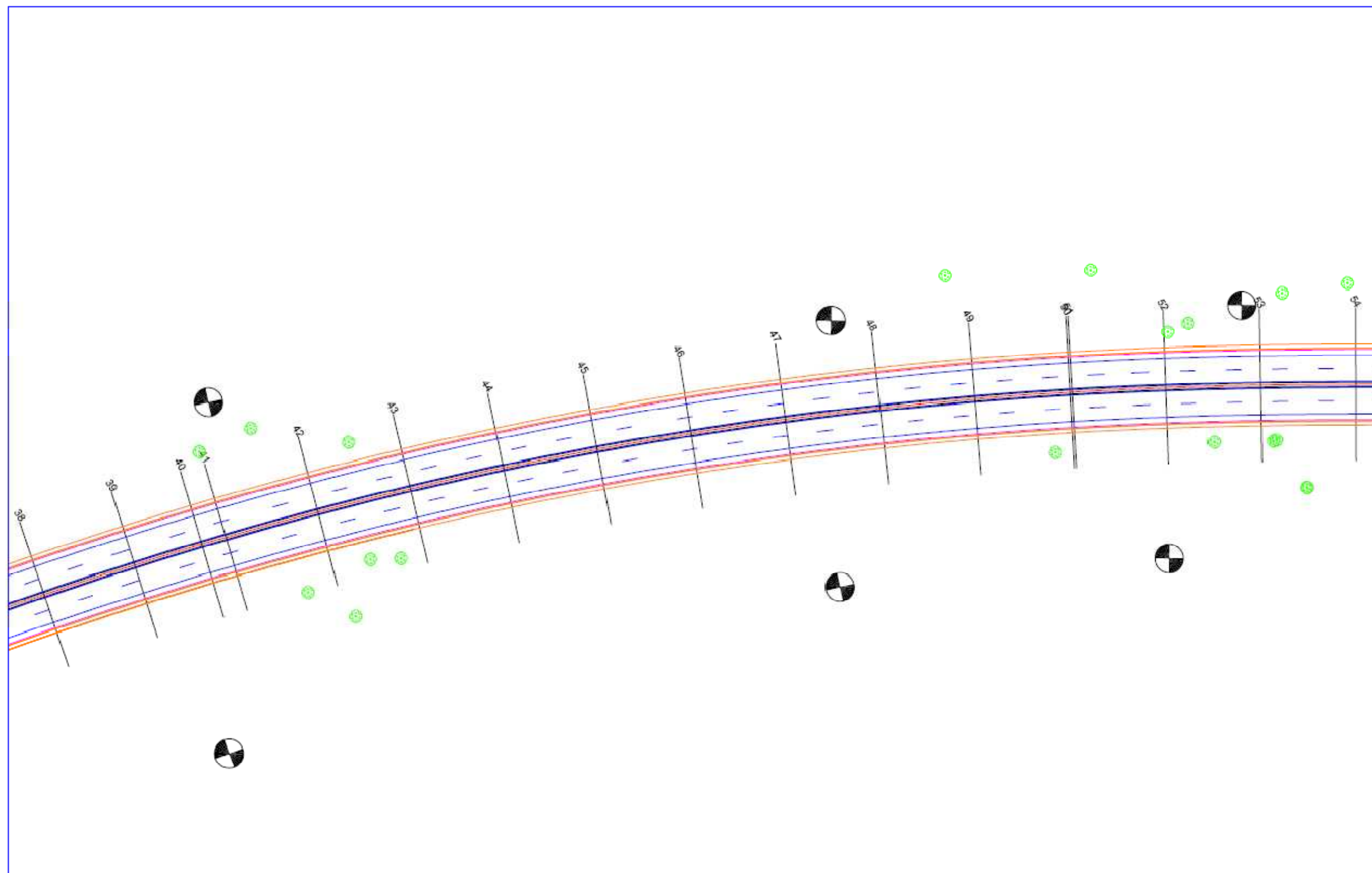
Annexe 6-A2 : Les plans d'aménagement du tracé routier.



	<i>KONE Kossivi Salif</i> <i>Master 2</i> <i>Génie civil (ROA)</i>	Etudes techniques axe principal aéroport DONSIN	Ech. horlz: Ech vert: Date: 03/06/2013 Planche 1
		Dossier technique d'étude détaillée	
		Plan d'aménagement	



	<i>KONE Kossivi Salif</i> <i>Master 2</i> <i>Génie civil (ROA)</i>	Etudes techniques axe principal aéroport DONSIN	Ech. horlz: Ech vert: Date: 03/06/2013 Planche 2
		Dossier technique d'étude détaillée	
		Plan d'aménagement	



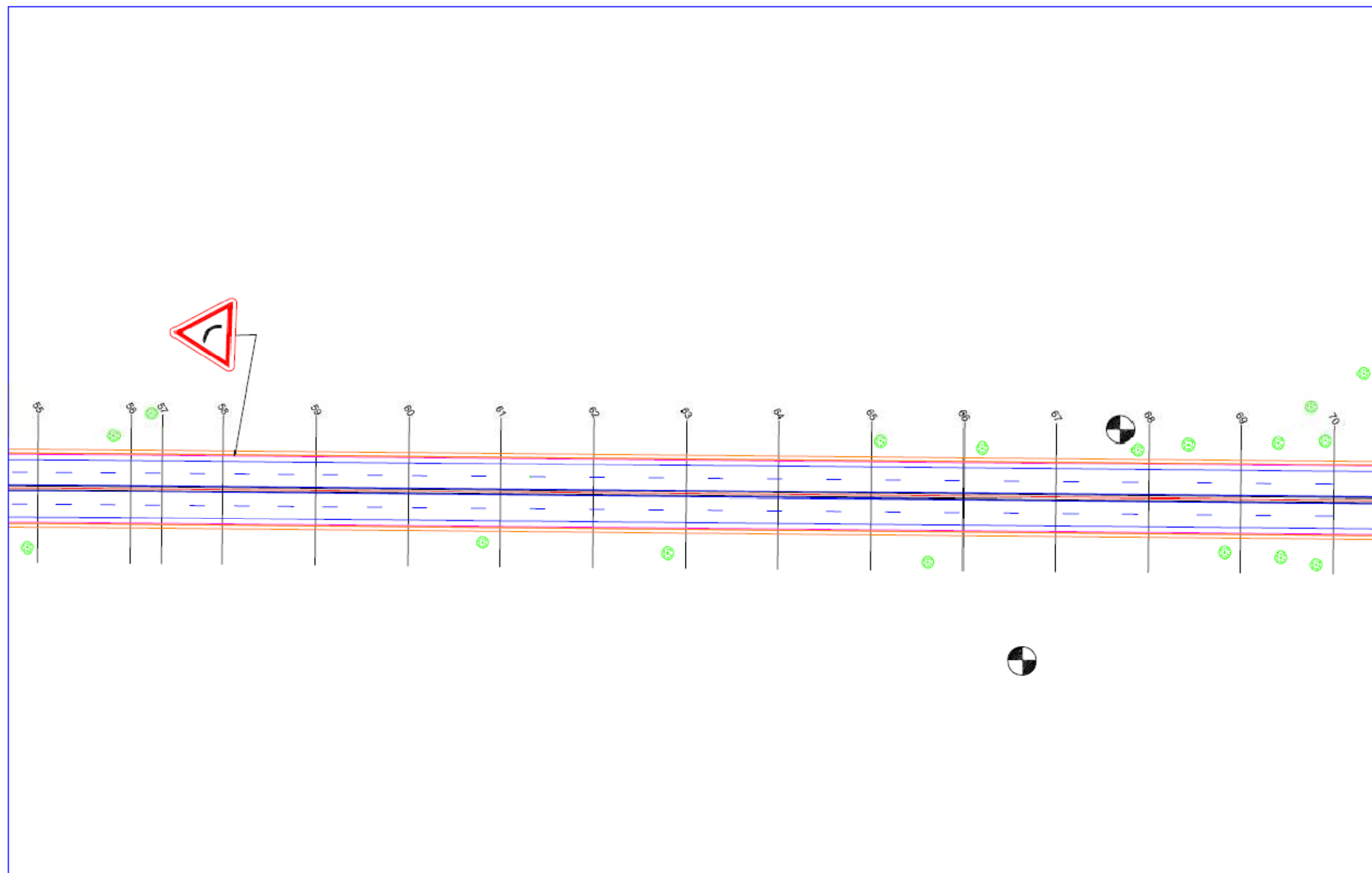
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)


Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

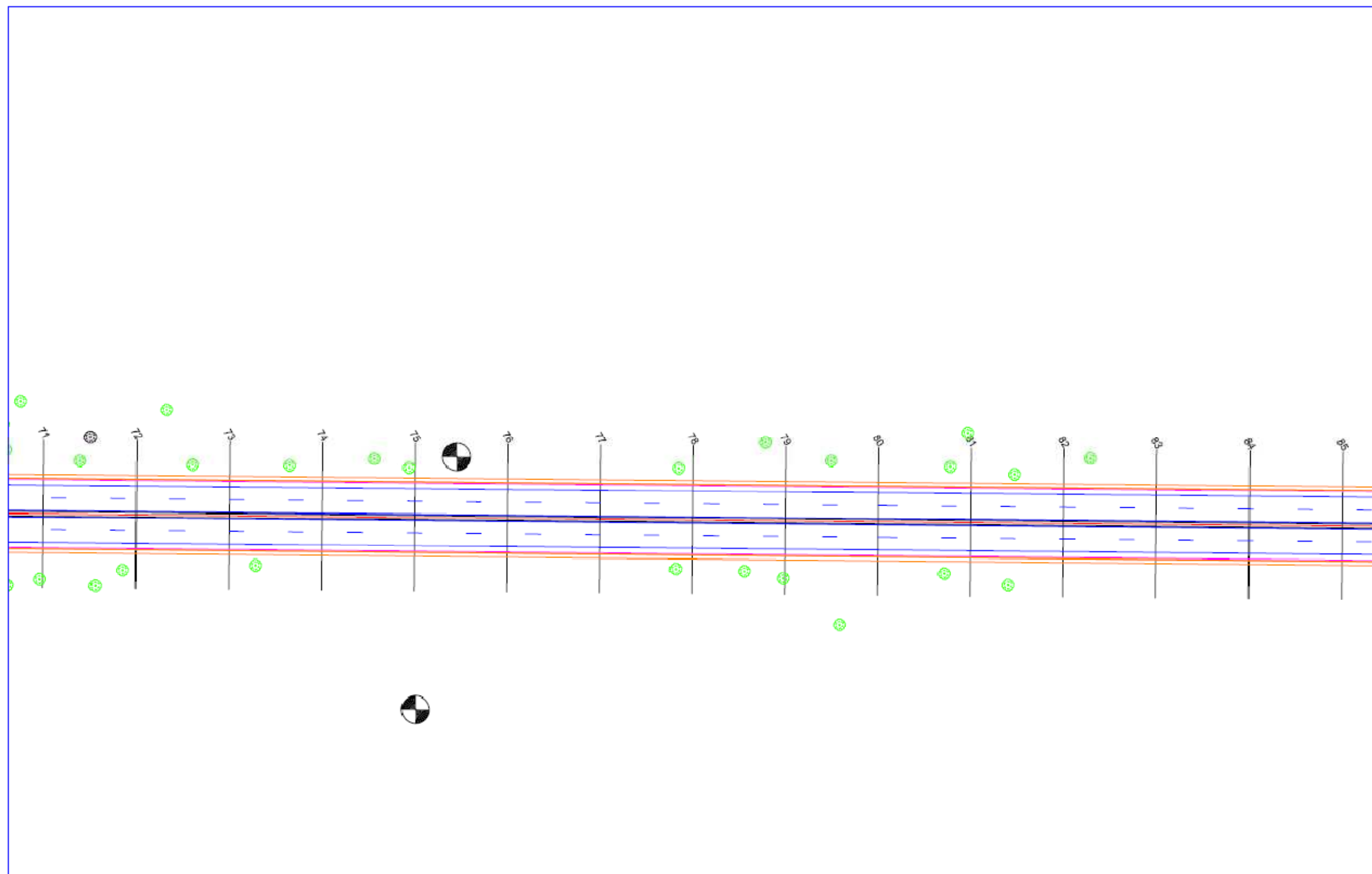
Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 3



	<i>KONE Kossivi Salif</i> <i>Master 2</i> <i>Génie civil (ROA)</i>	Etudes techniques axe principal aéroport DONSIN	Ech. horiz: Ech vert: Date: 03/06/2013 Planche 4
		Dossier technique d'étude détaillée	
		Plan d'aménagement	



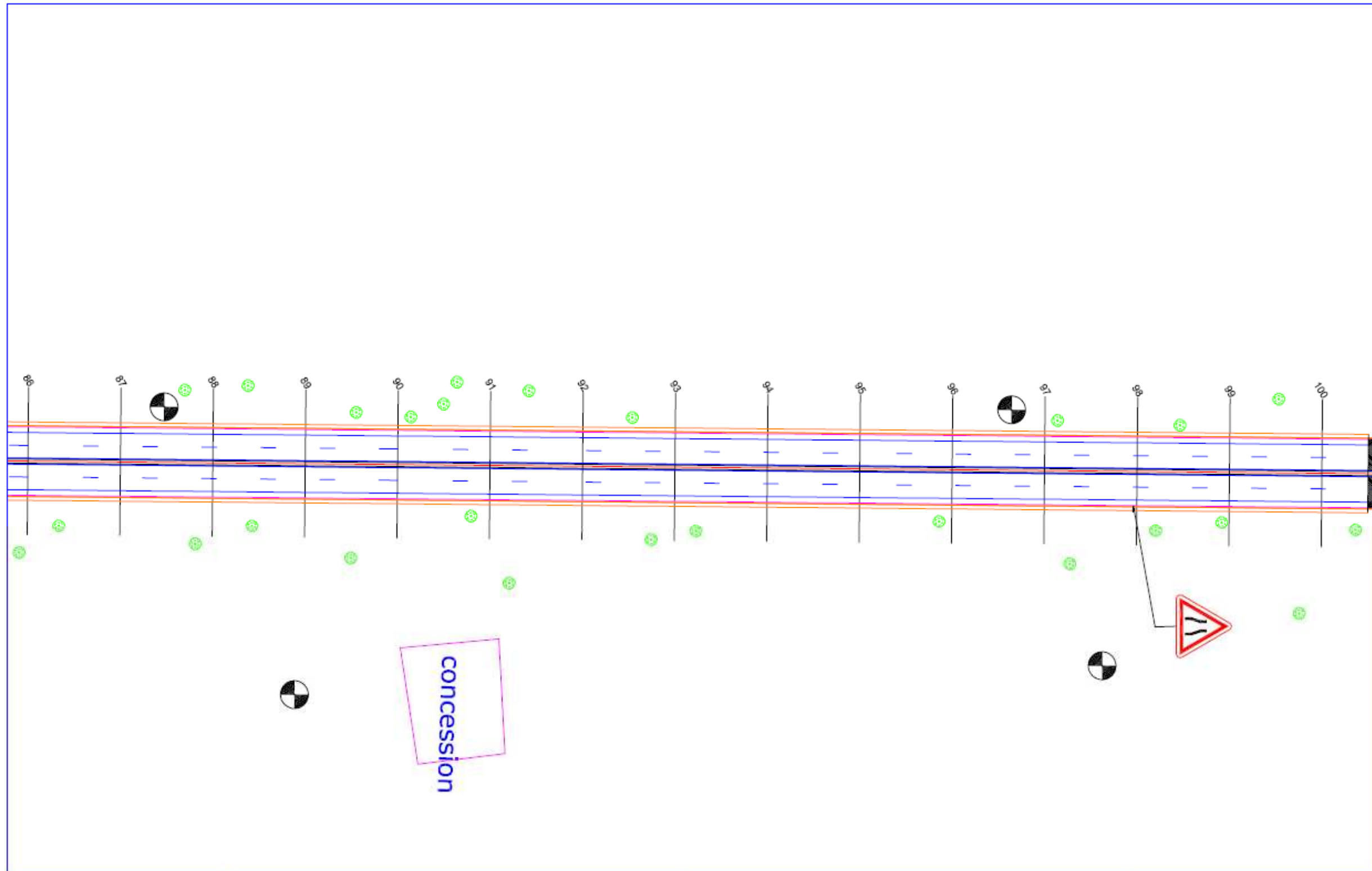
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)


Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

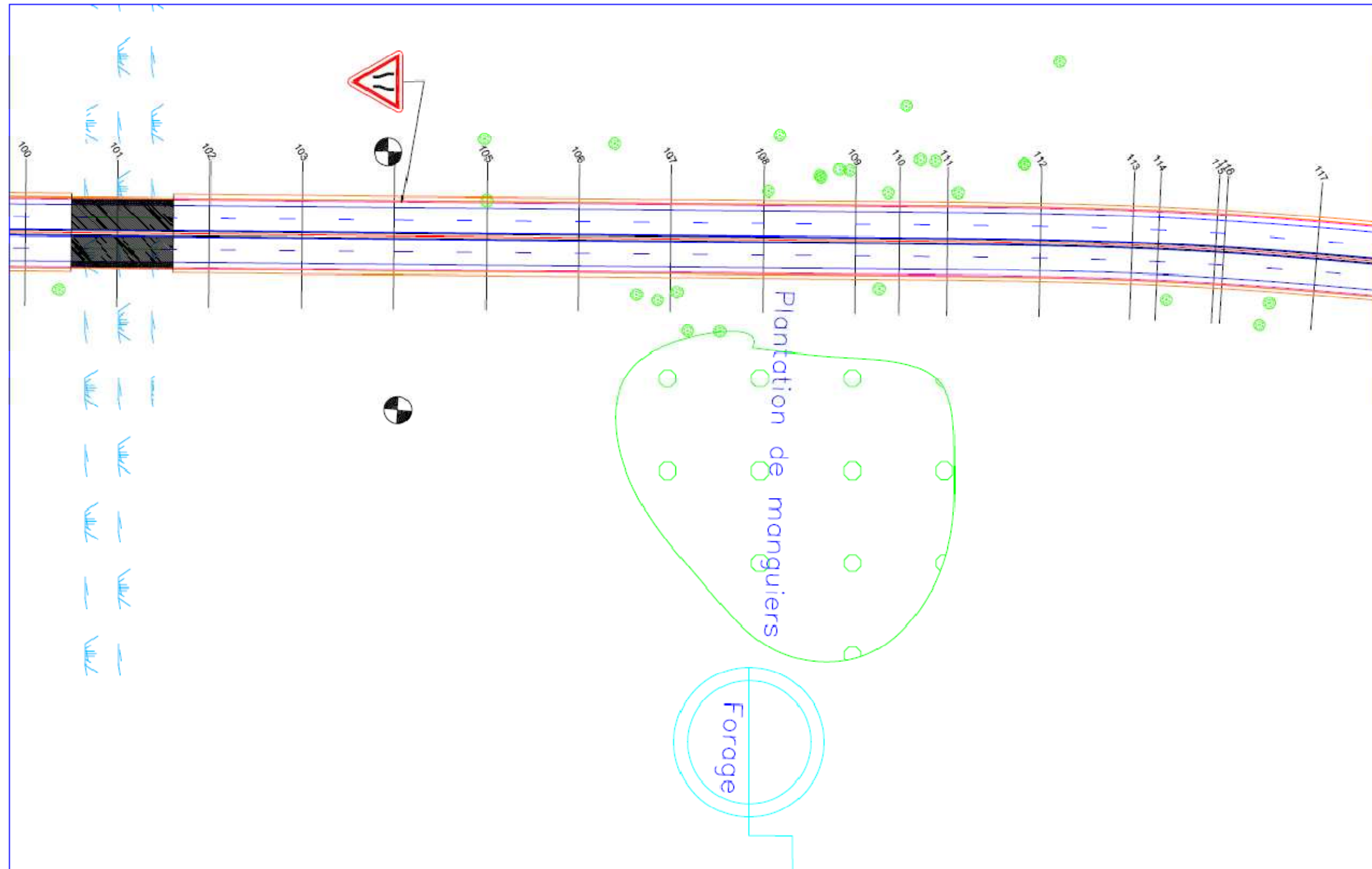
Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 5



	<i>KONE Kossivi Salif</i> <i>Master 2</i> <i>Génie civil (ROA)</i>	Etudes techniques axe principal aéroport DONSIN	Ech. horiz: Ech vert: Date: 03/06/2013 Planche 6
		Dossier technique d'étude détaillée Plan d'aménagement	



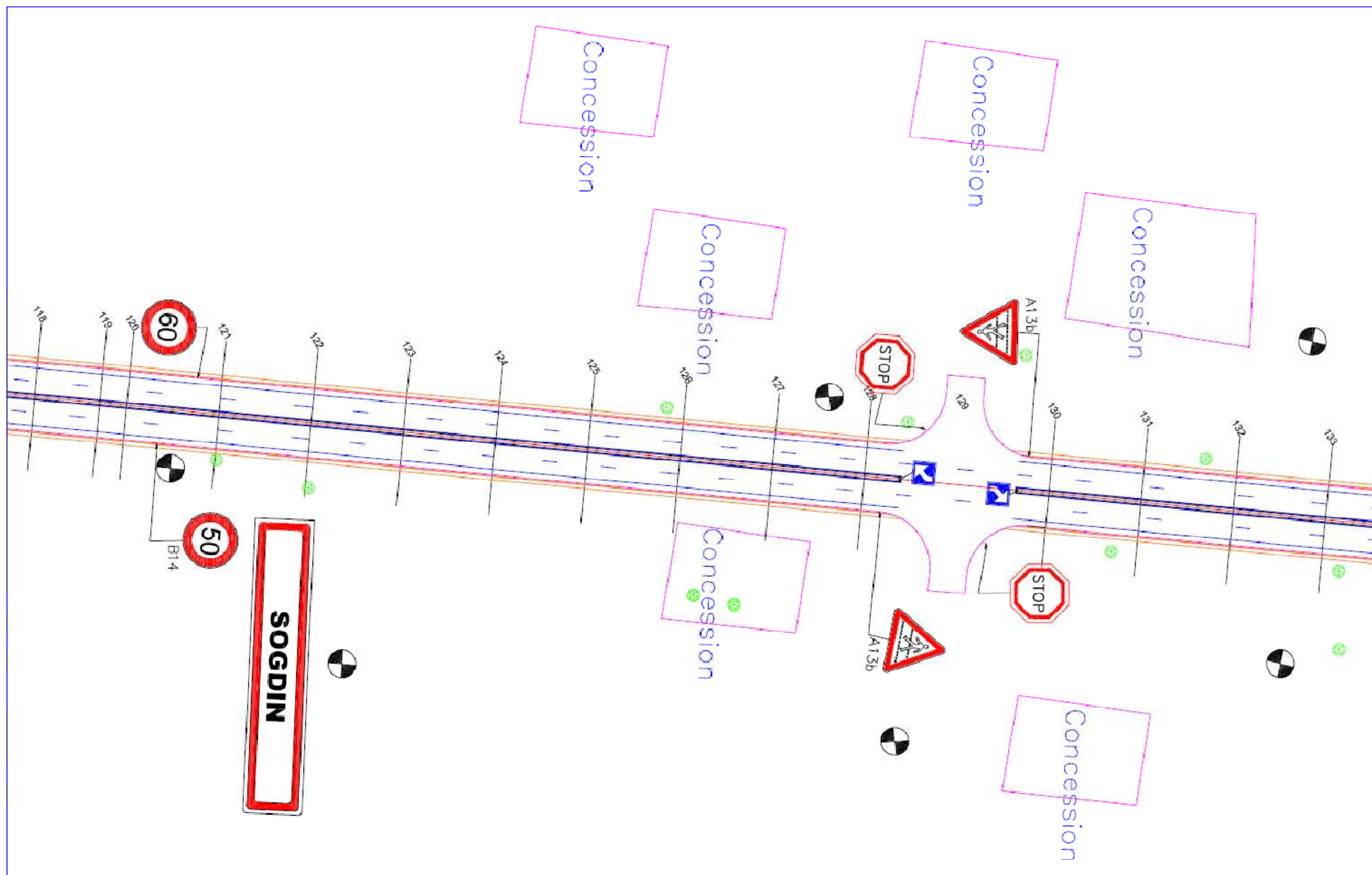
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 7



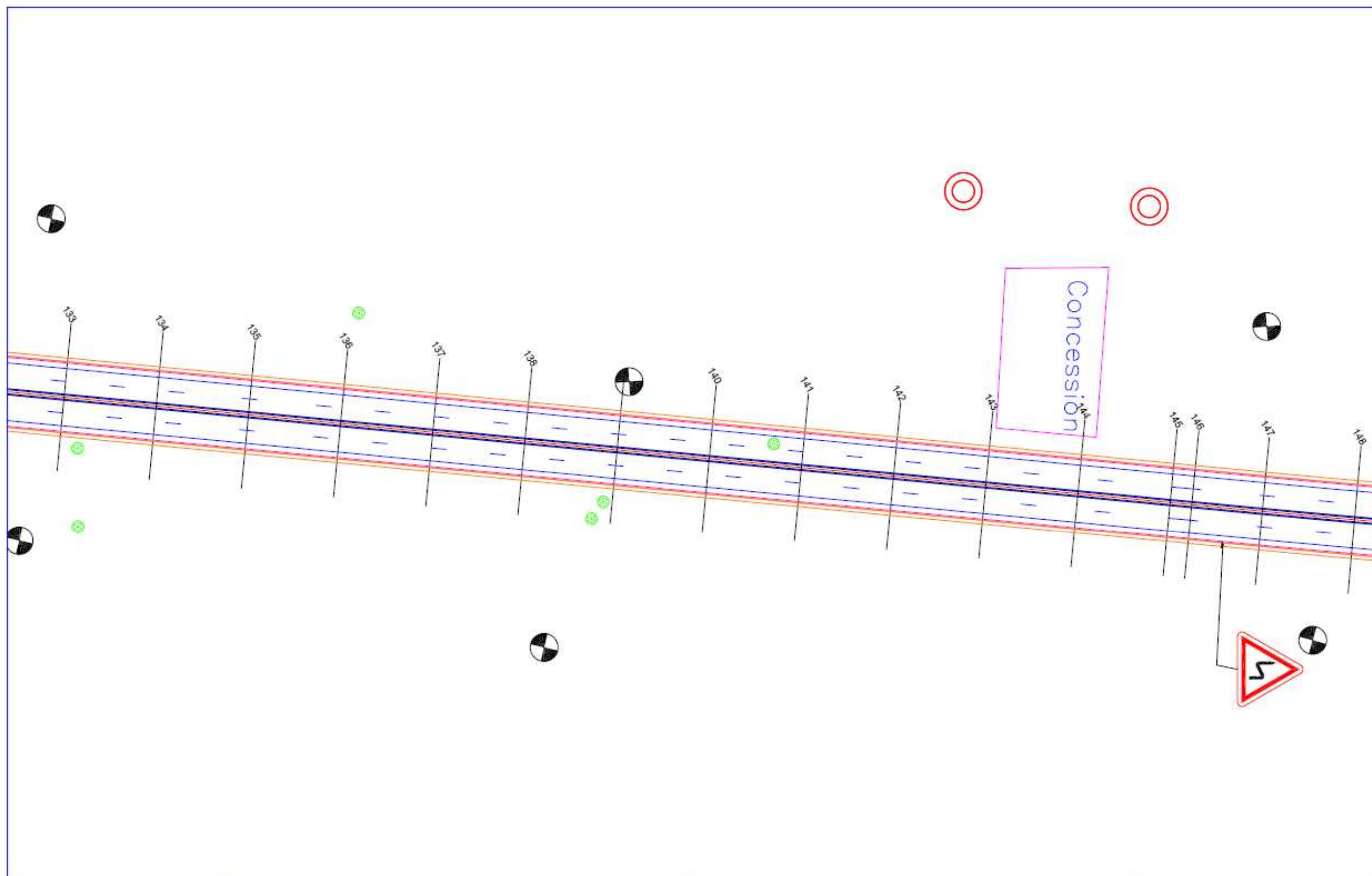
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)


Etudes techniques axe principal
 aéroport DONSIN

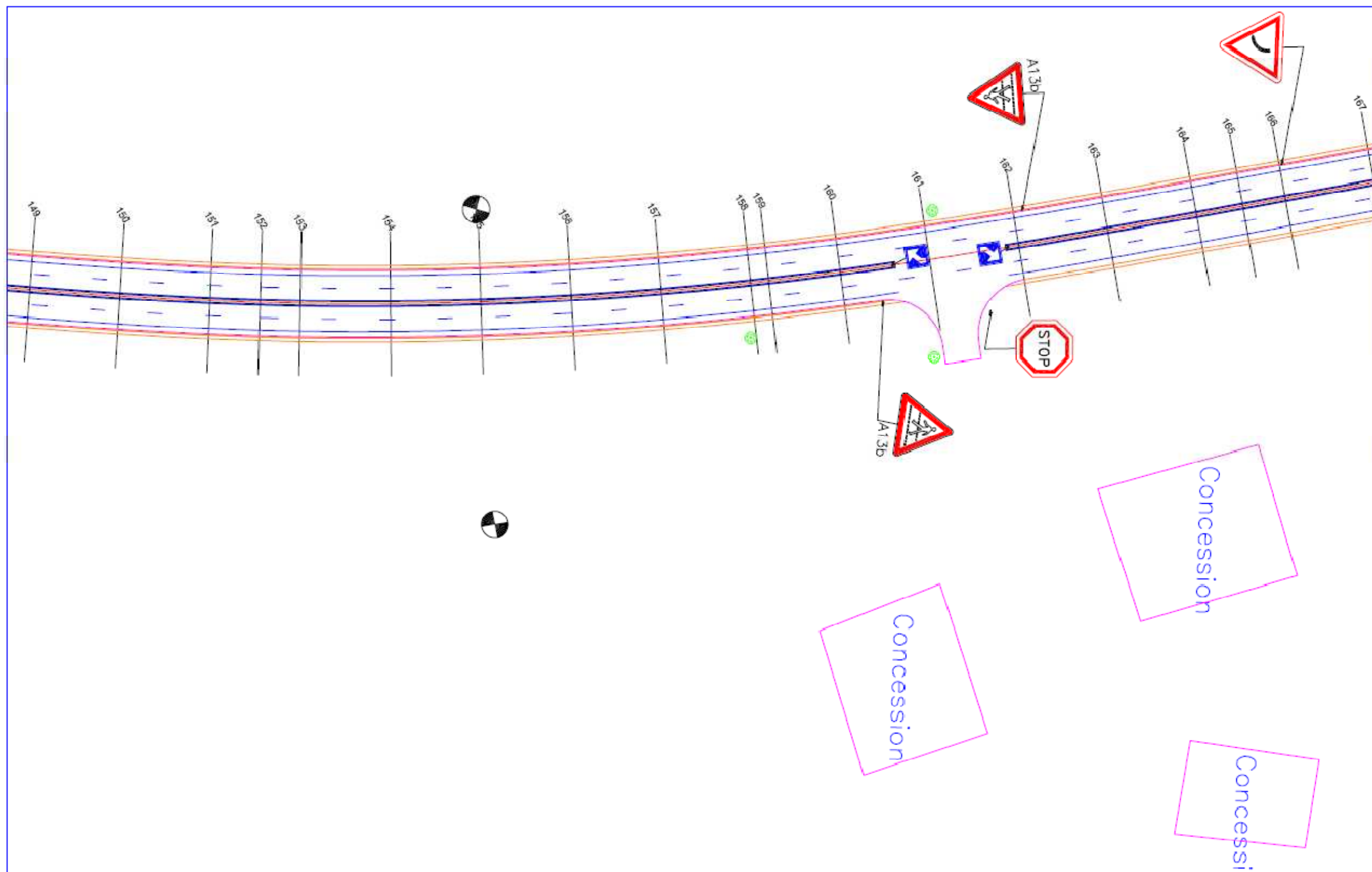
Dossier technique d'étude détaillée


Plan d'aménagement

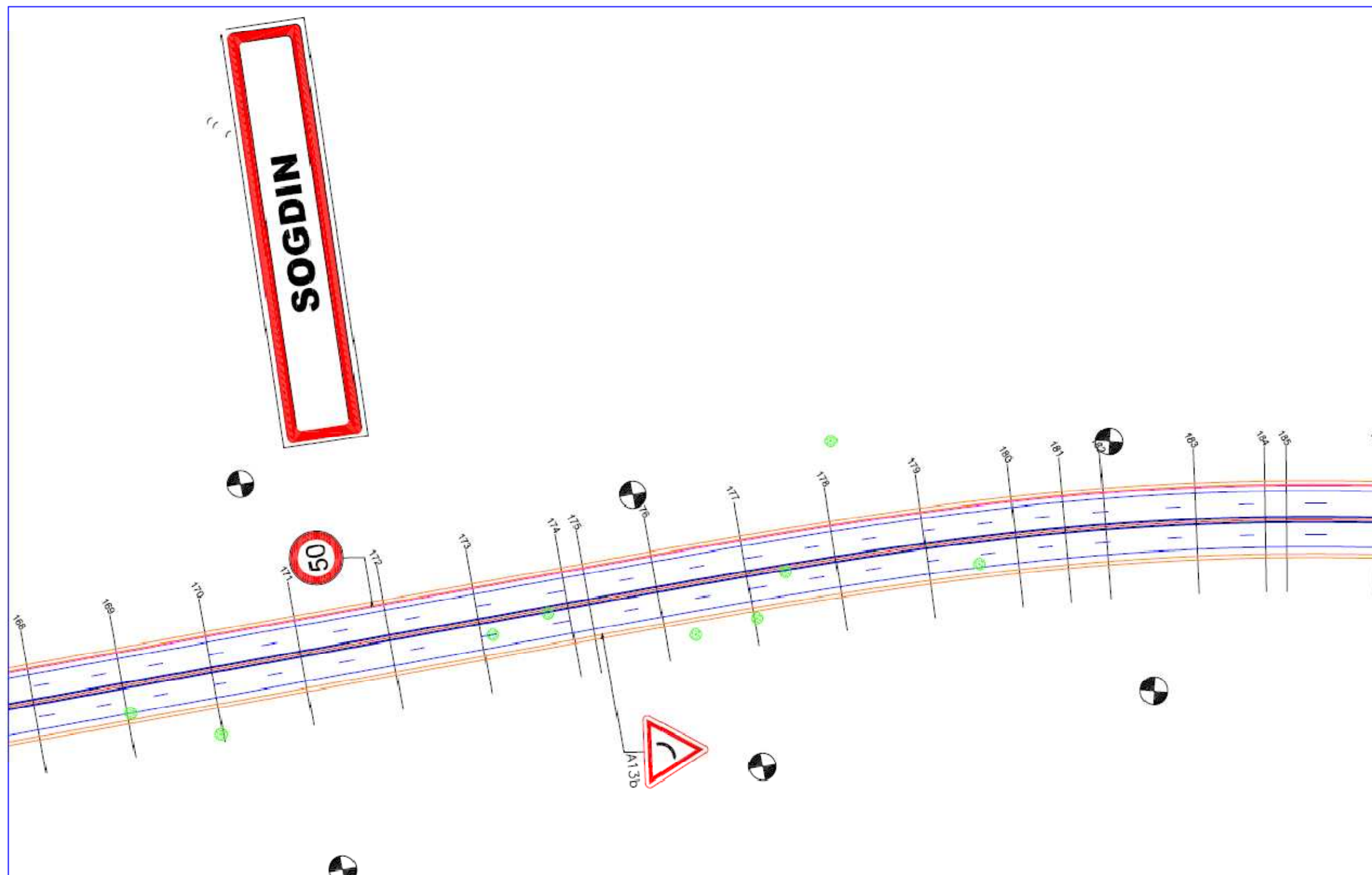
Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 8



	<i>KONE Kossivi Salif</i> <i>Master 2</i> <i>Génie civil (ROA)</i>	Etudes techniques axe principal aéroport DONSIN	Ech. horiz: Ech vert: Date: 03/06/2013 Planche 9
		Dossier technique d'étude détaillée	
		Plan d'aménagement	



	<p><i>KONE Kossivi Salif</i> <i>Master 2</i> <i>Génie civil (ROA)</i></p>	<p>Etudes techniques axe principal aéroport DONSIN</p>	<p>Ech. horiz: Ech vert: Date: 03/06/2013 Planche 10</p>
		<p>Dossier technique d'étude détaillée</p>	
		<p>Plan d'aménagement</p>	



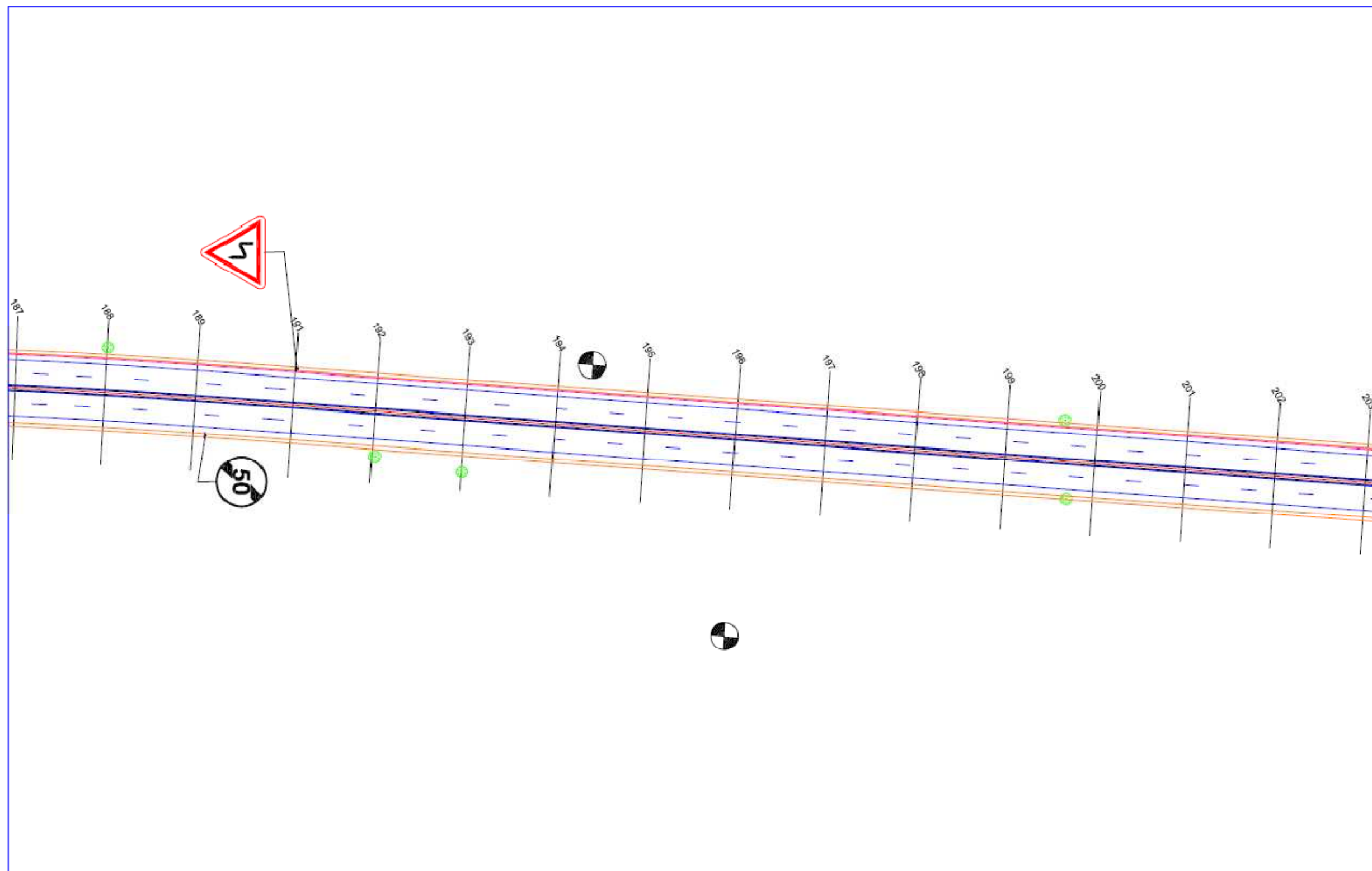
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 11



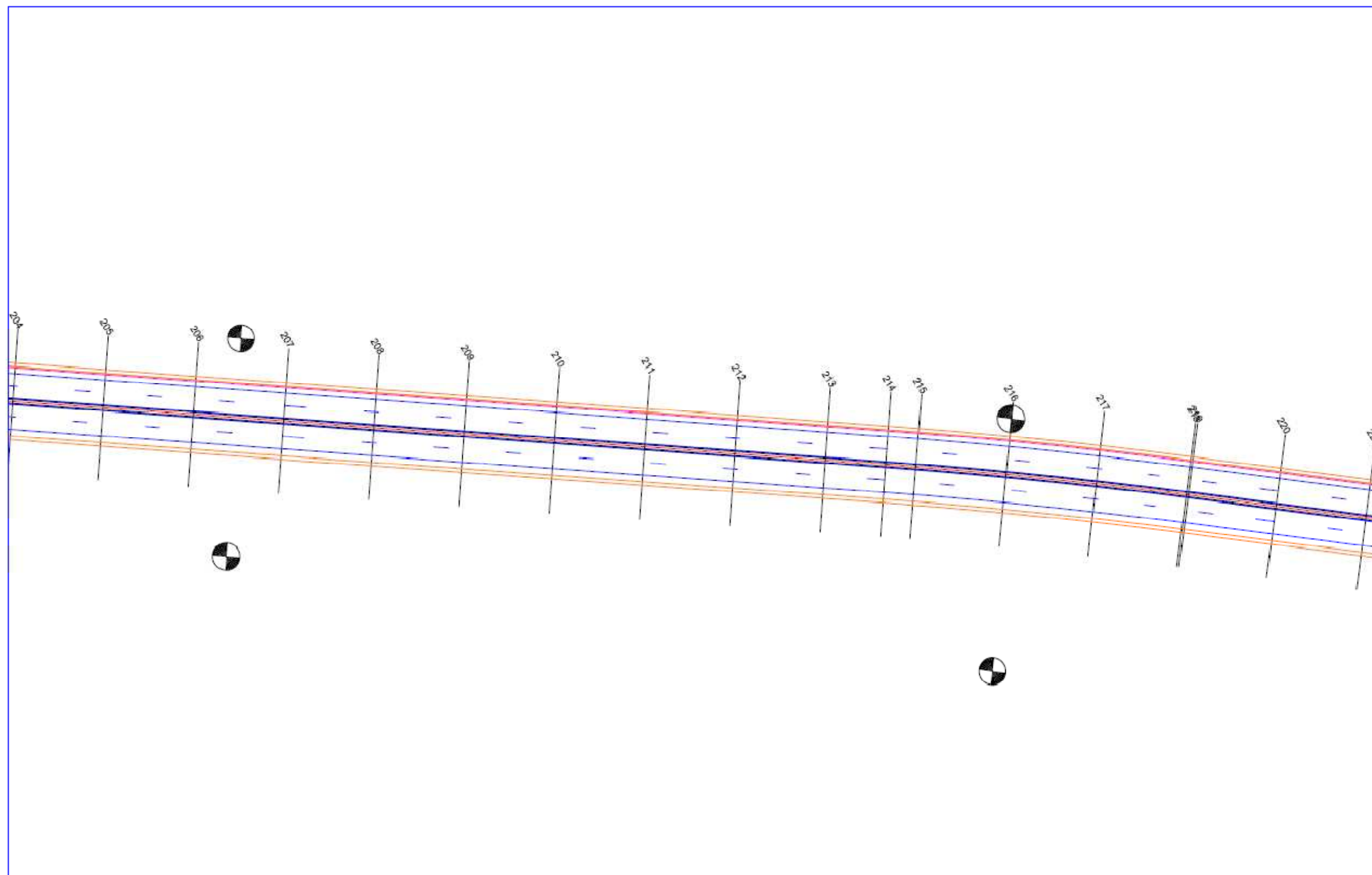
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 12



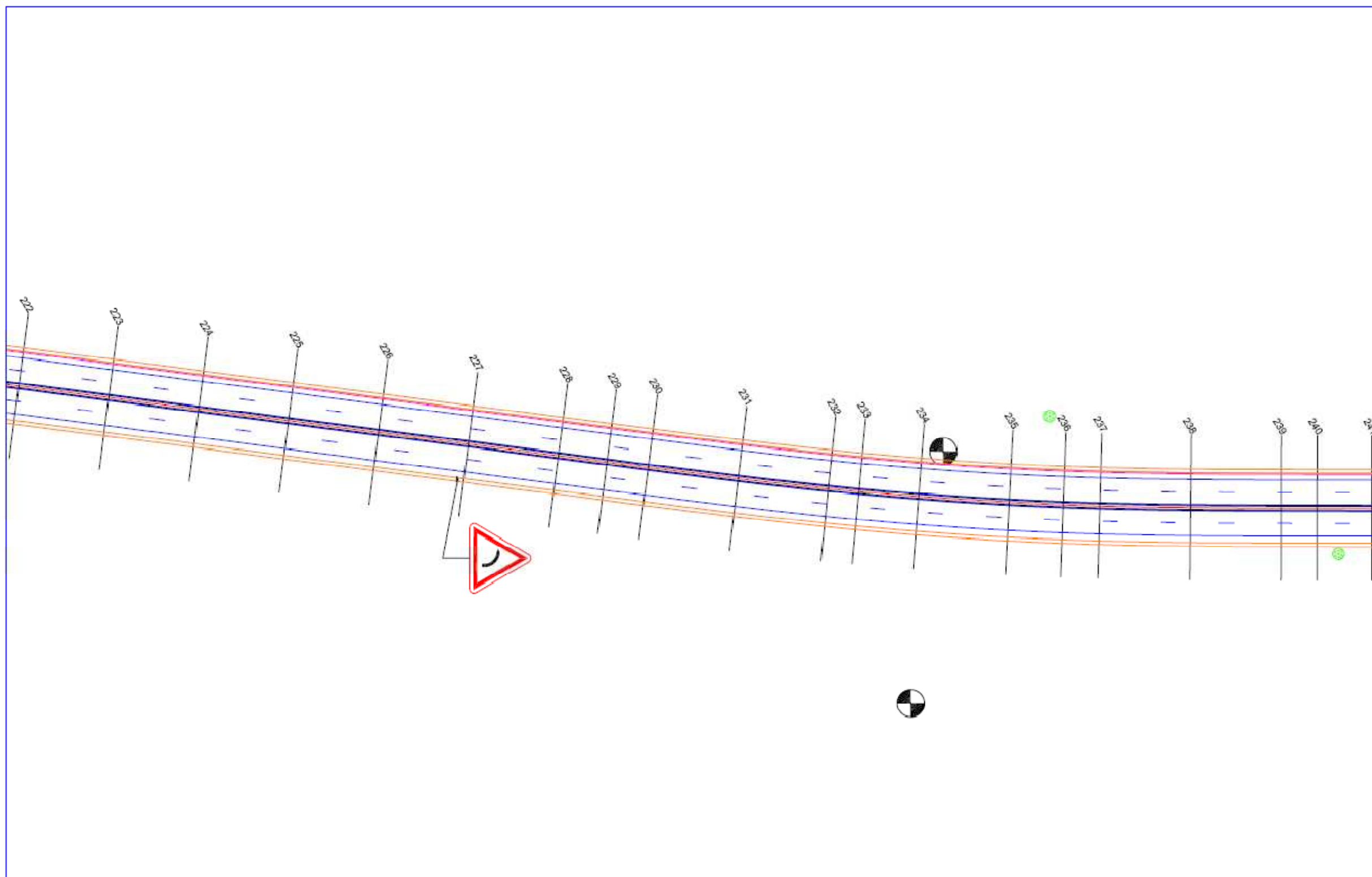
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 13



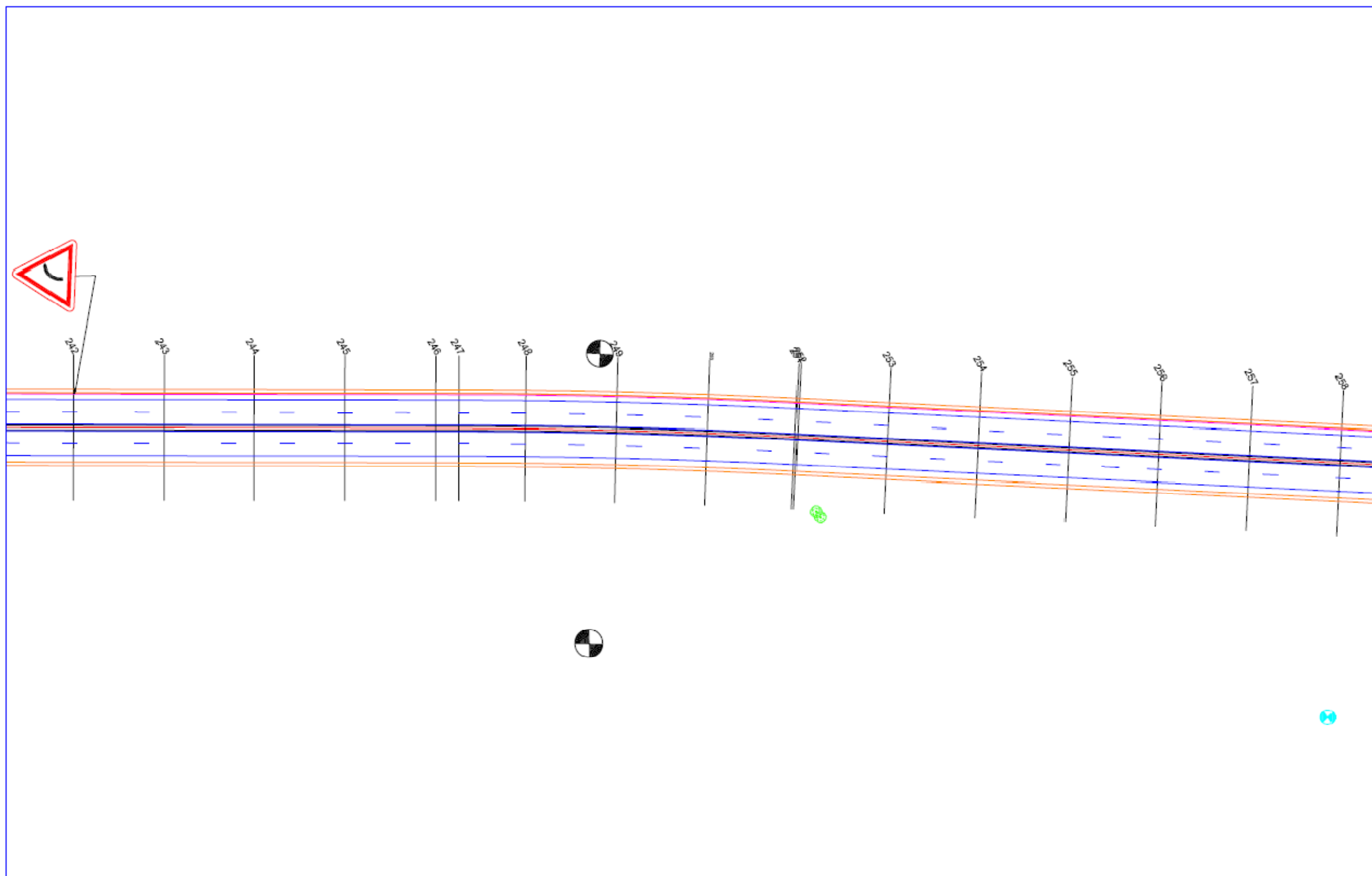
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)


Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

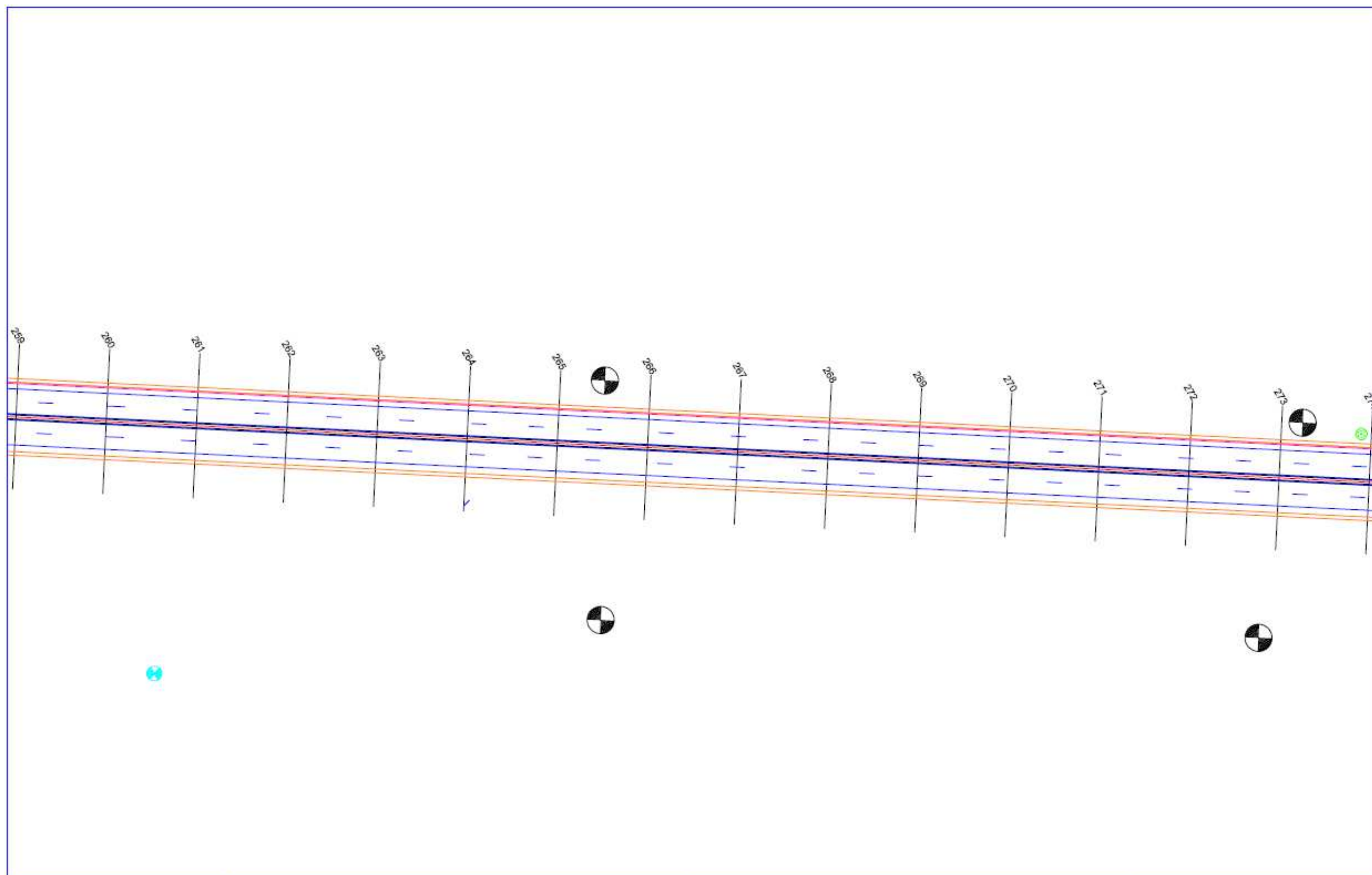
Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 14



	<i>KONE Kossivi Salif</i> <i>Master 2</i> <i>Génie civil (ROA)</i>	Etudes techniques axe principal aéroport DONSIN	Ech. horiz: Ech vert: Date: 03/06/2013 Planche 15
		Dossier technique d'étude détaillée	
		Plan d'aménagement	



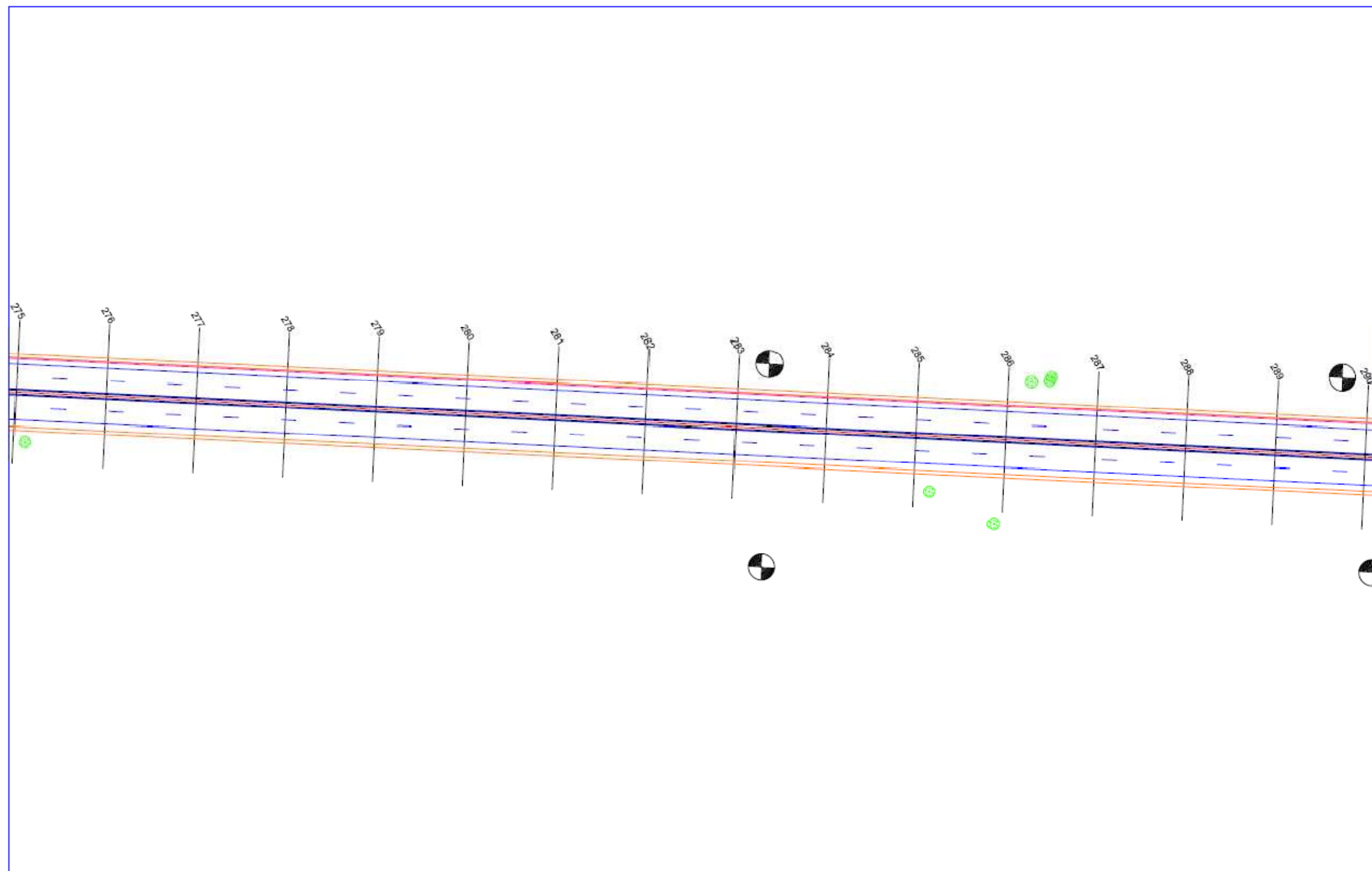
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 16



KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 17



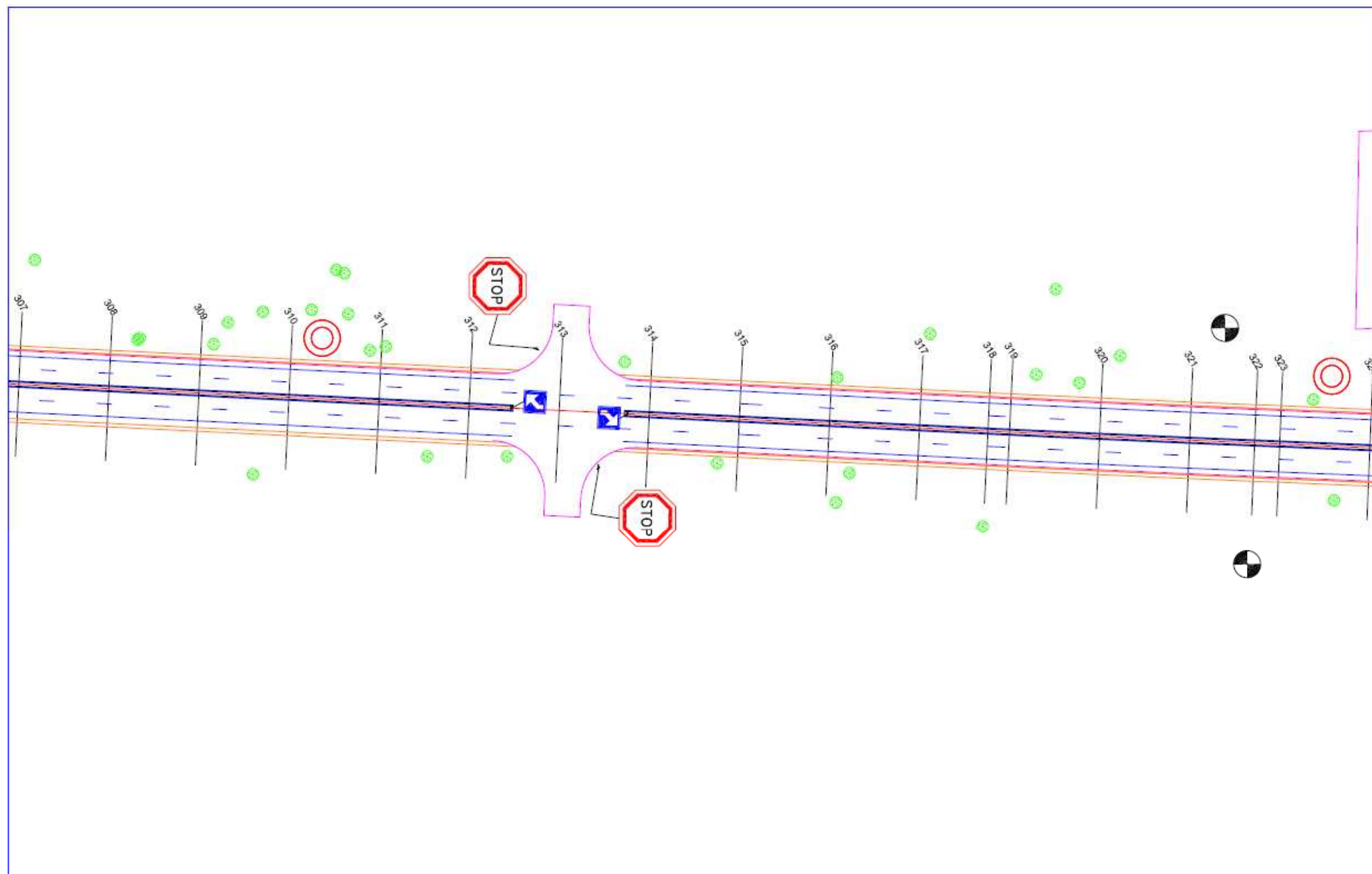
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 18



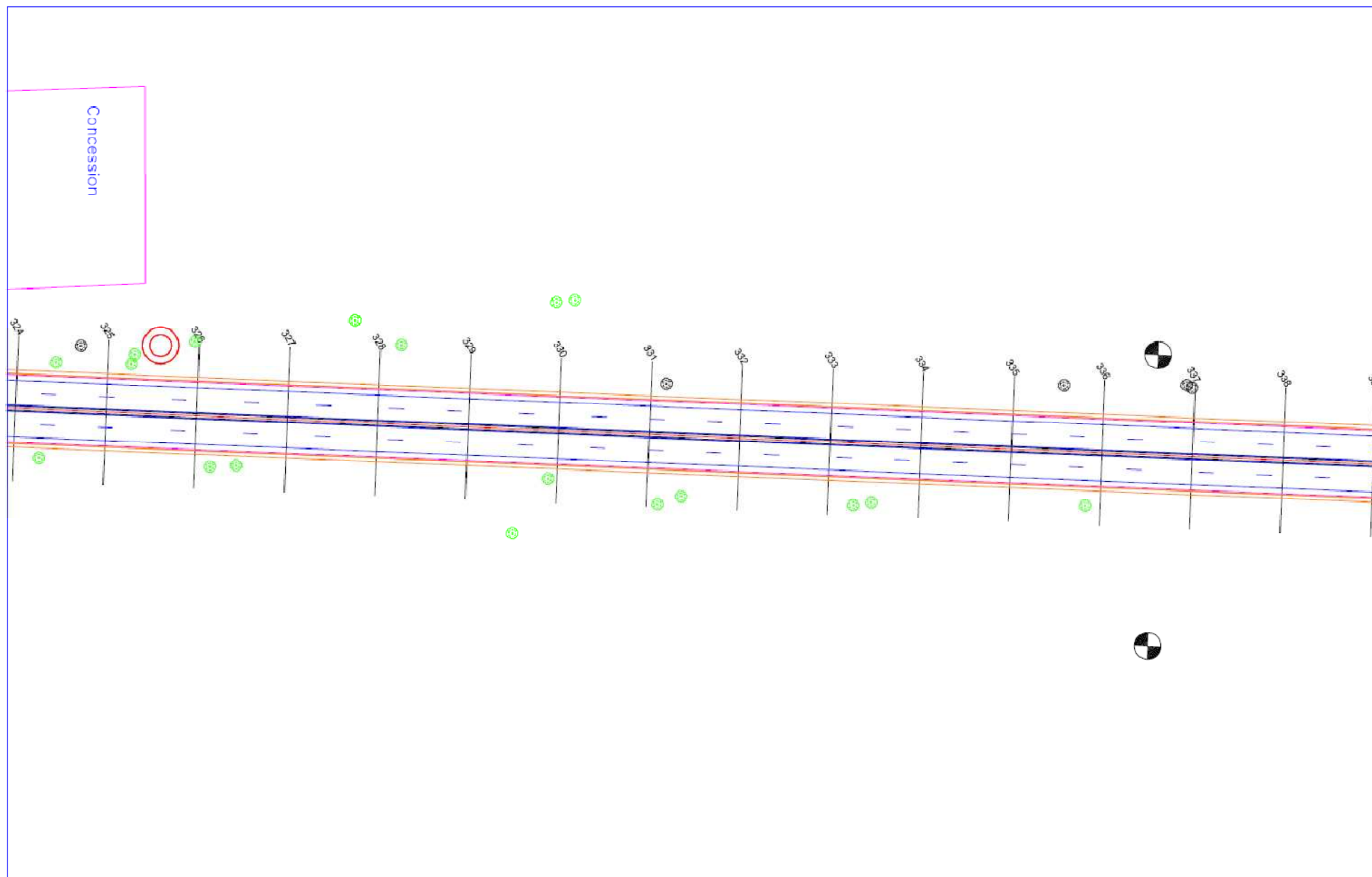
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 19



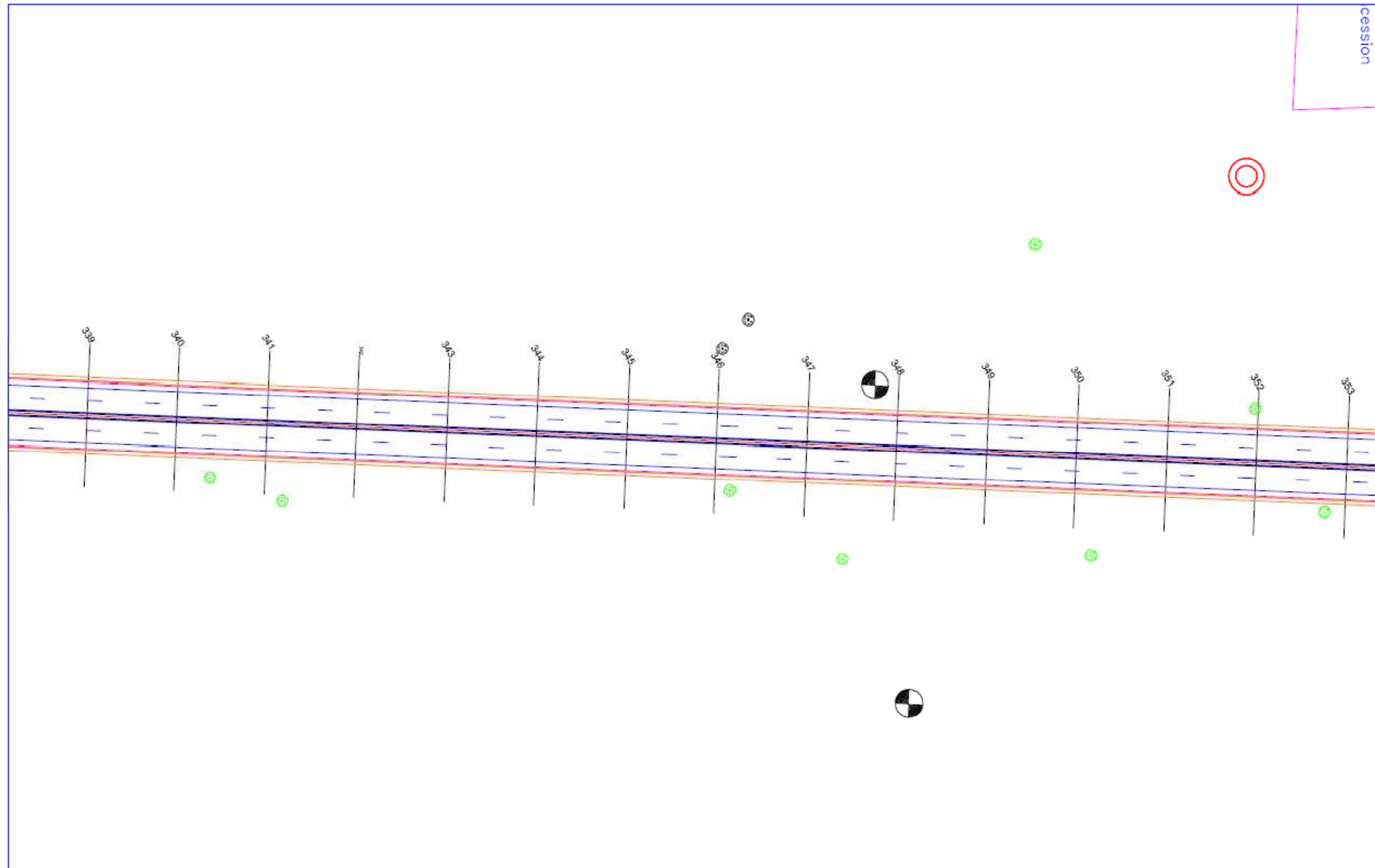
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 20



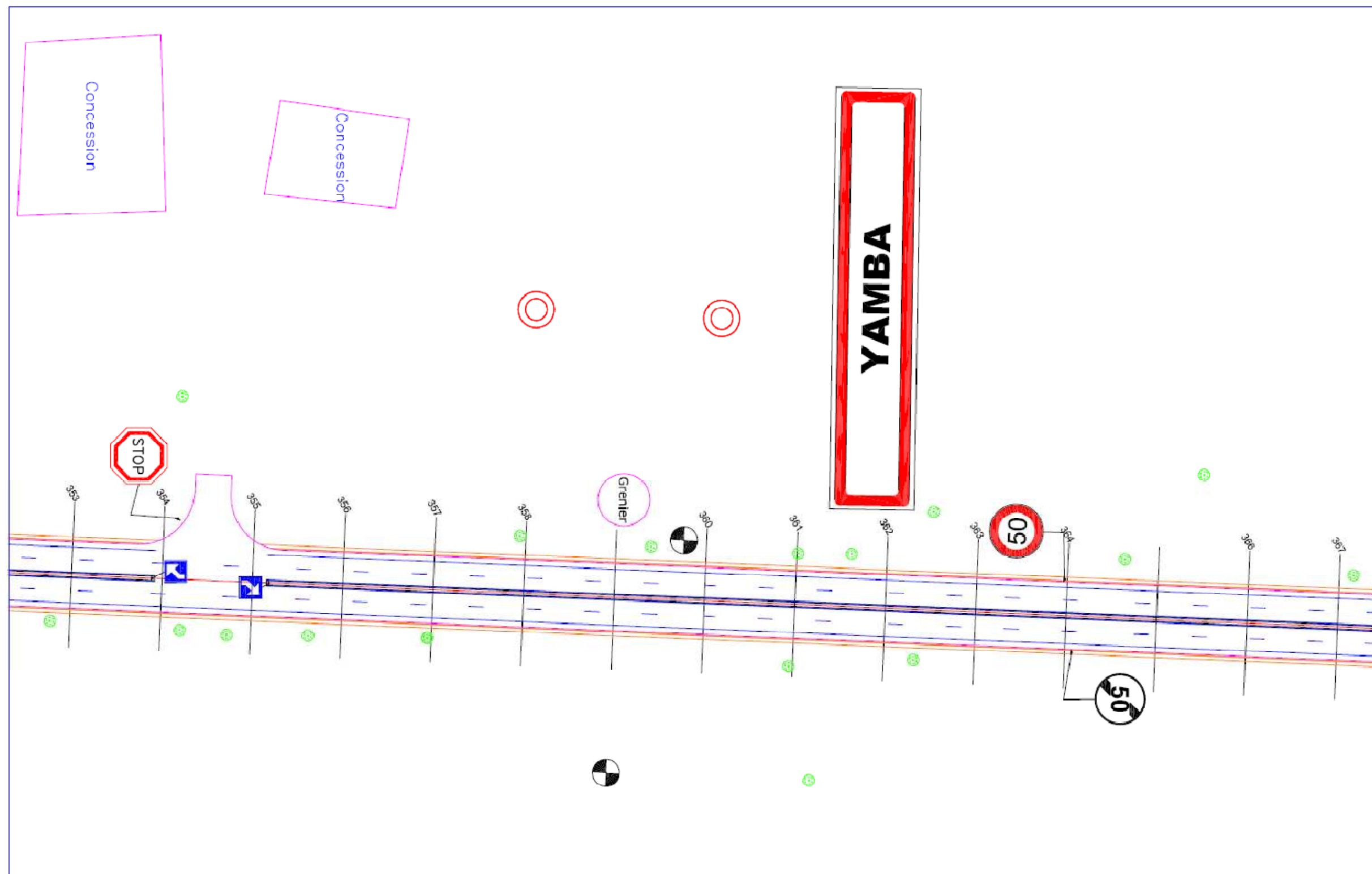
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 21



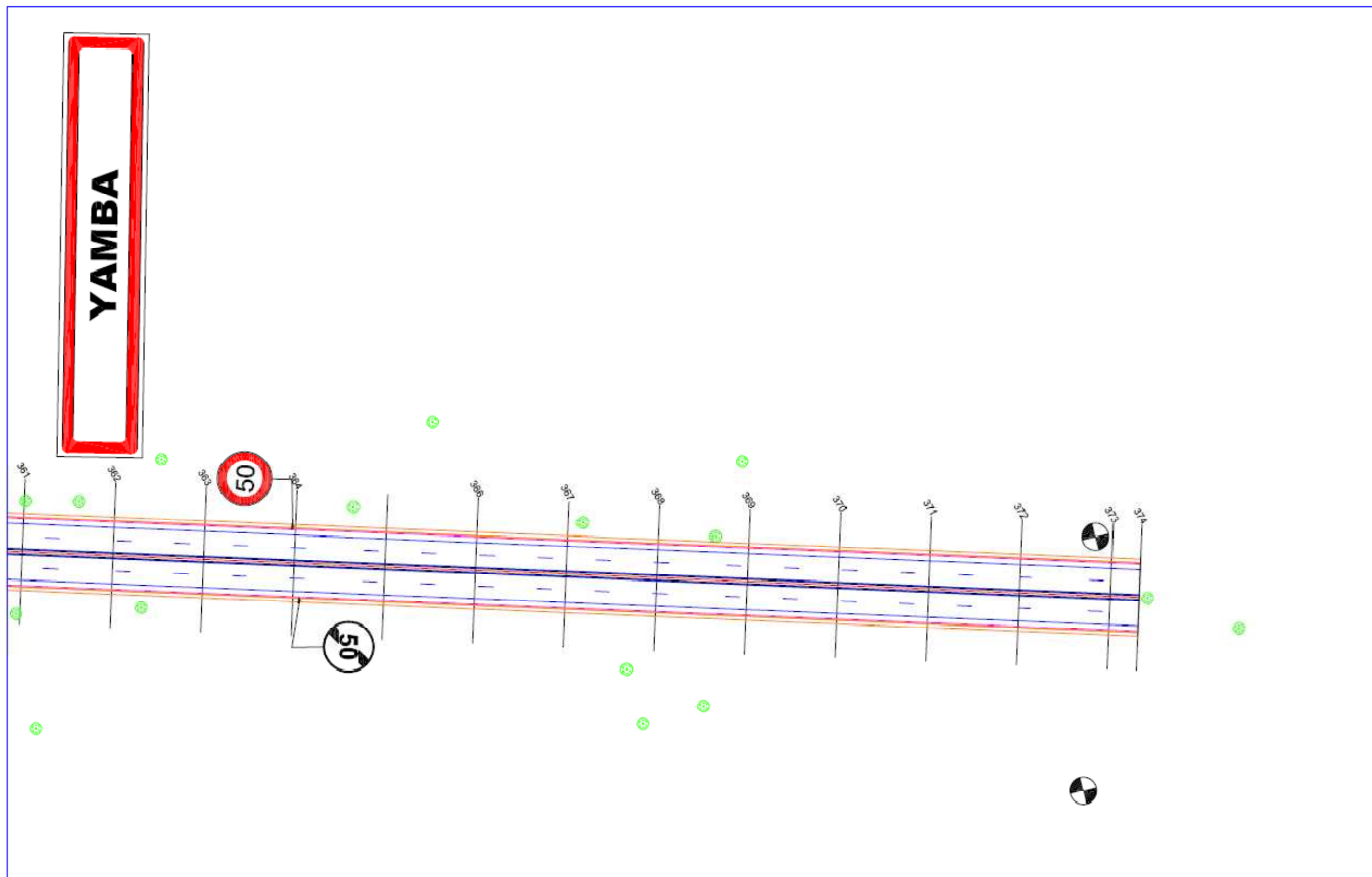
KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 22



KONE Kossivi Salif
Master 2
Génie civil (ROA)

Etudes techniques axe principal
aéroport DONSIN

Dossier technique d'étude détaillée

Plan d'aménagement

Ech. horiz:
Ech vert:
Date: 03/06/2013
Planche 23