



**THEME :**

**ETUDES TECHNIQUES D'EXECUTION ET ELABORATION DU  
DOSSIER D'APPEL D'OFFRE POUR LA REALISATION D'ENVIRON  
20 KM DE ROUTES EN TERRE DE LA PROVINCE DE BAM –  
REGION DE CENTRE NORD**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE  
L'ENVIRONNEMENT**

**OPTION : Génie Civil**

Présenté et soutenu publiquement le ... juin 2011 par

**Samson MBAIRANGONE**

**Travaux dirigés par :**

- **Dr Ismaïla GUEYE**, Enseignant Chercheur au 2iE
- **M. Noudjioudou NGADJADOUM**, Ingénieur et Directeur d'AICET

UTER: *ISM*

*Jury d'évaluation du Mémoire:*

Président :

Membres et correcteurs : -Prénom NOM

-Prénom NOM

-Prénom NOM

**Promotion 2010 - 2011**

## DEDICACE

- ❖ À mes feus parents **DJODA Issac** et **NONHOUNEM Céline** ;
  
- ❖ À mon épouse **MINGANODJI Esther**, et mes enfants pour avoir accepté cette longue séparation et m'avoir soutenu quotidiennement en prières.

## REMERCIEMENT

Je ne saurais comment exprimer ma reconnaissance au tout- puissant pour la santé, la force et le courage, la sagesse et l'opportunité qu'il m'a accordé en tout temps durant ma formation.

Je tiens à exprimer ma gratitude à toutes les personnes physiques ou morales qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Qu'il me soit permis de remercier particulièrement :

- ✓ Dr **Ismaila GUEYE** pour sa disponibilité constante, ses conseils avisés et surtout sa rigueur pour la réussite de ce travail ;
- ✓ Monsieur le Directeur de AICET, **NGADJADOUM Noudjioudou** pour sa fraternité, sa sympathie, sa disponibilité à partager avec nous ses expériences et ses savoirs pendant l'élaboration de ce mémoire.
- ✓ L'ensemble du personnel de l'Agence d'Ingénieur Conseil et d'Etudes Techniques (AICET) pour leurs franches collaborations.
- ✓ Le corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour tous les enseignements reçus ;
- ✓ Monsieur **Djim DOUMBE DAMBA** pour ses conseils et ses contributions ;
- ✓ Monsieur **MBAIOGAOU Abel** pour son soutien moral indéfectible.
- ✓ Mon ami **ABDOULAYE Adoum Souleymane** pour sa franche collaboration ;
- ✓ Mes compatriotes et mes collègues de 2iE pour leurs soutiens.

## RESUME

Bénéficiant d'un fonds de l'OPEP pour le développement international, le Gouvernement du Burkina Faso par le biais de son Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques a lancé un projet de construction de routes en terre dans plusieurs Provinces parmi lesquelles la province de BAM dans la Région Centre Nord où se situe le projet sur lequel porte cette étude : « Etudes d'exécution pour les travaux de réalisation d'environ 20 km de routes en terre dans province de Bam ».

Le projet de construction d'une route en général et de la route en terre en particulier est un ensemble constitué de plusieurs phases allant des études préliminaires à l'exécution. L'une des phases non négligeable est l'étude technique, laquelle constitue le thème de ce mémoire. Pour atteindre l'objectif qu'est l'étude technique détaillée de la route projet dans la province de BAM, plusieurs niveaux d'études ont été menés à savoir :

- ❖ l'étude géotechnique qui a permis d'identifier les bancs d'emprunts (de volume total 42000 m<sup>3</sup>) et les caractéristiques des matériaux de la couche de roulement. Ensuite s'en est suivie la détermination l'épaisseur de cette couche (de 20 cm en grave latéritique) par la méthode CEBTP et Alizé III LCPC ;
- ❖ La route qui sera construite en terre a une largeur de 7 m, une longueur de 19.851km et comporte un dalot simple au PK13+213 et quatre (4) dalots à ouvertures multiples aux PK6+804, PK9+692, PK11+868, PK18+319;
- ❖ l'étude hydrologique qui a abouti à l'estimation de débit de projet allant de 3.00 à 165 m<sup>3</sup>/s selon la superficie des bassins versants (au nombre de cinq) respectifs.
- ❖ l'étude hydraulique qui a consisté à déterminer la section d'un dalot simple de 2.00x1.00 et les sections des dalots à ouvertures multiples de 3x3.00x2.0 ; 4x3.00x1.00 et 12x3.00x2.500 pouvant écouler les débits estimés ;
- ❖ l'étude structurale des dalots qui a permis de déterminer les sections d'aciers ;
- ❖ l'étude topographique qui a abouti à l'établissement du profil en long, des profils en travers et l'évaluation de la cubature (28752.41m<sup>3</sup> en remblai et 1479.33m<sup>3</sup> en déblai).

Le coût du projet est estimé à **735 932000FCFA** soit environ **37 073 000 FCFA/km**

**Mots clés** : construction – route en terre – dimensionnement - dalots - coût du projet

## ABSTRAT

. Benefitting from a fund of the OPEC for the international development, the Government of the Burkina Faso by the slant of its Ministry of agriculture, the hydraulics and the Piscatorial Resources launched a project of road construction in earth in several Provinces among which the province of BAM in the Region Centers North where is located the project on which door this survey: " Studies of execution for the works of realization of about 20 km of roads in earth in province of Bam ".

The project of construction of a road in general and the road in earth in particular is the whole constituted of several phases going from the exploratory studies to the execution. One of phases no negligible is the technical survey, which constitutes the theme of this memory. To reach the objective that is the technical survey retailed of the road project in the province of BAM several levels of study have been led to know the survey:

- ❖ Survey geotechnical that permitted to identify benches of loans (of volume total 42000 m<sup>3</sup>) and features of materials of the rolling layer. Is followed himself the determination then of it the thickness of this layer (of 20 cm of it lateritic gravel) by the CEBTP method and Trade III LCPC;
- ❖ The road that will be constructed in earth has a width of 7 ms and include a simple scupper to the PK13+213 and four (4) scuppers to multiple openings to the PK6+804S, PK9+692, PK11+868, PK18+319;
- ❖ Survey hydrologic that succeeded to the evaluation of debit of active project of 3.00 m<sup>3</sup>/s to 165 m<sup>3</sup>/s the five (5) respective pouring basins.
- ❖ The hydraulic survey that consisted in determining the section of a scupper of 2.00x1.00 and sections of scuppers to multiple opening of 3x3.00x2.0; 4x3.00x1.00 and 12x3.00x2.500 can dispose of flows;
- ❖ The structural survey of scuppers that permitted to determine sections of steels;
- ❖ The topographic survey that succeeded to the establishment of the profile in long, of profiles crosswise and the assessment of the cubature (28752.41m<sup>3</sup> in and 1479.33m<sup>3</sup> embankment in rubble).

The cost of the project is estimated to **735 932000FCFA** either about **37 073 000 FCFA/km**.

**Key words:** construction - road in earth - dimensioning - scuppers - cost of the project

## SOMMAIRE

DEDICACE .....	ii
REMERCIEMENT .....	iii
RESUME .....	iv
ABSTRAT .....	v
SOMMAIRE .....	vi
INTRODCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DU PROJET .....	3
I.1. LA STRUCTURE D'ACCUEIL .....	3
I.1.1. présentation .....	3
I.1.2. Organigramme .....	3
I.2. PRESENTATION DU PROJET ET DE LA ZONE D'ETUDE .....	4
I.2.1. Contexte et justification du projet.....	4
I.2.2. Description de piste existante : .....	5
I.1.3. Localisation de la zone du projet.....	5
II.1.4. cadre physique du milieu .....	6
CHAPITRE II : ETUDE GEOTECHNIQUE.....	8
II.1. LES ESSAIS GEOTECHNIQUES DANS LE CADRE DU PROJET .....	8
II.2. LES RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES .....	8
II.2.1 Matériaux pour la couche de roulement .....	8
<b>II.2.2 Matériaux pour sol support de la chaussée :.....</b>	<b>9</b>
II.3. ANALYSE DES RESULTATS.....	9
CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE .....	12
III.1. CONSTITUTION D'UNE CHAUSSEE .....	12
III.2. LE CLASSEMENT TECHNIQUE DES ROUTES .....	12
III.3. DONNEES DE TRAFIC .....	14
III.4. CLASSES DE PORTANCE DES SOLS .....	15
<b>III.5. DIMENSIONNEMENT .....</b>	<b>15</b>
III.5.1 Vérification utilisant la méthode CEBTP .....	15
III.5.2 Vérification utilisant le logiciel Alizé III du LCPC .....	16

CHAPITRE IV : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIAQUE .....	19
IV.1. ETUDES HYDROLOGIQUES .....	19
IV.1.1 Calcul de débit de crue par la méthode ORSTOM .....	19
IV.1.2 CALCUL DE DEBIT PAR LA METHODE CIEH(C .PUECH et D. CHABI GONNI ,1984 ; actualisation 1996) : .....	22
IV.1.2 METHODE RATIONNELLE .....	24
IV.2 ETUDE HYDRAULIQUES .....	26
IV.2.1 débits de dimensionnement des dalots .....	26
IV.2.2 Dimensionnement hydraulique des dalots .....	26
IV.2.3 Détermination de la section des fossés latéraux : .....	27
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES DALOTS .....	29
V.1. HYPOTHESES DE CACUL ET DONNEES DE BASE.....	29
V.1.1. règlements – instructions – matériaux : .....	29
V.1.2 Principes de calcul des efforts et sollicitations : .....	30
V.2 CALCULS BETON ARME DES DALOT .....	31
V.2.1 Dalot simple 1x2.00x1.00 .....	32
CHAPITRE VI : ETUDES GEOMETRIQUE DE LA ROUTE .....	37
VI.1. ETUDE TOPOGRAPHIQUE .....	37
VI .2. CARCTERISTIQUES TECHNIQUES ET NORMES D'ETUDE.....	37
VI.3. TRACE EN PLAN.....	38
VI.3.1. Coordonnées des points du début et la fin du projet .....	38
VI.3.2. Les éléments constitutifs de l'axe en plan : .....	39
VI.4. PROFIL EN LONG .....	39
CHAPITRE VII : SIGNALISATIONS ROUTIERES ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL .....	41
VII.1.SIGNALISATIONS ROUTIERES .....	41
VII.2. IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....	43
VII.2.1. Impacts négatifs.....	43
VII.2.2. Impacts positifs .....	43
VII.2.3. Mesures d'atténuation .....	43
CHAPITRE VIII : EVALUATION QUANTATIVE ET ESTIMATIVE DES TRAVAUX.....	44

VIII.1. EVALUATION QUANTATIVE.....	44
VIII.1.1 cubature des terrassements .....	44
VIII.1.2 AVANT METRE DALOTS.....	44
VIII.1.3 AVANT METRE SIGNALISATION ET FOSSES .....	45
VIII.1.4 AVANT METRE d'ENTRETIEN ENVIRONNEMENTAL .....	45
VIII.2. EVALUATION ESTMATIF .....	46
CHAPITRE IX: DOSSIER D'APPEL D'OFFRES .....	47
CONCLUSION GENERALE .....	48
BIBLIOGRAPHIE .....	48
ANNEXE .....	1
ANNEXE III : détail de vérification des contraintes et des déformations de couche de roulement.....	2
ANNEXE IV : Détermination des paramètres et l'estimation de débit .....	5
ANNEXE V : dimensionnement structural des dalots .....	17
ANNEXE VI :Caractéristiques géométriques de la route .....	41
ANNEXE VIII : Calcul de cubature et estimation du coût de projet.....	44
ANNEXE SEPARÉE : plans de ferrailage des dalot-profil en long- points de tangence-tabulation de l'axe. ....	61

## LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
ARP	: Aménagement des Routes Principales
BTP	: Bâtiment et Travaux Publics
BV	: Bassin Versant
CIEH	: Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
CBR	: California Bearing Ration (Capacité de portance)
CEBTP	: Centre Expérimental des Recherches et d'Etudes du Bâtiment et de Travaux Publics
CPTP	: Cahier des Prescriptions Techniques particulières
DGR	: Direction Générale des Routes
ICTARN	: Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagements des Routes Nationales
LCPC	: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
LNBTB	: Laboratoire National de Bâtiment et des Travaux Publics
OPEP	: Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
OPM	: Optimum Proctor Modifié
ORSTOM	: Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération
PDRD	: Programme de Développement Rural Durable
PK	: Point Kilométrique
PL	: Poids Lourd (véhicule de plus de 3,5 tonnes de PTAC)
PTAC	: Poids Total Autorisé en Charge
RN22	: Route Nationale n°22
TDR	: Termes de Référence

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau II.1:</i> Résultats des essais d'identification des bancs d'emprunt (LNBTP).....	9
Tableau II.2: Résultat du Proctor modifié et de la portance CBR.....	9
<b>Tableau II.3:</b> Résultats exigés par CPTP .....	10
Tableau III.1 : classement technique des routes .....	13
Tableau III.2 : classe de portance des sols .....	15
Tableau III.3 : résultats des contraintes et déformations données par Alizé III du LCPC .....	18
Le tableau IV.1 : résultats de calcul des paramètres des bassins versants.....	21
<i>Tableau IV.2:</i> Estimation du coefficient d'abattement et de la précipitation moyenne décennale .....	22
<i>Tableau IV.3 :</i> résultat de l'estimation de débit maximal total (ORSTOM).....	22
<i>Tableau IV.4 :</i> estimation de débit maximal total (CIEH) .....	23
<i>Tableau IV.5 a:</i> estimation du débit maximal par la méthode Rationnelle.....	24
<i>Tableau IV.5 b:</i> estimation du débit ruisselé par la méthode Rationnelle .....	24
<i>Tableau IV.6 :</i> débit projet.....	25
Tableau IV.7 : Récapitulatif des débits de dimensionnement des dalots .....	26
Tableau IV.8: caractéristiques des dalots .....	26
Tableau IV.9 : débits de dimensionnement de fossés.....	28
Tableau V.1 : valeur du coefficient bc (source : note de cours master2 2iE 2011).....	31
Tableau V.2 : résultat calcul ferrailage dalot simple.....	32
Tableau V.3 : récapitulatif des sections d'aciers (3x3.00x2.00) .....	34
Tableau V.4: récapitulatif des sections d'aciers (4x3.00x100) .....	35
Tableau IV.5: récapitulatif des sections d'aciers (4x3.00x2.50) .....	35
Tableau VI.1 : caractéristiques techniques et normes d'étude .....	37
Tableau VI.2 : Coordonnées des points de début et fin d'axe.....	38
Tableau VIII.1 : volumes (m <sup>3</sup> ) de terrassement et de la chaussée .....	44
Tableau VIII.2 : avant métré dalot .....	44
Tableau VIII.3 : avant métré de signalisation et fossés.....	45
Tableau VIII.3 : avant métré entretien environnemental.....	45
Tableau VIII.4 : récapitulatif de l'estimation des travaux.....	56

## LISTE DES FIGURES

<i>Figureu I.1</i> : carte de situation de la zone projet.....	6
Figure I.2: route étudiée .....	6
Figure III.1 : abaque de dimensionnement de routes en terre .....	13
Figure III.2 : moteur de calcul Alizé III .....	15
Figure IV.1 : délimitation des bassins versants .....	18
Figure V.1 : schéma de coupe de ferrailage dalot simple.....	32
Figure VI.1 : profil en travers type en section courante de la route .....	40
Figure VI.2 : profil en travers type type d'un ouvrage de franchissement.....	40

## INTRODUCTION GENERALE

La construction d'une route est un vecteur de développement d'un pays, d'une région, ou d'une localité comme disait l'autre « là où passe la route passe le développement ». Afin de réduire le taux de pauvreté et d'amorcer leur décollage économique, base d'un développement durable, le Burkina Faso, comme beaucoup de pays d'Afrique, a commencé depuis quelques décennies à construire les routes soit en bitume soit en terre selon l'état de service de transport ou la disponibilité de financement. Cependant le problème qui se pose est la pérennité de ces ouvrages, eu égard à leurs multiples dégradations. La question que l'on peut se poser est de savoir, est ce que ces routes ont été étudiées ou ont été bien construites ? Pour pérenniser ces infrastructures routières, chaque intervenant doit jouer son rôle dans chacune des phases de la construction dont la première est l'étude technique. C'est dans ce cadre que AICET (Agence d'Ingénieur Conseil et Etudes Techniques), bureau d'études techniques et consultant du maître d'ouvrage pour le projet de construction d'une route en terre de 20 km à BAM, a proposé le thème suivant : *Etudes techniques d'exécution et élaboration du dossier d'appel d'offre pour la réalisation d'environ 20 km de route en terre dans la province de BAM : axe Imiougou (Embranchement de la RN22)-Zandkom-Guibaré-Sindri Barsa-Koundla.*

L'objet de cette étude est de déterminer, concevoir et quantifier la nature des interventions et aménagements à appliquer sur cette route pour des travaux de construction.

Elle consistera ainsi à la réalisation d'une étude technique détaillée qui aboutira à l'établissement d'un dossier technique des travaux et d'un dossier d'appel d'offres pour les entreprises.

### OBJECTIFS DU PROJET :

#### Objectif général

L'objectif général est fournir un dossier d'Avant Projet Détaillé pour les travaux de construction de la route en terre entre l'embranchement de la RN22 et le village Koundla dans commune de Guibaré.

#### Objectifs spécifiques

De l'objectif général du projet découlent les objectifs spécifiques suivants :

- ~ Donner les caractéristiques géométriques à partir de l'étude topographique;
- ~ Déterminer les dimensions de la structure de la chaussée ;

- ~ Etudier l'hydrologie de BV en vue d'obtenir la nature et les caractéristiques géométriques des ouvrages hydrauliques ;
- ~ Elaborer les plans de coffrage béton armé des ouvrages hydrauliques ;
- ~ Faire une estimation financière du projet.

La route qui sera construite a une largeur de 7 m et comporte un dalot simple au PK13+213 et quatre (4) dalots à ouvertures multiples aux PK6+804, PK9+692, PK11+868, PK18+319.

Ce document présente :

- ✚ les généralités concernant la structure d'accueil et la zone d'étude;
- ✚ l'étude technique d'exécution du tronçon;
- ✚ le dossier d'estimation des travaux ;

# CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE DU PROJET

## I.1. LA STRUCTURE D'ACCUEIL

### I.1.1. Présentation

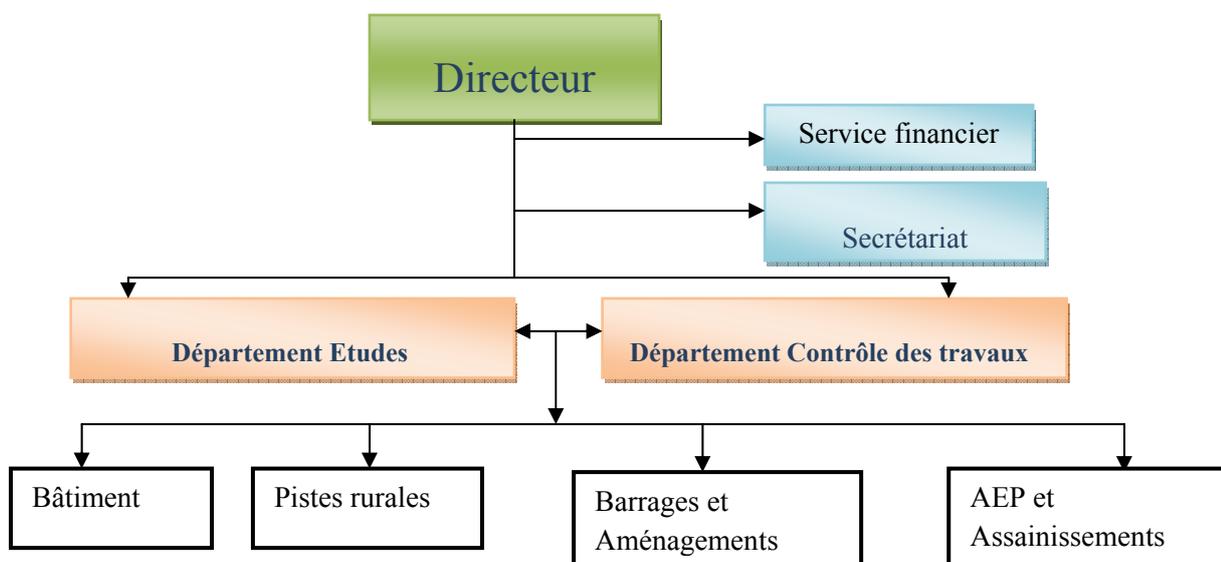
Agence d'Ingénieur Conseil et d'Études Techniques (AICET Sarl) a été créée en 1999 sous la forme juridique d'une société individuelle. En 2006, elle a été transformée en société à responsabilité limitée (SARL), inscrite au registre de commerce national sous le numéro BF OUA 2006 B 698.

Le bureau d'études AICET regroupe des compétences pluridisciplinaires qui ont donné satisfaction dans d'importantes missions d'expertises. Son domaine d'intervention est résumé en trois principaux axes suivants :

- ✓ Etudes et contrôle des travaux ;
- ✓ Maîtrise d'œuvre ;
- ✓ Expertise technique.

Pour atteindre les nobles objectifs qu'il s'est assigné, AICET dispose des moyens en matériels adéquats pour faire face à toutes les sollicitations relevant de son domaine de compétence.

### I.1.2. Organigramme



## **I.2. PRESENTATION DU PROJET ET DE LA ZONE D'ETUDE**

### **I.2.1. Contexte et justification du projet**

Dans le cadre d'une stratégie communautaire cohérente de développement du secteur des transports, le gouvernement du Burkina Faso s'est fixé les objectifs suivant en ce qui concerne sa politique routière :

- ✓ L'harmonisation des programmes d'entretien périodique et courant du réseau communautaire ;
- ✓ L'uniformisation et l'amélioration du niveau de service des routes du réseau communautaire ;
- ✓ L'aménagement et le bitumage des maillons manquants du réseau communautaire ;
- ✓ La réalisation de l'interconnexion avec les autres pays d'Afrique ;
- ✓ L'amélioration de la gestion décentralisée des réseaux de pistes rurales transfrontalières pour appuyer les activités agricoles et de développement rural ;
- ✓ Un meilleur suivi et contrôle des performances dans le secteur des transports routiers
- ✓ Une bonne fluidité des échanges par la suppression des barrières non tarifaires ;
- ✓ La promotion d'actions de sécurité routière pertinentes et efficaces ;

C'est dans ce même cadre qu'il obtenu un prêt de l'Organisation des Pays Exportateurs du Pétrole (OPEP) pour le financement de Développement Rural Durable (PDRD) basé à Yako dans la province du Passoré. Une partie de ce fonds est utilisée pour financer les études techniques d'environ 20 km de routes en terre dans la province de Bam.

L'aménagement de cette route en terre permettra de désenclaver certains villages de cette province qui, malgré le dynamisme de leurs populations respectives n'arrivent pas développer les échanges commerciaux du fait de leur enclavement total. Ce projet présente un caractère innovant qu'il mérite souligner en ce sens qu'il a été prévu pendant la phases aussi bien des études que des travaux, un volet de sensibilisation et de formation des futurs bénéficiaires des infrastructures qui sont projetées. Ce volet qui renforce la politique de décentralisation enclenchée depuis quelques années au Burkina Faso, permettra aux autorités

locales et aux populations bénéficiaires de ces infrastructures de se les approprier totalement afin qu'une fois les travaux finis, elles puissent en être les gérant ou cogérant en terme de leur entretien futur.

### I.2.2. Description de piste existante :

La piste existante est caractérisée par :

- ✚ un tracé sinueux envahi par la broussaille ;
- ✚ une bande roulement de 2 à 5 m ;
- ✚ des ravineux transversaux francs sans aucun ouvrage d'assainissement ;
- ✚ des ravineux longitudinaux qui encaissent par fois la bande de roulement de 10 à 15 cm avec des pointes de 30 à 60 cm à l'approche du bas-fond.

### **I.1.3. Localisation de la zone du projet**

La zone d'études se situe dans la Région Centre Nord de 1 058 305 habitants. (2002) (superficie de 19 829 km<sup>2</sup> avec une densité moyenne de 53.4 habitants au km<sup>2</sup>) et concerne principalement la province de Bam de 277 092 habitants (2006) (superficie de 4 084 km<sup>2</sup> avec une densité 67,8 habitants au km<sup>2</sup>).

Le tronçon à étudier se situe donc entièrement dans le Département Guibaré de coordonnées géographiques 13°6' de latitude Nord et 1°36' de longitude Ouest Nord (figure 1.1 et figure 1.2)

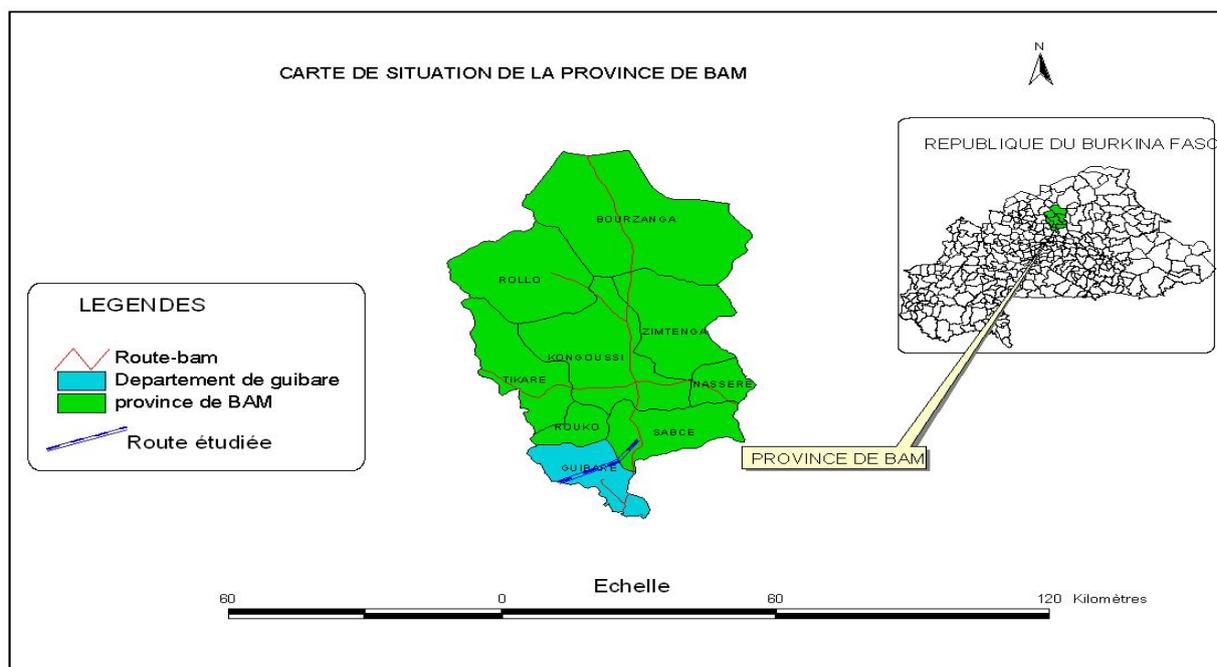


Figure I.1 : carte de situation de la zone du projet



Figure I.2 : Route étudiée

## II.1.4. Cadre physique du milieu

### ➤ Le climat

Le climat est tropicale sèche de type soudano-sahélien à deux saisons :

- ☀ l'une saison sèche d'Octobre – Avril avec vent dominant sec (l'harmattan);
- ☔ l'autre pluvieuse Mai - septembre, et le vent dominant est humide (la mousson).

Les précipitations annuelles ont une moyenne de 568 mm avec minima descendant jusqu'à 414 mm et de maxima pouvant atteindre 861 mm (**source : Poste synoptique de Kongoussi après une analyse de 1970-2006**)

Les températures maximales moyennes varient entre 30° et 42°C et les minimales 14°C à 26°C

➤ **Le relief et hydrographie :**

La zone de projet se situe sur les pénéplaines du bassin versant du fleuve Nakambé.

Le réseau hydrographique de cette zone est principalement caractérisé d'un cours permanent, le Nakambé et ses affluents s'assèchent en saison sèche donnant lieu à des de bas-fonds.

➤ **Sols rencontrés sont de types :**

✚ sols argilo-sableux pour la majeure partie de la couverture, assez hydromorphe et profonds ;

✚ sols argileux sur certains axes de drainage, très épais mais imperméable ;

✚ sols argilo-sableux ferrugineux comportant des modules de latérite au niveau des zones à élévation.

➤ La végétation de la zone du projet est du domaine soudanien de type savane boisée et arborée plus ou moins dense avec tendance dégradation progressive.

➤ **Activités économiques :**

Les activités principales sont l'agriculture, l'élevage et le commerce.

Pour l'agriculture :

✚ cultures maraîchères favorisées par le réseau hydrographique sus mentionné ;

✚ Culture vivrière principale et secondaire (maïs, mil, etc.).

L'élevage est assez important. La zone de projet est proche Kongoussi chef lieu de la province de Bam et pôle commercial de région. Elle connaît des échanges commerciaux divers que l'amélioration de l'état de route contribuera à les développer.

## CHAPITRE II : ETUDE GEOTECHNIQUE

Après la prospection, trois (03) zones d'emprunt ont été identifiées le long de la route projet précisément au PK5+200, au PK13+500 et au PK17+600. Les essais géotechniques réalisés sur les matériaux provenant des sites d'emprunts sont :

1. *L'Analyse Granulométrique* : texture et gradation des matériaux d'emprunt ;
2. *Les Limites d'Atterberg* : les états critiques et le comportement géotechnique des matériaux ;
3. *Le Proctor Modifié* : pour les caractéristiques de mise en place des couches de la chaussée ;
4. *La Portance CBR* : pour la résistance au poinçonnement des sols.

### II.1. LES ESSAIS GEOTECHNIQUES DANS LE CADRE DU PROJET

Après la prospection trois (03) zones d'emprunt ont été identifiées le long de la route projet précisément au PK5+200, au PK13+500 et au PK17+600. Les essais géotechniques réalisés concernent principalement ces sites d'emprunts. Il s'agit :

5. *L'Analyse Granulométrique* : texture des matériaux d'emprunt ;
6. *Les Limites d'Atterberg* : consistance des matériaux d'emprunt ;
7. *Le Proctor Modifié* : teneur en eau optimale des matériaux d'emprunt ;
8. *La Portance CBR* : poinçonnement des sols.

### II.2. LES RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES

#### II.2.1 Matériaux pour la couche de roulement

Les matériaux de la couche de roulement ont été identifiés par LNPTP et après avoir réalisés les différents essais géotechniques, les résultats sont présentés dans les tableaux II.1 et II.2 ci-dessous.

**Tableau II.1:** Résultats des essais d'identification des bancs d'emprunt (LNBTP)

N° emprunt	PK	ANALYSE GRANULOMETRIQUE (% passants)					LIMITES D'ATTERBERG	
		20 mm	< 10 mm	< 5 mm	< 2 mm	< 0.080 mm	WL	IP
1	5+200	98	71	35	15	9	31.0	14.5
2	13+500	95	62	34	18	12	28.0	12.5
3	17+600	90	54	30	20	15	32.0	15.0

**Tableau II.2:** Résultat du Proctor modifié et de la portance CBR

N° emprunt	PK	OPM				CBR		Epaisseur moy. de décapage (m)	Epaisseur moy. exploitable (m)	Volume exploitable (m <sup>3</sup> )
		Essai standard		Essai corrigé		95%	98%			
		$\gamma_d(t/m^3)$	W%	$\gamma_d(t/m^3)$	W%					
1	5+200	2.34	7.3	2.35	7.1	62	98	0.05	0.35	1300
2	13+500	2.26	7.2	2.28	6.8	72	108	0.05	0.35	14000
3	17+600	2.30	6.2	2.34	5.6	58	94	0.05	0.40	15000
						<b>VOLUME TOTAL (m<sup>3</sup>)</b>			<b>42000</b>	

Ces résultats (tableaux II.1 et II.2) seront analysés au regard des exigences du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (CPTP) indiquées dans le paragraphe II.3 ci-dessous.

### **II.2.2 Matériaux pour sol support de la chaussée :**

La plate-forme sera constituée d'une remise en forme du terrain naturel.

### **II.3. ANALYSE DES RESULTATS**

Cette analyse a pour objet de vérifier la conformité des résultats selon les exigences du Cahier des Prescriptions Techniques Particulières.

Selon les recommandations, les matériaux de corps de chaussée doivent avoir des caractéristiques indiquées dans le tableau II.3 suivant.

**Tableau II.3:** Fuseau de tolérance et autres caractéristiques exigés par le CPTP pour les matériaux en couche de roulement

<b>RESULTATS EXIGES</b>		
Granulats satisfaisant au fuseau ci- dessous		
Diamètre des particules (mm)	Pourcentage minimum	Pourcentage maximum
40	85	100
31.5	75	100
20	60	100
10	55	100
5	30	85
2	30	70
1	15	50
0.5	10	45
0.08	5	30

NATURE DES ESSAIS	<b>RESULTATS EXIGES</b>
Limite d'ATTERBERG	-La limite de liquidité < <b>45%</b> - Indice de plasticité < <b>25%</b>
INDICE CBR	CBR ≥ 30 après 4 jours d'imbibition sur des échantillons compactés à 95% de l'OPM

Il a été constaté que le résultat de **l'analyse granulométrique** (du tableau II.1) n'entre pas entièrement dans le fuseau granulométrique recommandé par le CPTP, du fait que le pourcentage des passants de diamètre < 2 mm soit compris 15 et 20 % a lors qu'il devrait être compris entre 30 et 70% (selon tableau II.3), ce qui veut dire qu'il y a moins de matériaux de cette dimension de cette tranche.

Les résultats de **limite de liquidité (WL < 33)**, d'**indice de plasticité (IP < 16)** et de **CBR (CBR ≥ 58 à 95% OPM)** satisfont aux exigences de CPTP (tableau II.3)

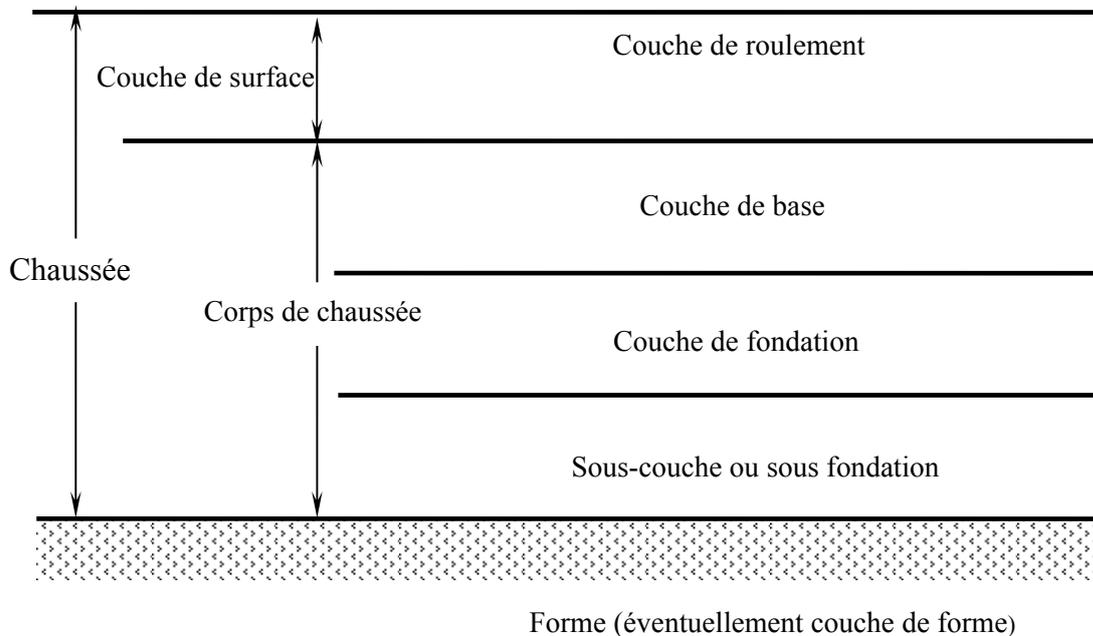
L'analyse précédente des résultats des essais a permis de remarquer que les matériaux des emprunts précités présentent une bonne qualité mise à part la faible quantité des particules de diamètre compris entre 2 mm et 0.5 mm. Ce manque de cette taille de particules constaté peut être rehaussé par le pourcentage de particules fines inférieures à 0.08 mm qui, quant à eux répondent aux CPTP. **Par conséquent les carrières étudiées peuvent être exploitées pour la réalisation de la couche de roulement de la route projetée.**

## CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

Dimensionner une chaussée consiste à déterminer l'épaisseur des couches constituant la structure routière, à partir de leurs caractéristiques (CBR, modules de YOUNG, coefficient de poisson...) pour que la route puisse répondre au niveau de trafic attendu pour la durée de vie projetée.

### III.1. CONSTITUTION D'UNE CHAUSSEE

Une chaussée moderne est constituée par la superposition de couches de matériaux, liées ou non par des liants hydrauliques ou hydrocarbonés. La structure routière d'une route est constituée par les éléments suivants : (schéma)



Dans le cas du présent projet la chaussée sera constituée du sol support (couche de fondation) et de la couche de roulement (selon le TDR).

### III.2. LE CLASSEMENT TECHNIQUE DES ROUTES

D'après Département du sahel, la division infrastructure de la Banque Mondiale, Région d'Afrique (Août 1994), le classement technique des routes est basé sur les niveaux d'aménagement initial de la route et sur les trafics supportés par celle-ci. Le tableau III.1 suivant présente ce classement par famille des voies de communication. De ce tableau il sera déduit le trafic attendu pour le projet.

Tableau III.1 : classement technique des routes

Niveaux d'aménagement	caractéristiques	trafics
<b>Routes revêtues :</b> Autoroutes et routes express	- Plate forme de 16 à 18 m 2 x 2 voies de circulation revêtues de Un terre-plein central (1 à 2 m) Deux accotements de 1 à 2 m	> 2000 v/j/a
<b>Routes revêtues :</b> Revêtement hydrocarboné monocouche, multicouche, enrobé ou en béton	Plate forme de 10 à 13 m 2 ou 3voies de circulation revêtues Deux accotements de 1.00 à 1.50 m)	Compris entre 200 et 2000v/j/a
<b>Routes non revêtues :</b> modernes en graveleux	Plate forme de 8 à 10 m ; Une couche de roulement en matériaux graveleux ou latéritique de 7 à 9 m	Compris entre 60 et 200 v/j/a
<b>Routes non revêtues :</b> sommaires en graveleux	Plate forme de 5 à 7 m ; Une couche de roulement souvent discontinue ou faible épaisseur en matériaux sélectionnés	Compris entre 20 et 60 v/j/a
<b>Pistes</b>	Plate forme de 4 à 5 m ; Une couche de roulement en matériaux sélectionnés sauf dans les aménagement ponctuels des points bas	Compris entre 5 et 20 v/j/a
<b>Pistes</b> pistes sommaires	- Plate forme de 3 à 5 m environ;	5 v/j/a

### III.3. NORMES

- La méthode des abaques du Guide de dimensionnement de chaussées dans les pays tropicaux du CEBTP ;
- la démarche rationnelle du LCPC-SETRA à travers le document de référence qu'est le Guide technique - conception et dimensionnement des structures de chaussées, LCPC-SETRA 1994.

#### Hypothèses suivantes :

- ☞ Charge à l'essieu : 13 tonnes (essieu simple) ;
- ☞ Durée de vie  $n$  : 5 ans ;
- ☞ Classe de trafic : T4;
- ☞ Classe de portance : S3.

### III.4. DONNEES DE TRAFIC

Selon le classement précédent, la route projet est classée dans la famille de routes non revêtues modernes donc de trafic Compris entre 60 et 200 v/j/a. Ce trafic correspondant à l'usure annuelle de la route de 3 cm selon CEBTP (à tenir compte pour l'entretien de cette route)

Pour le dimensionnement de route projetée le trafic sera pris égal à 120 v/j/a pour véhicules toutes catégories confondues soit  $N_o = 36 \text{ PL/ /j/a}$  ( $36 = 30\% \times 120$ ) de poids lourds PTAC > 3 tonnes (Guide de dimensionnement des chaussées en pays tropicaux, 1984).

Il est nécessaire de convertir ce trafic en nombre équivalent d'essieux de 13 tonnes (NE),

- Le taux d'accroissement  $i = 5\%$  correspondant trafic faible ;
- Coefficient d'agressivité  $CAM = 0.5$  pour les trafics de classe T4 compris 25 et 50PL/j ;
- La durée de vie  $n = 5$ ans

$$NE = 365 \times N_o \times CAM \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$NE = 365 \times 36 \times 0.5 \times \frac{(1+0.05)^5 - 1}{0.05} \approx 3.6 \times 10^4 \text{ essieux de 13 tonnes}$$

### III.5. CLASSES DE PORTANCE DES SOLS

D'après le « Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux », il y a cinq (5) classes de portance des sols, fonction de leur indice CBR (désignées par S1, S2, S3, S4 et S5).

Dans le cas du présent projet la portance du sol de plate-forme ou sol support (indice CBR à 95%) sera supposée compris entre 10 et 15 (valeurs mesurées, est ce sur tout le tracé), ce qui correspond à la classe S3 selon la classification proposée par le Guide Pratique de Dimensionnement de chaussées en pays tropicaux (tableau III.2)

Tableau III.2 : classe de portance des sols

Sols	Portance
S1	CBR < 5
S2	5 < CBR < 10
<b>S3</b>	<b>10 &lt; CBR &lt; 15</b>
S4	15 < CBR < 30
S5	CBR > 30

### III.6. DIMENSIONNEMENT

Il consiste à déterminer l'épaisseur de couche de roulement. Le TDR a prévu une épaisseur de compris entre 10 et 15cm. L'objectif est de vérifier cette épaisseur en utilisant la méthode proposée par le Guide Pratique de Dimensionnement de Chaussées en pays tropicaux et le Programme de calcul Alizé III du LCPC.

#### III.6.1 Vérification utilisant la méthode CEBTP

Cette vérification peut se faire soit par la formule de Peltier (formule III.1) soit à l'aide des abaques ci-dessous. Pour le présent cas, les abaques seront utilisés.

$$e = \frac{100 + \left(75 + 50 \cdot \log \frac{N}{10}\right)}{CBR + 5} \sqrt{p} \quad (\text{III.1})$$

e= épaisseur en cm ;

N= nombre de poids lourds de plus de 3 tonnes par jour ;

P= poids de la roue maximale en tonnes (ou de roues jumelées).

La courbe B (figure III.1ci-dessous) a une plage de trafic correspondant à 36 PL/j. Elle servira à vérifier de l'épaisseur de la couche de roulement en considérant le sol support de classe S3 (CBR=15). D'après cette figure III.1 l'épaisseur de couche de roulement égale **16 cm**.

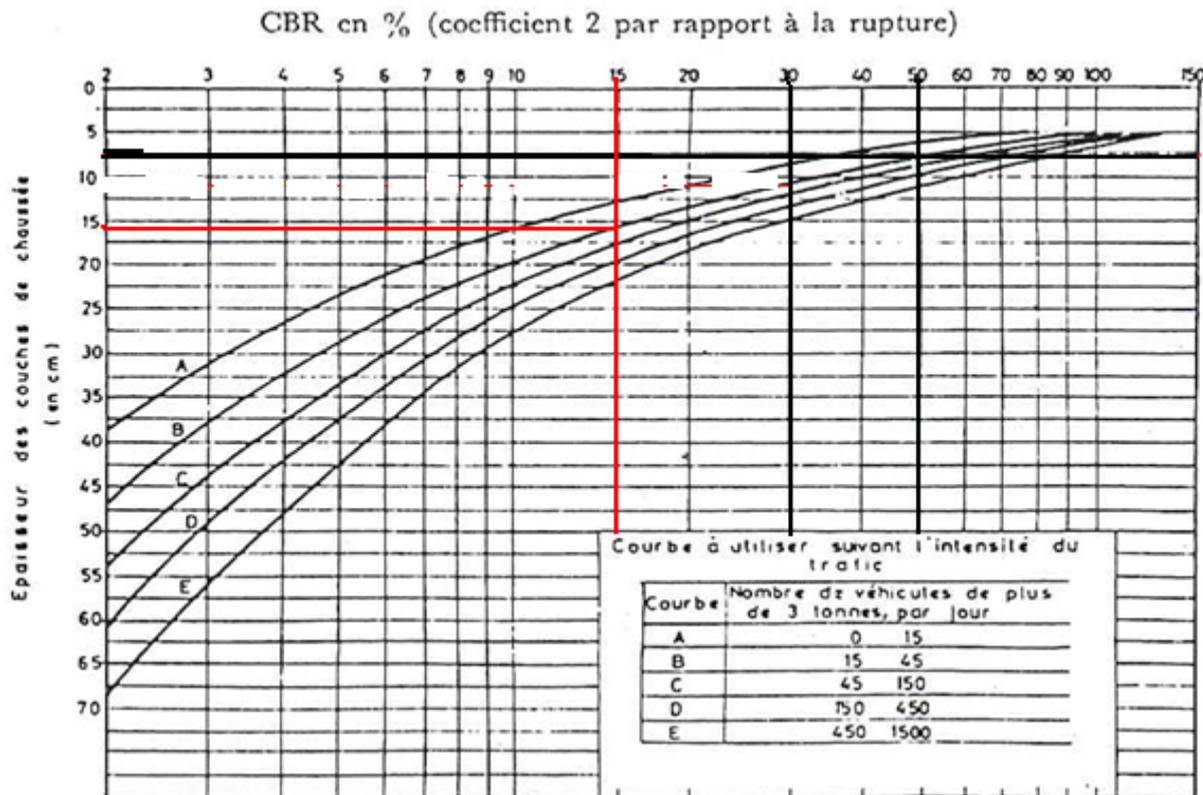


Figure III.1 : abaque de dimensionnement de routes en terre (source : guide de dimensionnement des chaussées sen pays tropicaux 1994)

### III.6.2 Vérification utilisant le logiciel Alizé III du LCPC

Le programme de calcul *Alizé III* permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche élastique fondé sur l'hypothèse de BURMISTER, les contraintes et déformations ( $\sigma_t$ ,  $\epsilon_z$ ,  $\sigma_z$ ) à différents niveaux de la structure. La charge prise en compte est une charge unitaire correspondant à un demi-essieu de 13 tonnes représenté par une empreinte circulaire.

Les données à rentrer dans le modèle pour les différentes simulations sont :

- ~ les épaisseurs de chaque couche ;
- ~ les modules d'Young (E) et les coefficients de poisson ( $\nu$ ) de chaque couche y compris le sol support ;
- ~ les types d'interface entre les couches (conditions de collage).

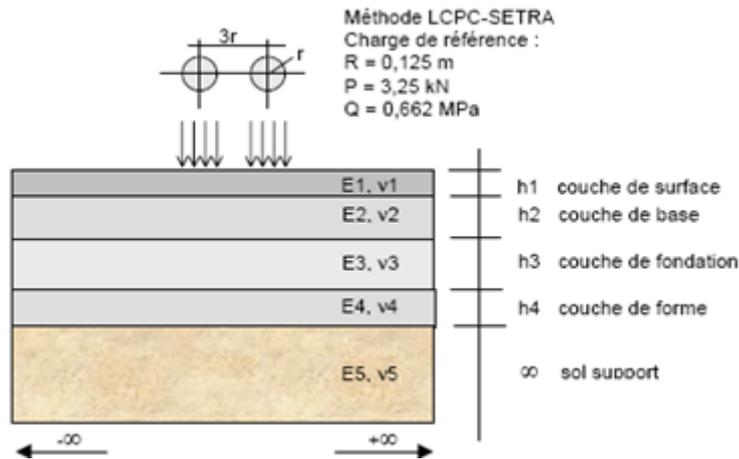


Figure III.2 : Moteur de calcul Alizé (source : cours route master 2 génie civil 2iE 2011)

Dans le cas de ce projet il n'existe que la couche de surface dite couche de roulement et le sol support.

**a) Les hypothèses :**

Hypothèses de calcul pour l'application sur Alizé III du LCPC :

<u>Couches</u>	<u>Module d'Young</u>
Plate forme: S3	E = 75MPa;
Couche de roulement : en graveleux latéritique	E = 300MPa
Coefficient de poisson pour tous les matériaux	$\nu = 0.35$

Conditions aux interfaces : collées.

**b) Calcul des contraintes et déformations admissibles**

🚦 **Contrainte admissible :**

Formule de **Kerkoven et Dormon**

$$\sigma_z, \text{adm} = \frac{0.3 \times \text{CBR}}{1 + 0.7 \times \log(\text{NE})} = \underline{1.073 \text{MPa}}$$

Avec CBR = 15 (sol support) et NE = 3.6 10<sup>4</sup> on a numériquement :

**Déformation admissible**

Pour les chaussées à faible trafic, on a :

$$\varepsilon_{z, adm} = 0.016 \times (NE)^{-0.222} = \underline{1555.29 \mu def}$$

c) Conditions à vérifier :

- ✚ La déformation verticale  $\varepsilon_z$  à la surface du sol support doit être inférieure à la déformation admissible ( $\varepsilon_z \leq \varepsilon_{z, adm}$ );
- ✚ La contrainte verticale  $\sigma_z$  à la surface du sol support doit être inférieure à la contrainte admissible ( $\sigma_z \leq \sigma_{z, adm}$ ).

Le détail de vérification est sous d'écran Alizé est en annexe III et le récapitulatif est consigné dans le tableau suivant.

Tableau III.3 : résultats des contraintes et déformations données par Alizé III du LCPC

Ep. de couche de roulement	$\varepsilon_z$ ( $\mu def$ )	$\sigma_z$ (MPa)	Déflexion (mm/100)	Observations
10	2164	0.377	134.60	non vérifiée
15	1602.4	0.254	121.3	non vérifiée
20	1188.10	0.181	108.8	<b>vérifiée</b>

Conclusion et recommandation:

L'épaisseur couche de roulement retenue est 20 cm. **Afin de conserver cette épaisseur il est recommandé un entretien tous les deux ans ainsi que l'implantation des barrières de pluie tous les 5 km le long de l'axe.**

## CHAPITRE IV : ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIAQUE

L'objectif est de déterminer un débit optimal qui permettra de dimensionner les ouvrages de franchissement. Pour atteindre cet objectif, les études suivantes seront abordées:

- l'étude hydrologique pour déterminer les débits à faire transiter par les ouvrages ;
- l'étude hydraulique pour préciser l'ouverture optimale des dalots pour les débits à écouler ;

### IV.1. ETUDES HYDROLOGIQUES

Cette étude vise à déterminer le débit de crue. Il peut être déterminé à partir d'ajustements statiques effectués sur les observations d'un poste de référence. Néanmoins, une approche pratique et suffisamment précise dans de très nombreux cas, consiste à utiliser les cartes d'isohyètes.

Le **Manuel FAO numéro 54** : « *Crués et Apports* », *manuel pour l'estimation des crués décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche* sera utilisé pour tous les calculs hydrologiques.

Les méthodes ORSTOM, CIEH (FAO, 1968) et la méthode rationnelle seront utilisées pour estimer le débit de crue du projet.

#### IV.1.1 Calcul de débit de crue par la méthode ORSTOM

Cette méthode, s'applique aux bassins versants situés entre les isohyètes annuelles 150 à 1200 mm, ayant de superficie comprise entre 1 à 2 km<sup>2</sup> et 1500 pour 2000km<sup>2</sup>. Le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de crue décennale est défini par la relation suivante :

$$Q_{r10} = A * P_{10} * K_{r10} * \alpha_{10} * S / T_{b10} \quad (1)$$

**A** : le coefficient d'abattement ;

**P<sub>10</sub>** : la hauteur de pluie décennale ;

**K<sub>r10</sub>** : est le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale ;

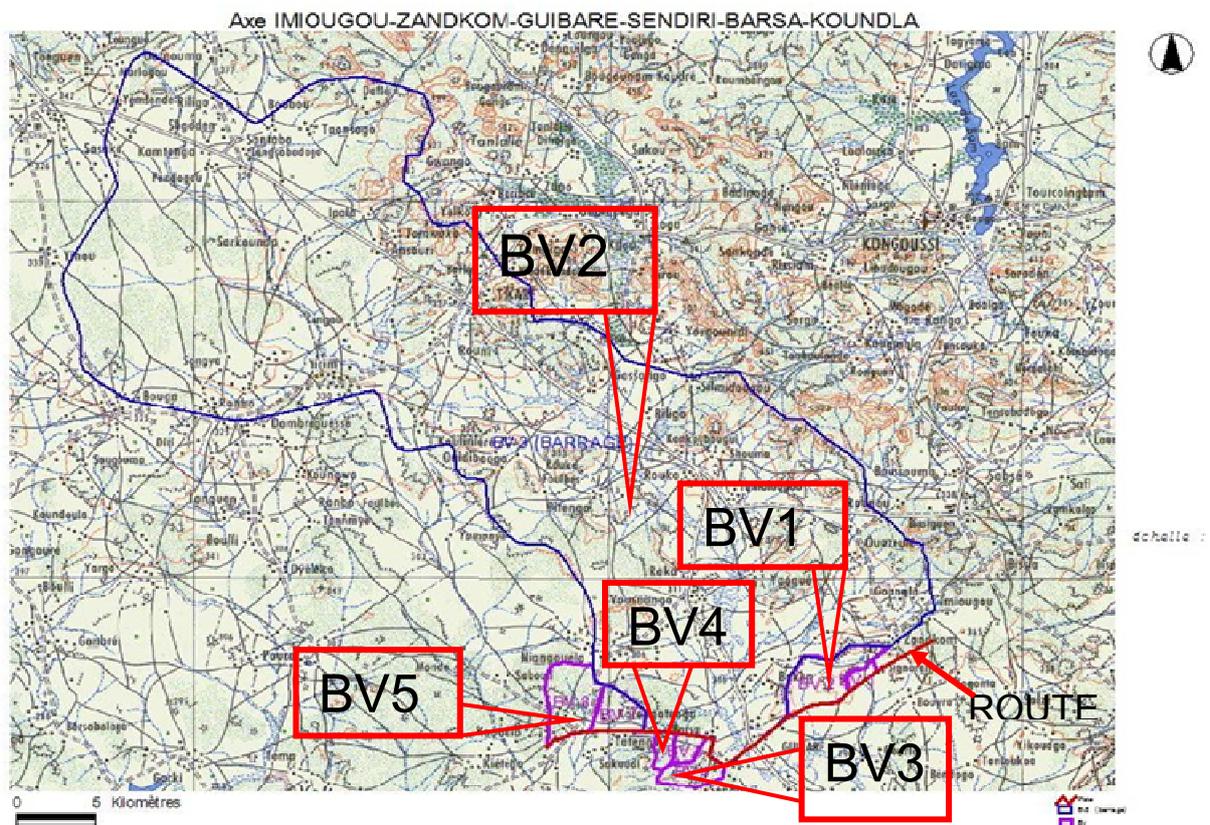
**α<sub>10</sub>** : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale ;

S : la superficie du bassin versant ;

Tb<sub>10</sub> : le temps de base correspondant à la crue décennale.

➤ **Délimitation des bassins :**

La délimitation se fait en suivant les lignes de crêtes définissant les bassins versants (BV). Elle ne concerne que des bassins visibles sur la carte. Dans le cas de ce projet, cinq (5) bassins sont visibles comme indique la **figure IV.1**:



*Figure IV.1 : délimitation des bassins versants*

➤ **Détermination des paramètres des bassins versants :**

Les superficies et périmètres ont été déterminés à l'aide du logiciel Arcview. Le chemin hydraulique est mesuré à partir du logiciel Autocad. Les pentes moyennes, les indices de compacités les dénivelées ainsi que la longueur du rectangle équivalent ont été déduits respectivement par les formules (2), (3), (4) et (5). Les résultats sont regroupés sur le **tableau IV.1** ci-dessous.

$$I = \frac{0.026}{\sqrt{S}} \quad (2)$$

P : périmètre du BV en Km

$$I_{\text{comp}} = 0.282 \times P \times S^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

S : superficie en km<sup>2</sup>

I : pente moyennes en (%)

$$D = I \times L_p \times 90\% \quad (4)$$

Icomp : indice de compacité (m/km)

$$L = S^{1/2} \left[ \frac{I_{\text{com}}}{1.128} \left[ 1 + \left( 1 - \frac{I_{\text{com}}}{1.128} \right)^2 \right]^{1/2} \right] \quad (5)$$

L : longueur du rectangle équivalent en km ; D : dénivelée (m) ; Lp : chemin hydraulique (m).

Le tableau IV.1 : résultats de calcul des paramètres des bassins versants

PK	Bassins versants	Superfici es (km <sup>2</sup> )	Périmètr es (km)	Pentes moyennes (%)	Indices de compacité (Icomp)	Rectangle Equivalent L (km)	Chemin hydraulique (m)	Dénivelées(m)
6+804	BV1	7.4	13.68	0.96	1.42	5.50	810	91.72
9+692	BV2	516.4	127.68	0.11	1.58	54.11	98999	65.68
11+868	BV3	3.4	7.91	1.4	1.21	2.69	595	96.49
13+213	BV4	0.95	4.19	2.7	1.21	1.42	165	104.31
18+319	BV5	7.3	11.50	0.96	1.20	3.85	810	91.82

➤ Détermination des précipitations :

La précipitation annuelles **P<sub>an</sub>** et la précipitation journalière décennale **P<sub>10</sub>** sont déterminées en projetant les coordonnées Géographiques du Département de Guibaré (01°36' de longitude Ouest et 13°6' de latitude Nord) sur la carte des isohyètes. Les valeurs respectives sont 600 mm et 90 mm (détail en annexe IV).

**NB** : l'analyse statistique de la pluviométrie effectuée par AICET a donnée la précipitation décennale exception P<sub>10</sub>=104 mm et précipitation annuelle moyenne Pan = 568 mm.

**Pan=600 mm et P10 = 104 mm sont retenues pour les calculs.**

➤ **Estimation du coefficient d'abattement A et de la précipitation moyenne P<sub>m10</sub> :**

Le coefficient A est déterminé par la formule (6) et la précipitation journalière décennale moyenne **P<sub>m10</sub>** sur chaque bassin versant par la formule (7). Les résultats des calculs sont donnés dans tableau IV.2 suivant.

$$A = 1 - \left[ \frac{(161 - 0.042 \times P_{\text{an}})}{1000} \right] \times \log S \quad (6); \quad P_{m10} = A \times P_{10} \quad (7)$$

*Tableau IV.2:* Estimation du coefficient d'abattement et de la précipitation moyenne décennale

Bassins versants	Superficie (km <sup>2</sup> )	Pan (mm)	Coefficient A	P <sub>10</sub> (mm)	Pm <sub>10</sub> (mm)
BV1	7.4	600	0.882	104	91.72
BV2	516.4	600	0.632	104	65.68
BV3	3.4	600	0.928	104	96.49
BV4	0.95	600	1.003	104	104.31
BV5	7.3	600	0.883	104	91.82

➤ **L'indice global de pente Ig, le temps de base T10 et coefficient de ruissellement Kr10**

Ces paramètres ont été déterminés et utilisés pour l'estimation de débit de crue donné par la formule (1). Les résultats sont regroupés dans tableau IV.3 Le détail des calculs se l'annexe IV du rapport.

*Tableau IV.3 :* résultat de l'estimation de débit maximal total (ORSTOM)

BV	Pm <sub>10</sub> (mm)	Kr <sub>10</sub> (%)	S (km <sup>2</sup> )	Tb <sub>10</sub> (mn)	Vr <sub>10</sub> . 10 <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	Qmr <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Qr <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV1	91.72	44	7.4	1400	298.64	3.56	8.53	8.79
BV2	65.68	40	516.4	4500	13566.86	50.25	120.59	138.68
BV3	96.49	57	3.4	600	187.00	5.20	12.47	12.84
BV4	104.31	49	0.95	800	48.60	1.01	2.43	2.50
BV5	91.82	45	7.3	1250	301.63	4.02	9.65	9.94

**IV.1.2 CALCUL DE DEBIT PAR LA METHODE CIEH(C .PUECH et D. CHABI GONNI ,1984 ; actualisation 1996) :**

Elle est basée sur, les modèles de régressions multiples, et est valable pour les BV courant des superficies allant 2 à 2000 km<sup>2</sup> et recevant des précipitations comprises entre 95 et 2000 mm.

La méthode est présentée sous forme de formule de corrélation linéaire entre différents paramètres, traduite en deux à trois abaques variables selon les zones climatiques.

La formule générale est : 
$$Q_{10} = a \times S^s \times Pan^p \times Ig^i \times Kr_{10}^k \times D_d^d \dots\dots (8)$$

Où a, s, p, d,..... sont des coefficients à déterminer et,

**Q10** : le débit de crue décennale (m3/s) ; **Pan** : la pluie annuelle moyenne (mm) ;

**S** : la superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>) ; **Ig** : l'indice global de pente (m /km) ;

**Kr10** : coefficient de ruissellement décennal (%) ; **Dd** : densité de drainage (km<sup>-1</sup>)

(8) donne lieu à des multitudes équations selon les découpages par zones climatiques, par pays ou groupes de pays mais nous n'utiliserons que quatre qui sont spécifiques au Burkina Faso:

1) Equation n°10 :

$$Q_{10} = 0.0833 \times S^{0.696} \times Ig^{0.953} \times Kr_{10}^{0.534}$$

2) Equation n°40 dite meilleure formulation de 1996

$$Q_{10} = 0.254 \times S^{0.462} \times Ig^{0.101} \times Kr_{10}^{0.976}$$

3) Equation n°42 :

$$Q_{10} = 0.0912 \times S^{0.643} \times Ig^{0.399} \times Kr_{10}^{1.019}$$

4) Equation n°44 :

$$Q_{10} = 203 \times S^{0.459} \times Pm_{10}^{-1.301} \times Kr_{10}^{0.813}$$

Ces quatre (4) équations ont été utilisées pour calculer le débit de chaque BV dont les résultats sont présentés dans tableau IV.4

*Tableau IV.4* : estimation de débit maximal total (CIEH)

BV	S (km <sup>2</sup> )	Ig (m /km)	Kr <sub>10</sub> (%)	Pm <sub>10</sub> (mm)	Q10.1 (m <sup>3</sup> /s)	Q10.2 (m <sup>3</sup> /s)	Q10.3 (m <sup>3</sup> /s)	Q10.4 (m <sup>3</sup> /s)
BV1	7.4	1.27	44	91.72	<b>3.18</b>	<b>25.79</b>	<b>14.06</b>	<b>30.86</b>
BV2	516.4	1.81	40	65.68	<b>81.27</b>	<b>176.96</b>	<b>275.27</b>	<b>309.56</b>
BV3	3.4	5.28	57	96.49	<b>8.26</b>	<b>23.52</b>	<b>21.19</b>	<b>24.96</b>
BV4	0.95	1.49	49	104.31				
BV5	7.3	1.82	45	91.82	<b>4.49</b>	<b>26.29</b>	<b>16.49</b>	<b>31.19</b>

Il y a pour chaque BV sauf BV4 quatre (4) valeurs différentes de débit (Q10.1, Q10.2, q10.3, Q10.4). Seule la valeur réaliste sera retenue.

#### IV.1.2 METHODE RATIONNELLE

Cette méthode n'est applicable qu'aux bassins versants de superficies inférieures 4 km<sup>2</sup>. Elle concerne essentiellement les BV3 et BV4 et les sections de chaussée qui recevront les eaux de pluies. Le débit est calculé par la relation :

$$Q_{10} = 0.278 C.I.A;$$

$$t_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{0.77}}{p^{0.38}};$$

$$I = a.t_c^{-b}$$

a et b : constantes de MONTANA ; a = 6,5 et b = 0,4

A : superficie du bassin versant en km<sup>2</sup>

t<sub>c</sub> : temps de concentration en mn ; p : pente du bassin versant

C : coefficient de ruissellement et L : chemin hydraulique en m

I = intensité de l'averse en mm/h ;

Les valeurs de a et b sont celles de la ville d'Ouahigouya proche du site de projet. Les résultats des calculs sont regroupés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau IV.5 a: estimation du débit maximal par la méthode Rationnelle

Bassins versants	Pente du BV p=I	L (m)	t <sub>c</sub> (mn)	C	A	I (mm/h)	Q <sub>10</sub>
BV3	0.027	595	19.31	0.57	3.4	14.21	7.65
BV4	0.014	165	11.63	0.49	0.95	17.41	2.25

#### Pour la chaussée

Tableau IV.5 b: estimation du débit ruisselé par la méthode Rationnelle

Longueur L du tronçon (m)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Temps de concentration (mm)	Intensité de l'averse (mm/h)	Coefficient de ruissellement	Débit ruisselé Q <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /s)
500	0.0025	9.354	15.897	0.95	0.0106
2000	0.01	27.200	24.364	0.95	0.0653

#### ➤ Débit projet :

Le débit projet sera la moyenne des débits (débits CIEH choisi et débit ORSTOM).

En ce qui concerne la période retour, conformément aux TDR, 10 ans est retenu pour les ouvrages à être implantés dans les petits bassins et 50 ans pour qui sera implanté au niveau du barrage (BV2). Débit de pointe correspondant est le débit de 50 ans  $Q_{50}$ .

Détermination de débit centennal  $Q_{100}$  et  $Q_{50}$

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

$$C = 1 + \frac{(p_{100} - p_{10})}{p_{10}} \times \frac{\left(\frac{T_b}{24}\right)^{0.12}}{Kr_{10}} \quad (16)$$

$T_b$  : temps base décennal en heures  
 $Kr_{10}$  : coefficient de ruissellement décennal (%)  
 $P_{10}$  : pluie journalière moyenne décennale (mm)  
 $P_{100}$  : pluie journalière moyenne centennale (mm)

En zone tropicale sèche  $\frac{(p_{100} - p_{10})}{p_{10}} = 0.38$ .

$T_b = 4500 \text{ mn} = 75 \text{ heures}$

$Kr_{10} = 40\%$

Le tableau IV.6 suivant récapitule les débits estimés issus des différentes méthodes. La dernière colonne présente le débit projet retenu pour chaque bassin versant.

Tableau IV.6 : débit projet

Bassins versants	$Q_{10}$ (CIEH) (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{10}$ (ORSTOM) (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{10}$ (Rationnelle) (m <sup>3</sup> /s)	Débits projet Q (m <sup>3</sup> /s)
BV1	25.79	8.79	-	<b>17.29</b>
BV2	176.96	138.68	-	<b>165.00</b>
BV3	24.96	12.84	<b>7.65</b>	<b>18.9</b>
BV4	-	2.50	<b>2.25</b>	<b>3.00</b>
BV5	26.29	9.94	-	<b>18.12</b>

Conclusion :

Les trois méthodes d'estimation débit ont permis de trouver le débit de projet pour chaque bassin versant. Ce débit servira à dimensionner hydrauliquement l'ouvrage concerné dans le sous chapitre qui va suivre.

## IV.2 ETUDE HYDRAULIQUES

Cette étude permettra de déterminer l'ouverture optimale de chaque ouvrage pouvant écouler le débit projet. Pour ce projet, les dalots cadres seront retenus comme ouvrages de franchissement car ils offrent une structure rigide en béton armé.

### IV.2.1 débits de dimensionnement des dalots

Les débits à retenir pour le dimensionnement hydraulique des dalots sont ceux calculés précédemment et présentés consignés dans tableau IV.7

Tableau IV.7 : Récapitulatif des débits de dimensionnement des dalots

Bassin s versants	BV1	BV2	BV3	BV4	BV5
DALOT	OH1	OH2	OH3	OH4	OH5
DEBIT Q (m <sup>3</sup> /s)	17.29	165.00	18.90	3.00	18.12

### IV.2.2 Dimensionnement hydraulique des dalots

Le dimensionnement hydraulique des dalots a été fait selon les méthodes développées dans le manuel « Hydraulique Routière » élaboré pour le compte du ministère Français de la coopération et du développement (1979). La méthode graphique est adoptée pour la détermination des sections BD des dalots. Le tableau IV.8 présente le résultat des calculs (les détails sont en annexe IV).

Tableau IV.8: caractéristiques des dalots

PK	DESIG NATION	Débit du projet (m <sup>3</sup> /s)	TYPE DALOT	DIMENSION (m)	DEVERS (%)	
					Gauche	Droit
6+804	OH1	17.29	Multiple1	3 x (3.00 x 2.00)	2.50	-2.50
9+692	OH2	165.00	Multiple2	12 x (3.00 x 2.50)	2.50	-2.50
11+868	OH3	18.9	Multiple3	4 x (3.00 x 1.00)	2.50	-2.50
13+213	OH4	3.00	Simple	1 x (2.00 x 1.00)	2.50	-2.50
18+319	OH5	18.12	Multiple4	3 x (3.00 x 2.00)	2.50	-2.50

PK	DESIGNATION	TYPE DALOT	Pente longitudinale	Longueur (m)	Sens d'écoulement
6+804	OH1	Multiple1	1%	10.20	Droite vers la Gauche
9+692	OH2	Multiple2	1%	39.90	Droite vers la Gauche
11+868	OH3	Multiple3	1%	13.5	Gauche vers la Droite
13+213	OH4	Simple	1%	2.40	Gauche vers la Droite
18+319	OH5	Multiple4	1%	10.20	Droite vers la Gauche

**NB** : - le sens de l'écoulement est déterminé en orientant l'axe de la RN22 vers koundla ;

- le calage des ces ouvrages sera fait en tenant compte de l'épaisseur 0.50 cm de remblai au dessus d'eux et le fil d'eau.

#### IV.2.3 Détermination de la section des fossés latéraux :

La formule de Manning suivant sera utilisée pour la détermination des sections de fossés

$$Qc = k \times S \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad \text{où}$$

K : coefficient de rugosité ;

S : section mouillée de l'ouvrage (m<sup>2</sup>) ;

RH : rayon hydraulique (m) ;

I : pente ;

Le débit limite d'érosion est déterminé par  $Q_{er} = S \times V_{max}$  avec  $V_{max} = 3.0m/s$

**Type de fossé retenu** : section triangulaire de fruits de berge  $m1=3/2$  ;  $m2 = 2/3$  et  $I=0.002$ .

Le débit capable  $Q_c$  est obtenu en fixant la profondeur  $y$ . Si  $Q_c$  est supérieur au débit de ruissellement  $Q_r$  (tableau IV5b) et au débit d'érosion  $Q_{er}$  alors la section du fossé convient pour assainir la chaussée. Cette démarche a été adoptée pour effectuer des simulations en Excel dont le résumé et les sections retenues sont indiqués dans le tableau ci- dessous.

Tableau IV.9 : débits de dimensionnement de fossés

L(m)	K	y	p	S	RH	Qc	Qr	Q <sub>er</sub>
500	33	0.200	0.600	0.043	0.074	<b>0.011</b>	<b>0.0106</b>	<b>0.130</b>
2000	33	0.400	1.202	0.173	0.144	<b>0.070</b>	<b>0.0653</b>	<b>0.520</b>

**Conclusion** : Le débit de dimensionnement ou le débit capable est supérieur au débit ruisselé, de même la condition limites est vérifiée. La section du fossé est déterminée suivant la longueur L comme suit :

- pour  $L \leq 500$  m un fossé profondeur  $h=0.20m$  et de lame en miroir  $l = \frac{13 \times h}{6} = 0.45m$  est retenu ;
- pour  $L \leq 2000$  km  $h=0.40m$  et  $l= 90m$  ou la section  $h= 0.2m$  et  $l=0.45m$  avec fossés divergences

## CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES DALOTS

Le dimensionnement structural permet de déterminer les sections d'aciers nécessaires pouvant assurer la résistance et la stabilité des dalots.

### V.1. HYPOTHESES DE CACUL ET DONNEES DE BASE

#### V.1.1. règlements – instructions – matériaux :

##### ➤ Documents de référence :

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dites BAEL 91 révisées en 99.

Les surcharges routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) français régnant en la matière.

Les ouvrages seront calculés par rapport au système de charge du type B conformément aux termes de référence de l'étude.

##### ➤ Caractéristiques des matériaux :

###### 🇨🇲 Béton :

Poids volumique = 25kN/m<sup>3</sup>

Fissuration préjudiciable (F.P)

Résistance nominale à 28j :

- A la compression :  $f_{c28} = 25\text{MPa}$
- A la traction  $f_{t28} = 0.6 + 0.06 \times f_{c28} = 2.1\text{MPa}$

Coefficient de sécurité :  $\gamma_b = 1.5$

Coefficient  $\theta = 1$

Contrainte de calcul :  $\sigma_{bc} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0.85 \times 27}{1.50} = 14.20\text{MPa}$

Contrainte limite du béton :  $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 0.6 \times 25 = 14.20\text{MPa}$

 **Acier :**

Nuance : acier à Haute Adhérence FeE400

Coefficient de sécurité :  $\gamma_s = 1,15$

Coefficient d'adhérence :  $\eta = 1,6$

Limite d'élasticité garantie  $f_e = 400\text{MPa}$

Contrainte de calcul de l'acier :  $\sigma_s = \frac{F_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ MPa}$

Contrainte admissible :  $\bar{\sigma}_s = \min \left[ \frac{2}{3} f_e; \max(0.5 \times f_e; 110\sqrt{\eta f_{t28}}) \right]$

$\bar{\sigma}_s = \min \left[ \frac{2}{3} \times 400; \max(0.5 \times 400; 110\sqrt{1.6 \times 2.1}) \right] = 201.63 \text{ MPa}$

Enrobage = 3 cm.

### **V.1.2 Principes de calcul des efforts et sollicitations :**

Les calculs seront à mener pour une bande de largeur de 1.00 m de dalot.

➤ **Dalot à une ouverture :**

Les valeurs des sollicitations des moments et efforts normaux M et N seront déterminés sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage « Formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL.

➤ **Dalot à ouvertures multiples :**

Les valeurs des efforts, sollicitations et réactions d'appuis seront déterminés à partir des formules dites « équations des trois moments ».

➤ **Données diverses**

Largeur nette de l'ouverture : selon chaque type

Hauteur nette de l'ouverture : selon chaque type

Largeur roulable :  $L_r = 7.00\text{m}$

Largeur chargeable :  $L_c = 7.00 \text{ m}$

Nombre de voies :  $n = E (L_c/3) = 2$

Classe du pont : 1ere classe

Coefficient de majoration de charges :  $b_c$

Ce coefficient dépend de classe de ponts et nombre de file de camions disposés sur  $L_r$ .

Tableau V.1 : valeur du coefficient  $b_c$  (source : note de cours master2 2iE 2011)

Classe du pont	Nombre de files disposées transversalement/ $b_c$				
	1	2	3	4	Supérieur à 5
I	1.20	1.10	0.95	0.80	0.70
II	1.00	1.00	-	-	-
III	1.00	0.80	-	-	-

Conformément au tableau ci- dessus,  $b_c = 1.10$

Coefficient de majoration dynamique :  $\delta = 1 + \frac{0.40}{1+0.20*L} + \frac{0.60}{1+4*G/S}$

### Hypothèses sur les remblais :

Hauteur de remblais sur le tablier :  $e_r = 0.50$  m

Poids spécifique du remblai :  $\gamma_d = 20$  kN/m<sup>3</sup>

Coefficient de poussée des terres :  $k = 0.333$

## V.2 CALCULS BETON ARME DES DALOT

- Les calculs seront menés à l'ELU et à l'ELS. Le cas défavorable sera retenu pour ferrailage de l'élément concerné (tablier, radier, piédroit). Selon la valeur de l'excentricité ( $e = \frac{M}{N}$ ), le calcul se fera en flexion simple ou flexion composée :
- Si  $e > 4*h$ , calcul en flexion simple (h est l'épaisseur de l'élément à dimensionner) ;
- Si  $e < 4*h$ , calcul en flexion composée.

- Les résultats des calculs sont présentés sous de tableaux. Les détails de calculs et les documents graphiques seront en annexe V.

### V.2.1 Dalot simple 1x2.00x1.00

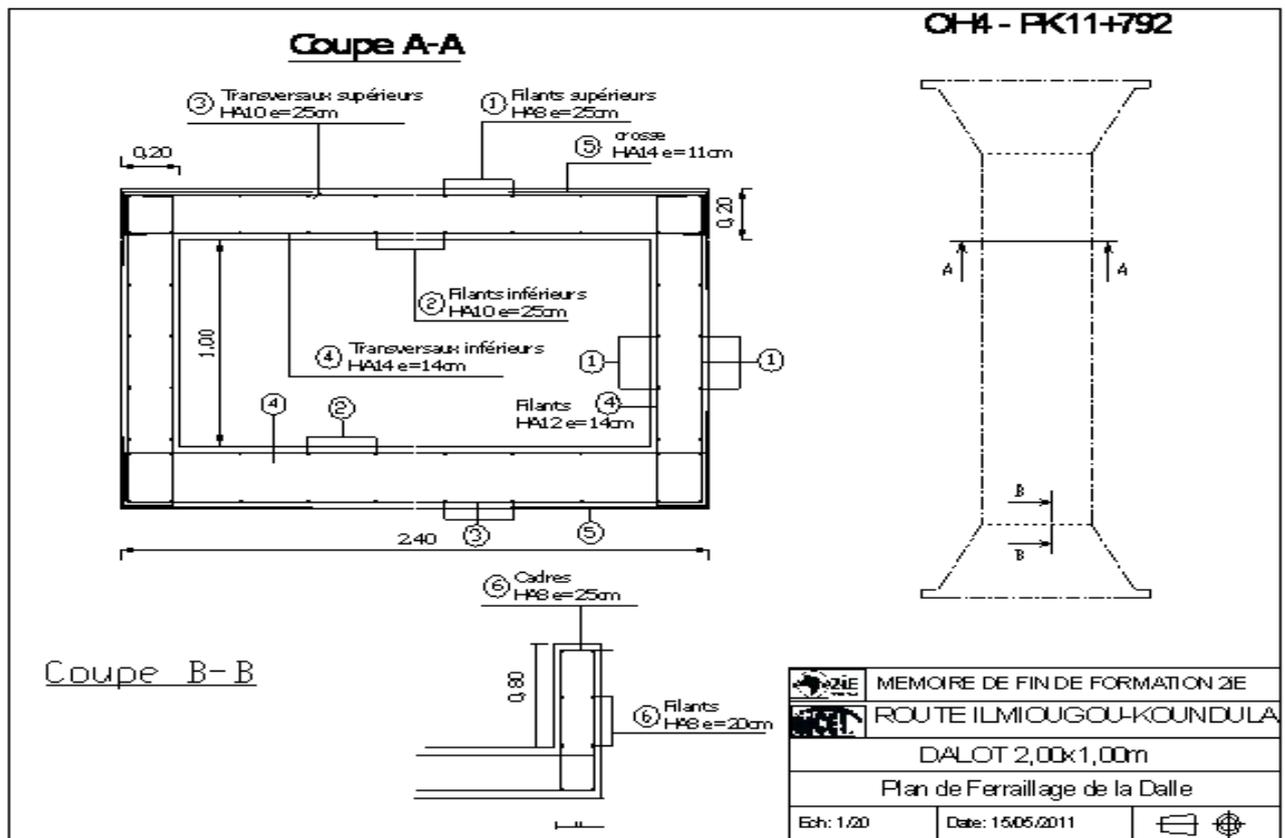
Les sollicitations ont été déterminées par « Formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL. Le calcul des aciers est mené à l'ELU et l'ELS, aussi bien en flexion simple qu'en flexion composée et le cas le plus défavorable est retenu pour ferrailage de l'ouvrage (tableau suivant).

Tableau V.2 : résultat calcul ferrailage dalot simple

ELU	APPUIS A	APPUIS B	Travée AB	Travée AD	Travée BC
$MU= 1,35xMG+1,60xMQ$	0.059	0.060	0.057	0.048	0.046
$NU=1,35xNG+1,60xNQ$	0.051	0.045	0.179	0.179	0.045
$e=MU/NU$	1.159	1.346	0.318	0.268	1.026
$AU=Mu/Z\sigma_s$	0.001091	0.001110	0.001040	0.000865	0.000828
ELS	A	B	AB	AD	BC
$Ms= MG+1,20xMQ$	0.044	0.045	0.043	0.036	0.034
$Ns=NG+1,20NQ$	0.038	0.034	0.134	0.038	0.034
$e=Ms/Ns$	1.160	1.345	0.318	0.935	1.025
Aser (exacte)	0.001269	0.001311	0.000655	0.000972	0.000958
aciers retenus (cm <sup>2</sup> ) par ml	0.001269	0.001311	0.00104	0.000920	0.000958
	<b>9HA14</b>	<b>9HA14</b>	<b>7HA14</b>	<b>6HA14</b>	<b>7HA14</b>
	13.85cm <sup>2</sup>	13.85cm <sup>2</sup>	10.78cm <sup>2</sup>	9.24cm <sup>2</sup>	10.78cm <sup>2</sup>
espacement (cm)	11	11	14	16	14

Après avoir déterminé les sections pour chacun des éléments du dalot simple un schéma de coupe de ferrailage a été proposé ci-dessous.

Schéma coupe de ferrailage



**Prévision de la portance du sol de fondation :**

Poids dalot :  $16.6 \times 7.00 = 116.20 \text{ kN}$

Charges routière Mc120 = 1100kN

Poids total = 1916.87kN

Contrainte exercée par le dalot  $\sigma_d = \frac{1916.87}{7 \times 2.4} = 114.10 \text{ kN/m}^2$  soit **0.114MPa ou 1.14bars**

**Conclusion :** le calcul a permis constater l'écart des résultats pour les différentes considérations (ELU, ELS, ...) de calcul. Par ailleurs le dalot peut être posé sur un sol de contrainte supérieure à **0.120MPa** pour éviter le poinçonnement du sol de fondation.

**V.2.2 Dalots multiples**

Les sollicitations ont été déterminées par les formules des équations à trois moments pour les permanentes et par la méthode de ligne d'influence pour les charges routières. Le calcul des sections d'aciers des tabliers, des radiers et piédroits d'extrémité selon les conditions du V.2

et les piédroits intermédiaires en compression simple en les considérant comme poteau rectangulaire de section 0.30x1.00.

Les récapitulatifs des calculs sont présentés dans les tableaux ci-dessous par nombre d'ouvertures et les détails en annexe V.

Tableau V.3 : récapitulatif des sections d'aciers (3x3.00x2.00)

3x3.00x2.00	Tablier			Radier		
	travées		Appuis	travées		Appuis
	A-B/C-D	B-C	B et C	A-B/C-D	B-C	B et C
Sollicitatio n/section						
Mu (kN.m)	92.04	59.27	108.98	63.03	30.55	7665
Ms (kN.m)	68.82	44.39	81.47	46.92	22.80	57.04
Au/Aser (cm <sup>2</sup> ) calculé	10.28/13.93	6.50/8.98	12.29/16.0 3	6.93/9.45	3.30/4.61	8.49/11.54
Aciers tendus par ml	<b>10HA14</b> 15.40 cm <sup>2</sup> ep=10cm	<b>6HA14</b> 9.24cm <sup>2</sup> ep=16cm	<b>9HA16</b> 18.09cm <sup>2</sup> ep=11cm	<b>7HA14</b> 10.78cm <sup>2</sup> ep=14cm	<b>5HA12</b> 5.65cm <sup>2</sup> ep=20cm	<b>8HA14</b> 12.32cm <sup>2</sup> ep=12.5cm
Acier de répartition	<b>5HA10</b> 3.95cm <sup>2</sup>	<b>5HA10</b> 3.95cm <sup>2</sup>	-	<b>6HA8</b> 3cm <sup>2</sup>	<b>5HA8</b> 2.5cm <sup>2</sup>	-
<b>Piédroits</b>						
Sollicitation/section	Intermédiaires B et C			Extérieur A et D		
Mu (kN.m)	-			212.40		
Nu	412.20			152.77		
Nbmax	4137.68			-		
Au/Aser (cm <sup>2</sup> )	-			25.06/16.03		
Aciers (tendus et	<b>5HA12</b> par face			<b>1<sup>er</sup>lit 7HA16+ 2<sup>e</sup> lit</b>		

longitudinaux) par ml	5.65cm <sup>2</sup> ep= 20cm	<b>6HA16</b> 26.13cm <sup>2</sup> ep= 14cm
aciers	6HA8 3cm <sup>2</sup>	6HA12 6.78cm <sup>2</sup>

➤ Le plan de ferrailage (voir annexe séparée en fichier joint)

**Prévision de la portance du sol de fondation :**

Poids dalot : 32.59\*7.00\*3 = 684.39kN

Charges routière Mc120 = 1100kN

Poids total =2683.93kN

Contrainte exercée par le dalot  $\sigma_d = \frac{2683.93}{7 \times 13.50} = 28.40 \text{ kN/m}^2$  soit **0.028MPa ou 0.28 bars**

**NB:** à partir de ce résultat, il sera convenu de poser tous les dalots sur un sol de fondation de contrainte supérieure ou égales **0.120 MPa**.

Tableau V.4: récapitulatif des sections d'aciers (4x3.00x100)

3x4x3.00x1.0 0	Tablier				Radier			
	travées		Appuis		travées		Appuis	
	A-B et D- E	B-C et C-D	B et D	C	A-B et C- D	B-C et C- D	B et D	C
Aciers tendus par ml	<b>9HA14</b>	<b>7HA14</b>	<b>9HA16</b>	<b>8HA16</b>	<b>7HA12</b>	<b>5HA12</b>	<b>7HA14</b>	<b>7HA12</b>
	13.36cm <sup>2</sup> ep=1cm	10.7cm <sup>2</sup> ep=14cm	18.0cm <sup>2</sup> ep=11 cm	16.0cm <sup>2</sup> ep=12.5cm	7.91cm <sup>2</sup> ep=14 cm	5.65cm <sup>2</sup> ep=20cm	10.78cm <sup>2</sup> ep=14cm	7.91 cm <sup>2</sup> ep=14cm
Acier de répartitio	<b>5HA10</b> <b>3.95cm<sup>2</sup></b>	<b>5HA10</b> <b>3.95cm<sup>2</sup></b>	-	-	<b>6HA8</b> <b>3cm<sup>2</sup></b>	<b>6HA8</b> <b>3cm<sup>2</sup></b>	-	-

Tableau V.5: récapitulatif des sections d'aciers (4x3.00x2.50)

4x3.00x2.50	Tablier				Radier			
	travées		Appuis		travées		Appuis	
	A-B et D-E	B-C et C-D	B et D	C	A-B et C-D	B-C et C-D	B et D	C
Aciers tendus par ml	<b>9HA14</b>	<b>7HA14</b>	<b>9HA16</b>	<b>8HA16</b>	<b>6HA14</b>	<b>5HA12</b>	<b>8HA14</b>	<b>6HA12</b>
	13.36 cm <sup>2</sup> ep=11cm	10.78cm <sup>2</sup> ep=14cm	18.09cm <sup>2</sup> ep=11cm	16.08 cm <sup>2</sup> ep=12.cm	9.24cm <sup>2</sup> ep=16cm	5.65cm <sup>2</sup> ep=20cm	12.32cm <sup>2</sup> ep=12.5 cm	9.24 cm <sup>2</sup> ep=16cm
Acier de répartition	<b>5HA10</b> <b>3.95cm<sup>2</sup></b>	<b>5HA10</b> <b>3.95cm<sup>2</sup></b>	-	-	<b>6HA8</b> <b>3cm<sup>2</sup></b>	<b>6HA8</b> <b>3cm<sup>2</sup></b>	-	-

Les piédroits intermédiaires sont ferrillés comme le cas du dalot à trois (3) ouvertures. Ceux d'extrémité sont ferrillés par 10HA16 pour le dalot (4 x3.00x1. 00) et de 17HA16 (en 2lits) pour le dalot (12 x3.00x2. 50).

➤ **Le plan de ferrillage (voir annexe séparée )**

**Conclusion partielle et recommandation :**

L'estimation des débits n'exige non seulement les connaissances en hydrologie mais aussi les enquêtes et l'expérience du terrain, ce qui constitue la difficulté majeure pendant cette étude.

Les débits du projet ont servi à déterminer les sections de dalots. A l'issue de calcul des sections d'armature, il a été constaté que les piédroits intermédiaires sont moins ferrillés que ceux d'extrémité. Ceci est normal car les seconds sont plus sollicités que les premiers. De même les aciers sont denses en appui qu'en travée pour le tablier et le radier.

Afin d'éviter d'éventuels tassement, glissement et l'affouillement des sols à l'aval des dalots il est recommandé de :

- Réaliser une couche de remblai de 0.35 cm sous les radiers ;
- Réaliser sous chaque bloc de radier deux éléments d'ancrage en béton armé par bloc;
- Prévoir des gabions 1.00x0.50 à l'aval des dalots multiples et de l'enrochement à l'aval du dalot simple.

## CHAPITRE VI : ETUDES GEOMETRIQUE DE LA ROUTE

Une route est graphiquement représentée par le Tracé en plan, le Profil en long et le Profil en travers type.

L'étude géométrique de la route a pour objet d'intégrer les paramètres tels que les rayons de courbure, la vitesse de référence, les devers et les déclivités dans la conception de ces éléments en vue :

- d'assurer la sécurité des usagers et leur confort ;
- d'assurer un trafic un fluide ;
- d'adapter la route au contexte environnemental, socio-économique et financier.

Il est à signaler que cette étude géométrique de la route ne pourrait réussir sans une l'étude topographie.

### VI.1. ETUDE TOPOGRAPHIQUE

L'étude topographique de tout ouvrage commence par les levés des différents points du terrain naturel qui recevra le futur ouvrage. Ces levés permettent de bien connaître le relief, la végétation du terrain. Pour ce projet, ces levés ont réalisés tout le long de la route projet. Ces points levés sont traités à l'Excel et le logiciel Piste5, et ont permis de calculer les points hauts et les bas après avoir triangulé les semis de points. L'essentiel l'étude consistera à calculer l'axe en plan, le profil en long, le profil en travers, les devers, et déclivités en se servant du logiciel Piste5 et des normes de conception géométrique.

### VI.2. CARCTERISTIQUES TECHNIQUES ET NORMES D'ETUDE

#### DESCRIPTION DU PROJET D'AMENAGEMENT

Comme déjà signalé, du point de vue géométrique, les caractéristiques imposées dans les TDR seront respectées (chaussée de 7 m sans accotements). Les vitesses de référence de 100 km/h en rase campagne et 50 ou 60 km/h dans les agglomérations. Les paramètres géométriques associés à la vitesse sont indiqués dans suivant.

Tableau VI.1 : caractéristiques techniques et normes d'étude

Caractéristiques techniques	Standard d'aménagement classe I
Vitesse de référence : 100 km/h	✓ Plate forme constituée de remise en forme du terrain naturel
Largeur de chaussée : 7m	

L'emprise	: 20m	✓ Couche de roulement continue sur une épaisseur variant entre 20 cm ✓ Aménagement des points bas (talwegs) ✓ Ouvrage d'assainissement minimum (radiers ou buses, fossés et exutoire)
Devers minimal	: 2.5%	
Devers minimal	: 7%	
Rayon horizontal minimal absolu	: 425m	
Déclivité maximale	: 5%	
Distance tabulation	: 50m	
Niveau minimum de la chaussée hors d'eaux	: TN+15cm	

### VI.3. TRACE EN PLAN

Le tracé en plan est la projection sur le plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession d'alignements droits et des arcs de cercles et éventuellement des clothoïdes lorsque le rayon circulaire l'impose. Les contraintes liées à ce tracé en plan dépendent de catégories de routes et du terrain naturel.

Pour tracer l'axe de la chaussée la démarche suivante adoptée:

- identifier les coordonnées des points du début et la fin du projet
- identifier les alignements droits ;
- identifier le sommet du polygone à partir des coordonnées cartésiennes ;
- raccorder les alignements droits à partir de rayon adéquat ;
- Construction de l'axe en plan du projet.

#### VI.3.1. Coordonnées des points du début et la fin du projet

Tableau VI.2 : Coordonnées des points de début et fin d'axe

<b><u>ORIGINE DU TRONCON : POINT PD(RN22)</u></b>			
<b>Kilométrage</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>PK 0+000</b>	<b>0658930</b>	<b>1452878</b>	<b>298.78</b>
<b><u>FIN DU TRONCON : POINT PF (village Koundla)</u></b>			
<b>Kilométrage</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>PK 19+851</b>	<b>0643319</b>	<b>1448524</b>	<b>253.06</b>

### VI.3.2. Les éléments constitutifs de l'axe en plan :

L'axe comporte total 38 alignements droits et 38 sommets de polygones (coordonnées en annexe VI). Ces alignements ont été raccordés entre eux à l'aide du logiciel Piste5. Ce grand nombre de sommets explique les obstacles rencontrés lors du tracé.

### VI.4. PROFIL EN LONG

Le profil en long ou ligne rouge est une coupe longitudinale de la chaussée projetée. Il définit les altitudes du projet pour chaque profil en travers à l'aide d'une succession de pentes et paraboles (PAi) qui doivent respecter certaines conditions édictées par la norme utilisée et le terrain naturel. Ceci tiendra compte de bonne coordination des éléments du tracé en plan et du profil en long.

- Les éléments constitutifs du profil en long :

Ces éléments sont des droites de pentes variées, raccordées entre elles par des paraboles. Au total cinq (5) droites ont été identifiées par tronçon (Annexe séparé, profil en long). Les longs segments expliquent que le terrain naturel est régulier. Les déclivités (minimum 0.06% et maximale 1.53%) sont normales par rapport à la norme, qui selon l'ARP se situent entre **0.02% et 5% pour** cette catégorie de route.

### VI.5. PROFIL EN TRAVERS TYPE :

Le profil en travers type est une coupe transversale de la chaussée projetée permettant de définir les différents constituants de la chaussée ainsi que leurs dimensions et pentes. C'est un élément clé de tout projet routier qui définit l'état de service de la chaussée et qui a un impact direct sur le coût du projet, que ce soit pour les travaux de terrassements ou bien l'exécution des couches de chaussée.

Les profils en travers sont équidistants en moyenne de **50m** mais pour respecter **les points de tangence** cette distance se trouve quelque fois inférieure à la valeur indiquée. L'axe a été tabulé sur piste5, et le nombre total de profils en travers est **414** y compris ceux des ouvrages.

Les figures ci-dessous montrent l'exemple d'un profil en travers type en section courante de la route et d'un profil en travers type d'un ouvrage de franchissement (dalot).

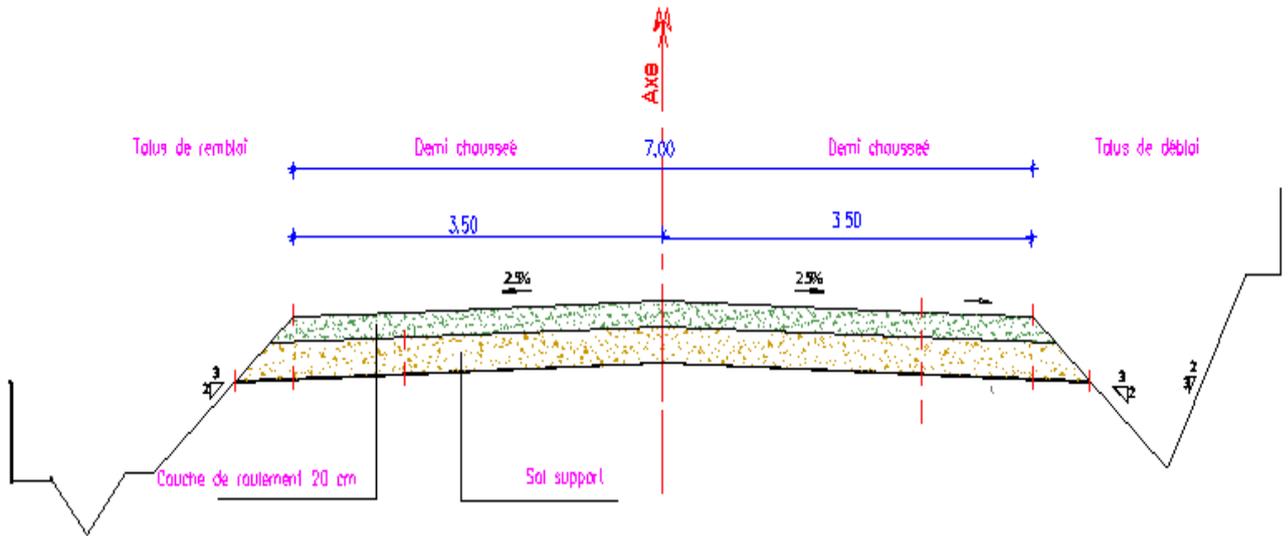


Figure VI.1 : profil en travers type en section courante de la route

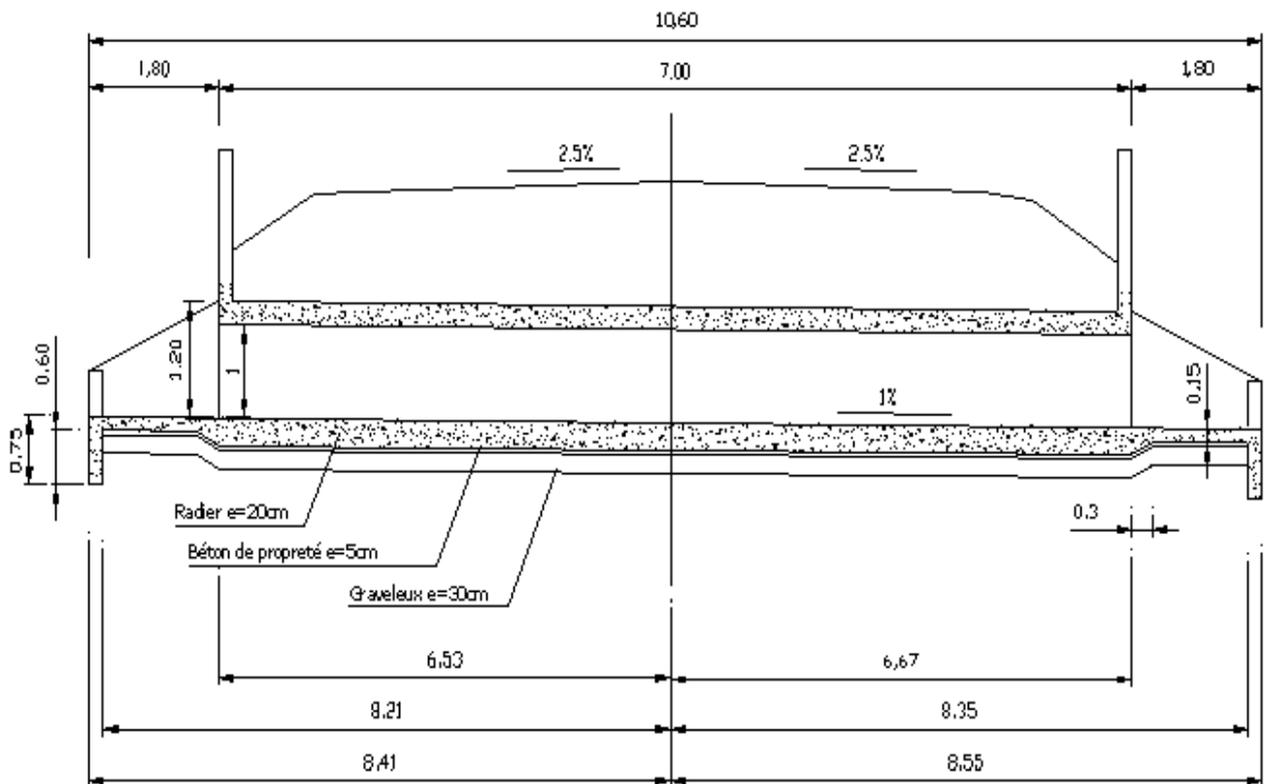


Figure VI.2: profil en travers type d'un ouvrage de franchissement

## CHAPITRE VII : SIGNALISATIONS ROUTIERES ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL

### VII.1.SIGNALISATIONS ROUTIERES

La construction d'une route quelle qu'il soit nécessite un certain nombre de précaution à prendre pendant et après la réalisation pour garantir la sécurité des travailleurs sur le chantier et des usagers ainsi que pour garantir la pérennité de l'ouvrage.

La signalisation routière a pour objet :

- ✓ de rendre plus sûre la circulation routière ;
- ✓ de faciliter cette circulation ;
- ✓ de donner des informations relatives à l'usage de la route.

On distingue deux types de signalisation :

- ✚ la signalisation horizontale constituée par des marquages sur chaussées ;
- ✚ la signalisation verticale qui regroupe les différents des panneaux de signalisation. C'est cette dernière catégorie qui est valable pour le présent projet car les marquages ne pourront avoir lieu les chaussées non revêtues.

Cinq (05) types de panneaux seront utilisés pour la signalisation verticale. Il s'agit de

- Panneaux de type A : pour la signalisation des ouvrages hydrauliques, des virages dangereux et des ralentisseurs ;
- Panneau de type AB : pour la signalisation des intersections et de priorité ;
- Panneau de type D : pour la signalisation de direction ;
- Panneau de type C : pour les diverses indications ;
- Panneau de type EB : la localisation des agglomérations (type EB).

L'implantation.

Dans le cadre ce projet les panneaux ci-dessous sont proposés à l'entrepreneur chargé de l'exécution des travaux qu'il veillera sur leurs implantions conformément aux mentions faites dans le tableau VI.1.

Tableau VII.1 : panneaux de signalisation sur le projet

TYPE	DESCRIPTION	IMPLANTATION	NOMBRE
	Arrêt à l'intersection de la voie prioritaire (panneau de position).	Implanté au niveau des amorces routières	8
	Interdiction de dépasser tous les véhicules à moteur autres que ceux à deux roues sans side-car.	Implanté à l'entrée et à la sortie de la zone de succession de virages	2
	Limitation de vitesse à 30km/h	Implanté à l' des villages	8
	Fin de limitation de vitesse à 30km/h	Implanté à sortie des villages	8
 A	Succession de virages dont le premier est à gauche.	Implanté à l'entrée et à la sortie de la zone de succession de virages	2
 A	Signalisation des travaux	Mobile à être placé à 150 m au début et la fin du chantier	2
 AB	Intersection entre voie principale et voie secondaire	Implanté près des intersections	8
	Virage dangereux à droite	Implanté à l'entrée et à la sortie de la zone de virages	4

## **VII.2. IMPACT ENVIRONNEMENTAL**

Il sera question ici d'identifier les effets négatifs et positifs que produira le projet sur l'environnement mais aussi proposer les mesures pouvant atténuer ces effets négatifs tout en valorisant les effets positifs en vue d'une meilleure préservation de l'environnement.

### **VII.2.1. Impacts négatifs**

- Destruction des sols : empreints et carrières ;
- Abattage d'arbres ;
- des poussières souvent à l'origine des maladies respiratoires chez les Riverains ;
- Nuisance sonores ;
- IST/VIH/SIDA, grossesse non désirée.

### **VII.2.2. Impacts positifs**

- Amélioration du réseau routier national ainsi que la réduction de coût d'exploitation des véhicules;
- L'accessibilité en toute saison aux grands centres et le développement des échanges commerciaux.
- Amélioration de cadre de la vie de population des villages de la zone projet ;

### **VII.2.3. Mesures d'atténuation**

- Remise en état des empreints
- Plantation d'alignement d'arbres
- Arrosage réguliers des sites des travaux ;
- Eviter les travaux de nuits à la traversée d'agglomération ;
- Campagne de sensibilisation sur les IST/VIH/SIDA ;
- Distribution de préservatifs au personnel de chantier ;
- Signalisation adéquate du chantier et des déviations ;

## CHAPITRE VIII : EVALUATION QUANTATIVE ET ESTIMATIVE DES TRAVAUX

### VIII.1. EVALUATION QUANTATIVE

#### VIII.1.1 cubature des terrassements

C'est l'évaluation des volumes des terres à apporter ou à enlever pour réaliser le projet. Le calcul des volumes se fait dans le sens de projet et le terrain est supposé régulier entre deux profils en travers. Le détail de calcul est en annexe VIII et le résultat est dans le tableau suivant.

Tableau VIII.1 : volumes (m<sup>3</sup>) de terrassement et de la chaussée

TERRASSEMENT					Chaussée
	Longueur du tronçon 19.851 km				
	remblai	déblai	décapage	purge	Couche de roulement
	VOLUME (m <sup>3</sup> )				
TOTAL INITIAL	23001.93	1183.46	15880.80	600	27791.40
TOTAL FINAL (coef.foison = 1.25)	28752.41	1479.33	19851	750	34739.25

Ce résultat montre qu'il y a plus de remblai que de déblai, ce qui est bien justifié par la présence de nombreux bas-fonds sur la route projetée.

#### VIII.1.2 AVANT METRE DALOTS

Le métré a été réalisé pour chaque dalot et présenté de manière globale dans tableau ci- dessous.

Tableau VIII.2 : avant métré dalot

Désignation	unité	Quantité
F ouille en pleine masse profondeur minimum 0.5m	m <sup>3</sup>	593.124
Gabions de protection	m <sup>3</sup>	153.100

Remblai graveleux latéritique sous radier (épaisseur =35 cm)	m <sup>3</sup>	259.056
Béton de propreté épaisseur =10cm	m <sup>3</sup>	78.960
Béton armé pour dalot dosé 350kg/ m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	523.708

### VIII.1.3 AVANT METRE SIGNALISATION ET FOSSES

Tableau VIII.3 : avant métré de signalisation et fossés

LINEAIRE DU PROJET (km)	SIGNALISATION ET FOSSES		
	Désignation	unité	Quantité
19.851	Panneau de signalisation de type A	u	28
	Panneau de Signalisation de type octogonal (stop)	u	8
	Panneau de Signalisation de type circulaire (AB)	u	8
	Balises type J4 pour signaler le dalot	u	2
	Fossés latéraux	ml	32702
	Fossés divergents	ff	-

### VIII.1.4 AVANT METRE d'ENTRETIEN ENVIRONNEMENTAL

Tableau VIII.3 : avant métré entretien environnemental

LINEAIRE DU PROJET (km)	ENTRETIEN ENVIRONNEMENTAL		
	Désignation	unité	Quantité
19.851	Indemnisation jardinet concession démolis	ff	-
	Plantation d'espèces forestières	u	1400
	Remise en état des sites	ff	-
	diverses	ff	-

## VIII.2. EVALUATION ESTMATIF

Les prix unitaires adoptés pour l'estimation de ce projet sont en moyenne ceux utilisés par les entreprises implantées dans la ville d'OUAGADOUGOU. Le détail est présenté dans l'Annexe VIII. Pour le récapitulatif de l'estimation des travaux (voir tableau ci-dessous)

Tableau VIII.4 : récapitulatif de l'estimatif des travaux

No	Désignation des travaux	Prix total
100	<b>TRAVAUX PREPARATOIRE-TERRASSEMENT-CHAUSSÉE</b>	<b>410 222 990</b>
200	<b>OUVRAGES ET ASSAINISSEMENT</b>	<b>1 97 240 662</b>
300	<b>ENTRETIEN ENVIRONNEMENTAL ET SIGNALISATION</b>	<b>12 207 000</b>
	<b>TOTAL HORS TAXE</b>	<b>623 671 000</b>
	<b>TVA (18%)</b>	<b>112 261 000</b>
	<b>TOTAL TTC</b>	<b>735 932 000</b>

Le coût global des travaux sept cents trente cinq millions neuf cents trente deux mille franc CFA (**735 932 000FCFA**) soit environ **37 073 000 FCFA/km**

## **CHAPITRE IX: DOSSIER D'APPEL D'OFFRES**

Le dossier d'appel d'offres est élaboré conformément à la réglementation en vigueur au Burkina Faso et les règles de l'art. Il est présenté en deux volumes:

- ❖ Volume I: les textes réglementaires ou les modalités de soumission et d'attribution du marché;
- ❖ Volume II : Cahier des Prescriptions Techniques Particulières (CPTP)

**Les deux volumes sont en fichiers joints.**

## CONCLUSION GENERALE

Ce travail qui concerne l'étude technique d'exécution de la route en terre d'environ 20 km dans la province de BAM exige de l'ingénieur diverses connaissances dans le domaine de la topographie, de l'hydrologie de l'hydraulique et du génie civil.

Les données topographiques et normes d'aménagement ont permis de concevoir cette route de façon à donner aux usagers le confort et la sécurité nécessaires. L'épaisseur de la couche de roulement ( $e = 20\text{cm}$ ) a été déterminée selon la méthode CEBT P et la méthode Alizé III du LCPC. Il faut retenir que la méthode Alizé III permet de déterminer l'épaisseur la plus défavorable qu'il mérite de l'utiliser directement pour dimensionner la chaussée. Ce résultat est satisfaisant car il correspond à l'épaisseur de la couche de roulement des routes en terre modernes de la sous région qui se situe entre 15 et 20 cm. Ensuite les études menées en hydrologie, l'hydraulique et béton armé ont servi respectivement à déterminer les débits de crue du projet, les sections des ouvrages hydrauliques pouvant assainir la route et les sections d'aciers nécessaires pour assurer la résistance de ces ouvrages. Au cours de l'étude hydrologique, la difficulté majeure rencontrée est l'expérience qu'il fallait avoir et associer aux résultats de calcul pour l'estimation définitive du débit de crue. L'étude technique se termine par une évaluation de coût du projet qui s'élève à **735 932 000 FCFA** soit environ **37 073 000 FCFA/km**.

Les résultats de cette étude pourraient être exploités pour la réalisation de la route concernée et ainsi contribuer à la pérennisation du réseau routier afin d'assurer le développement de la province de BAM en particulier et partant de tout le Burkina Faso.

Au terme de cette étude, il faut dire que ce mémoire a permis non seulement de s'intégrer dans le milieu professionnel mais aussi d'appréhender les difficultés que l'on peut rencontrer lors de l'étude technique d'une route.

## BIBLIOGRAPHIE

1. SETRA, Août 1994, Aménagement des routes principales, 148p.
2. SETRA, Janvier 2006, Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes, 30p.
3. Dr Ismaïla GUEYE et Dr Paulin KOUASSI, professeurs au 2iE -Notes de cours de routes ;
4. Agence d'Ingénierie Conseils et D'études Techniques (Burkina Faso)- Notes de calcul de dimensionnement hydraulique de dalot et dossier d'appel d'offres du projet de construction des pistes rurales dans les provinces de BAM, LOROUM, ZONDOMA et PASSORE ;
5. B.C.E.O.M - Hydraulique routière, édition 1981, République française, 345p ;
6. R. Hazan et D. Lazarevic - Détermination des débits maximum et des hydro grammes des crues, office national des irrigations Rabat (Maroc) ;
7. ULB CANADA - Géotechnique routière, 26p ;
8. Cabinet d'Ingénierie d'Etudes et de recherche en Génie-civil(CIERGEC) au Burkina Faso - Notes de calcul des ouvrages du projet des travaux de réhabilitation de la route CEBBA-BOUNDORE, 147p ;
9. Centre Expérimental de Recherche et d'Etudes du Bâtiments et des Travaux Publics(CEBTP) - Guides pratiques des dimensionnements des chaussées pour les pays tropicaux, mise à jour de 1984, 150p ;
10. Jean BERTHIER professeur à l'ENPC de Paris - Projet et Construction des routes ;
11. Cours de ponts (2007) Université de DJALALI LIABES Sidi Bel Abbes, Algérie  
Département Génie civil
12. Jacques LAMIRAULT et Henri, RENAUD, 1998, Béton Armé : Guide de calcul, FOUCHER, 143p.
13. [www.google.fr](http://www.google.fr)

## ANNEXES

Les annexes sont numérotées conformément aux numéros des chapitres. Certains chapitres n'ont d'annexes. L'annexe séparée est jointes en fichier.

### SOMMAIRE

SOMMAIRE .....	1
ANNEXE III : détail de vérification des contraintes et des déformations de couche de roulement.....	2
ANNEXE IV : Détermination des paramètres et l'estimation de débit .....	5
ANNEXE V : dimensionnement structural des dalots.....	17
ANNEXE VI :Caractéristiques géométriques de la route.....	41
ANNEXE VIII : Calcul de cubature et estimation du coût de projet .....	44
ANNEXE SEPARÉE : plans de ferrailage des dalot-profil en long-vue générale de la route-points de tangence-tabulation de l'axe.....	61

## ANNEXE III : détail de vérification des contraintes et des déformations de couche de roulement

### 1. Calcul des valeurs admissibles

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

**Trafic PL cumulé : données**

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	36
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	5
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	5.26
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	5
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	7.2607E+4

Cocher au plus 3 cases

**Aide**

CAM : Guide lcpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide lcpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

**Valeurs admissibles : données**

matériau type :	gnt et sol
coefficient CAM :	0.5
trafic cumulé IIE :	3.6304E+4
Coefficient A :	16000
penne b :	-0.222

Calculer EpsiZ admissible

Calcul inverse IIE = f(EpsiZ)

Bibliothèque des matériaux    Imprimer    Enregistrer

EpsilonZ admissible =

Mémo ...  
12-EpsiZ= 1555.3

effacer=dbl click

Fermer

2. vérification1 : la contrainte admissible est vérifiée alors la déformation z dépasse la valeur admissible

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

**VERIFICATION DE L'EPAISSEUR DE LA COUCHE DE ROULEMENT** variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdéf)	SigmaZ (MPa)
0.100	300.0	0.350	0.000	-660.7	-0.061	-98.6	0.657
	<b>collé</b>		0.100	-1447.8	-0.426	2164.0	0.377
infini	75.0	0.350	0.100	-1447.8	0.026	4511.7	0.377

Grandeurs affichées

tableau 1  tableau 2  
 tableau 3  tableau 4  
 tableau 5  tableau 6  
 tableau 7  tableau 8

Déflexion = 134.6 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 30.9 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

3. vérification2 : même résultat que la vérification1

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

**VERIFICATION DE L'EPAISSEUR DE LA COUCHE DE ROULEMENT** variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdéf)	SigmaZ (MPa)
0.150	300.0	0.350	0.000	-270.1	0.046	264.8	0.657
	<b>collé</b>		0.150	-1184.0	-0.366	1602.4	0.254
infini	75.0	0.350	0.150	-1184.0	0.009	3182.5	0.254

Grandeurs affichées

tableau 1  tableau 2  
 tableau 3  tableau 4  
 tableau 5  tableau 6  
 tableau 7  tableau 8

Déflexion = 121.3 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 43.0 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

4. vérification3 : les valeurs de la contrainte z et de la déformation z sont inférieures aux valeurs admissibles dont de 20 cm convient.

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

**VERIFICATION DE L'ÉPAISSEUR DE LA COUCHE DE ROULEMENT** variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdéf)	SigmaZ (MPa)
0.200	300.0	0.350	0.000	-161.5	0.060	457.4	0.657
	<b>collé</b>		0.200	-921.1	-0.288	1188.1	0.181
infini	75.0	0.350	0.200	-921.1	0.001	2312.9	0.181

Grandeurs affichées

tableau 1  tableau 2  
 tableau 3  tableau 4  
 tableau 5  tableau 6  
 tableau 7  tableau 8

Déflexion = 108.8 mm/100  
entre-jumelage

Rdc = 54.5 m

Imprimer Enregistrer

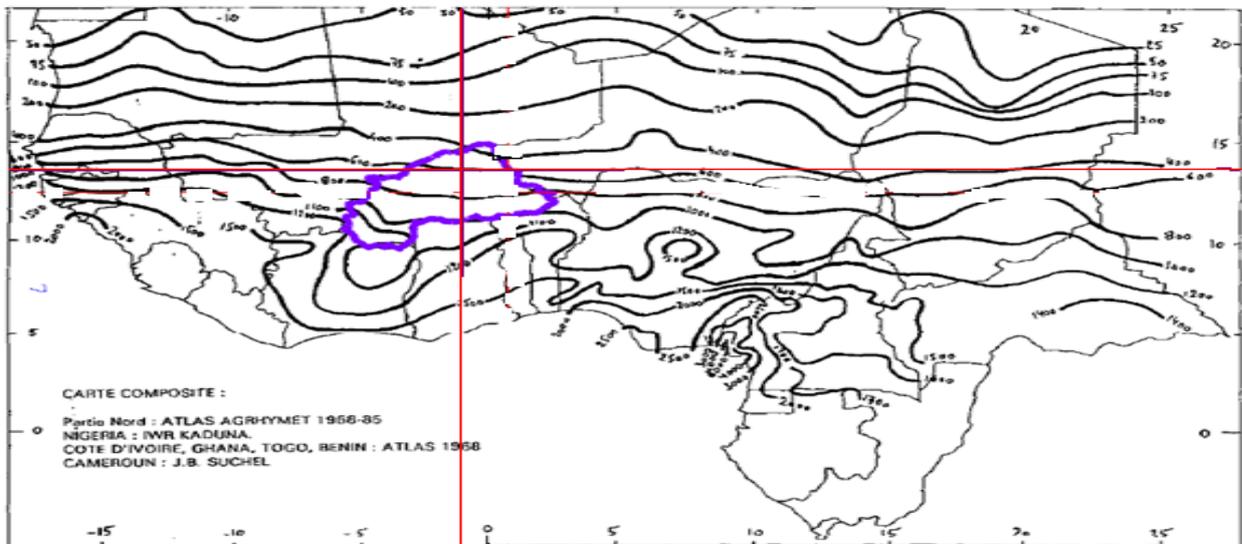
Voir Chargt. Fermer

## ANNEXE IV : Détermination des paramètres et l'estimation de débit

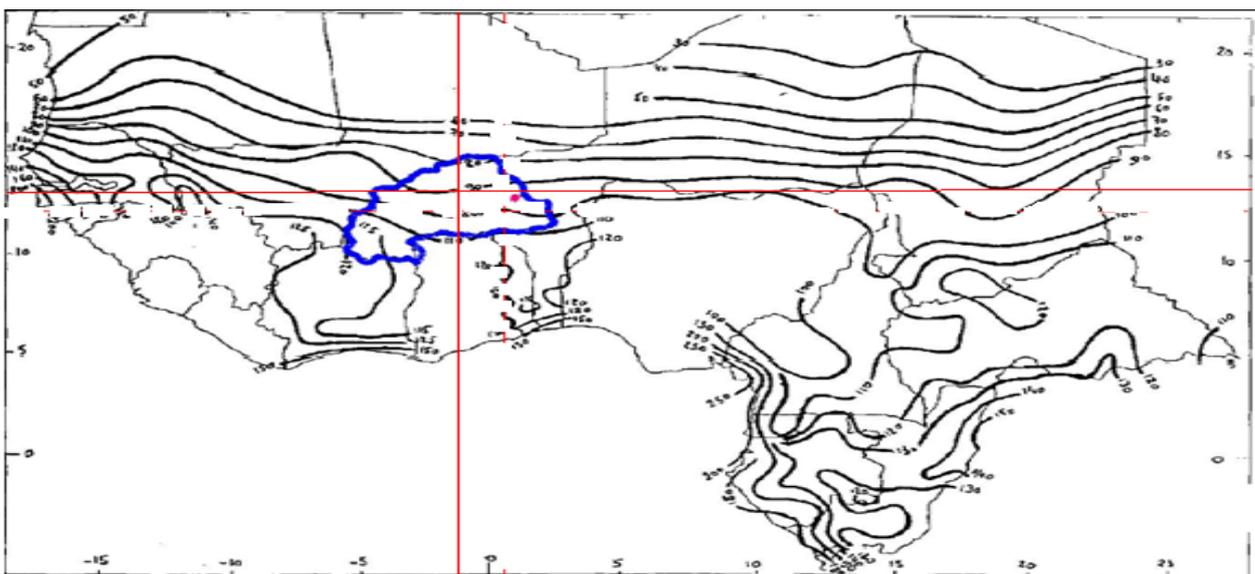
### IV .1. Détermination des précipitations :

La précipitation annuelles  $P_{an}$  et la précipitation journalière décennale  $P_{10}$  sont déterminées en projetant les coordonnées Géographiques du Département de Guibaré (01°36' de longitude Ouest et 13°6' de latitude Nord) sur la carte des isohyètes ci-dessous. (Figure IV.3).

**Figure IV.2** : Précipitation annuelle en zone sahéenne



**Figure IV.3** : Précipitation journalière décennale en zone sahéenne



**NB** : l'analyse statistique de la pluviométrie effectuée par AICET a donnée la précipitation décennale exception  $P_{10}=104$  mm et précipitation annuelle moyenne  $P_{an} = 568$  mm.

**$P_{an}=600$  mm et  $P_{10} = 104$  mm sont retenues pour les calculs**

## IV.2. CALCUL DE $I_g$ , $I_{gcor}$ , T 10, Kr10 ET Q10 (ORTOM)

### IV.2.1 L'indice global de pente $I_g$ et l'indice global de pente corrigé $I_{gcor}$

$I_g$  et  $I_{gcor}$  sont déterminés respectivement par la relation (1) et (2) pour chaque  $BV_i$

$$I_g = \frac{D}{L} \quad (1)$$

L : rectangle équivalent (km)

D : dénivelée (m)

$$I_{gcor} = \frac{[(n-1) \times I_g + IT]}{n} \quad (2)$$

**IT** : représente la pente moyenne du bassin versant exprimé en m/km. Pour ce cas  $IT= I$

**n** : coefficient dépendant du rectangle équivalent **L** de chaque BV

Les différentes valeurs de **n** sont réparties comme suit :

- $n = 2$  pour  $L < 5$ km ;
- $n = 3$  pour  $5$ km  $< L < 25$ km ;
- $n = 4$  pour  $25$ km  $< L < 50$ km ;
- $n = 5$  pour  $L > 50$ km.

Valeurs de n retenues	Bassins versants concernés
2	BV3 ; BV4 ; BV5
3	BV1
5	BV2

*Tableau I.1 : l'indice global de pente et indice global corrigé*

Bassins versants	Pente moyenne I (‰)	Indice global de pente Ig (m /km)	Indice global de pente corrigé Ig cor (m /km)
BV1	9.6	1.27	4.05
BV2	1.1	1.81	1.67
BV3	27	2.79	14.90
BV4	14	2.81	8.4
BV5	9.6	1.82	5.71

#### IV.2.2 Classification relief et sols

L'ORSTOM (actuellement IRD : Institut de Recherche pour le Développement) a défini 6 classes de bassins versants en fonction de la pente longitudinale moyenne et 5 classes fonction de la perméabilité des sols :

R1 : pentes extrêmement faibles, < 0.2%

R2 : pentes faibles, < 0.5%

R3 : pentes modérées entre 0.5% et 1%

R4 : pentes assez fortes, pentes longitudinales entre 1% et 2%, et pentes transversales supérieures à 2%.

R5 : pentes fortes, pentes longitudinales entre 2% et 5%, et pentes transversales entre 8% et 20%.

R6 : pentes très fortes, pentes longitudinales supérieures à 5%, et pentes transversales supérieures à 20%.

**P1** : bassins rigoureusement imperméables, entièrement rocheux ou argileux.

**P2** : bassins assez imperméables ou bassins homogènes presque imperméables.

**P3** : bassins assez imperméables ou bassins homogènes assez peu perméables.

**P4** : bassins assez perméables

**P5** : bassins perméables

En se référant aux types de sols rencontrés dans la zone du projet et en tenant compte des conditions des pentes, les BV ont été classés de manière suivante (tableau II.2).

**Tableau I.2:** Classe de relief et classe de perméabilité

Bassins versants	Pente moyenne I (%)	Classe de relief	Classe de perméabilité
BV1	0.96	R3	I (P2)
BV2	0.11	R1	I (P2)
BV3	2.7	R5	I (P2)
BV4	1.4	R4	I (P2)
BV5	0.96	R3	I (P2)

**NB:** De ce précède, l'infiltration des sols des bassins versants est de type I c'est-à-dire les sols sont imperméables

#### IV.2.3 Estimation du temps de base $T_{b10}$

Le climat de la zone du projet est tropical sec, l'abaque de la figure 17 de Temps de base de la zone tropicale sèche et la relation (10) (manuel FAO n°054 chap3 p20 et 21) sont utilisées pour l'estimation du temps de base  $T_{10}$  (formule (3))

$$T_{b10} = a \times S^{(0.36)} + b \quad (3)$$

a et b sont des paramètres qui varient en fonction de la pente globale  $I_g$  c comme indiqué dans le tableau II.3 ci-dessous.

**Tableau II.3 :** expression du temps de base

<b><math>I_g = 1</math></b>	<b><math>T_{b10} = 560 \times S^{(0.36)} + 400</math></b>
<b><math>I_g = 3</math></b>	<b><math>T_{b10} = 325 \times S^{(0.36)} + 315</math></b>
<b><math>I_g = 7</math></b>	<b><math>T_{b10} = 163 \times S^{(0.36)} + 142</math></b>
<b><math>I_g = 10</math></b>	<b><math>T_{b10} = 95 \times S^{(0.36)} + 80</math></b>
<b><math>I_g = 15</math></b>	<b><math>T_{b10} = 75 \times S^{(0.36)} + 55</math></b>
<b><math>I_g = 25</math></b>	<b><math>T_{b10} = 44 \times S^{(0.36)} + 28</math></b>
<b><math>I_g = 30</math></b>	<b><math>T_{b10} = 35 \times S^{(0.36)} + 20</math></b>

Les Ig des bassins versants ne correspondent pas aux valeurs du tableau II.3 précédent donc, seules les valeurs de **Tb<sub>10</sub>** issues de l'interpolation sont considérées. Le tableau II.4 suivant regroupe les valeurs calculées par interpolation et celles déterminées directement sur l'abaque de la figure 17 susmentionnée.

**Tableau II.4** : valeurs de temps de base

Bassins versants	Ig (m/km)	Tb <sub>10</sub> (mn)	
		Valeurs de l'abaque	Valeurs calculées
BV1	1.27	1400	1267
BV2	1.81	4500	4551
BV3	2.79	600	607
BV4	2.81	800	792
BV5	1.82	1250	1262

**NB** : en comparant les deux séries de valeurs du tableau ci-dessous, il a été constaté qu'il n'y a pas un grand écart entre elles sauf pour le BV1. Par conséquent les valeurs issues de l'abaque seront utilisées pour la suite des calculs.

#### IV.2.4 Estimation coefficient de ruissellement Kr<sub>10</sub> :

La précipitation annuelle moyenne étant 104 mm donc voisine 100 mm. L'abaque donnant le coefficient de ruissellement Kr<sub>10</sub> pour P<sub>10</sub> = 100mm en zone tropicale sèche ([manuel FAO n° 054 chap3 p14](#)) a servi pour la détermination de Kr<sub>10</sub> dont les valeurs sont dans le tableau II.5 suivant.

**Tableau II.5**: coefficient de ruissellement

Bassins versants	Igcor (m/km)	Superficie S (km <sup>2</sup> )	Kr <sub>10</sub> (%)
BV1	4.05	7.4	44
BV2	1.67	516.4	40
BV3	14.9	3.4	57
BV4	8.4	0.95	49
BV5	5.71	7.3	45

#### IV.2.5. Détermination du débit maximal total Q<sub>10</sub>:

$$\begin{cases} \checkmark \text{ le volume ruisselé décennal } V_{r10}; & V_{r10} = P_{m10} \times K_{r10} \times S & (4) \\ \checkmark \text{ le débit moyen de ruissellement } Q_{mr10}; & Q_{mr10} = V_{r10} / T_{b10} & (5) \\ \checkmark \text{ le débit maximal de ruissellement } Q_{r10}; & Q_{r10} = \alpha_{10} \times Q_{mr10} & (6) \end{cases}$$

$$\text{et ensuite déduire le débite de pointe } Q_{10}. \quad Q_{10} = \lambda \times Q_{r10} \quad (7)$$

Pour la méthode ORSTOM, il est conseillé de prendre coefficient de pointe  $\alpha_{10} < 2.6$ . Pour ce projet,  $\alpha_{10} = 2.4$ .

Le coefficient  $\lambda$  dépend de la nature du terrain, c'est-à-dire des BV. Il prend en compte l'état d'humectation du sol, antérieurement à la survenue de la crue projet. Pour les petits BV imperméables (BV1 ; BV3 ; BV4 ; BV5),  $\lambda = 1.03$  et pour grands BV imperméables (BV2)  $\lambda$  est compris entre 1.10 et 1.15.  $\lambda$  est pris égal à 1.15 pour effectuer les calculs.

**Tableau II.6: résultat de l'estimation de débit maximal total (ORSTOM)**

BV	P <sub>m10</sub> (mm)	K <sub>r10</sub> (%)	S (km <sup>2</sup> )	T <sub>b10</sub> (mn)	V <sub>r10</sub> (m <sup>3</sup> ).10 <sup>3</sup>	Q <sub>mr10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>r10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV1	91.72	44	7.4	1400	298.64	3.56	8.53	8.79
BV2	65.68	40	516.4	4500	13566.86	50.25	120.59	138.68
BV3	96.49	57	3.4	600	187.00	5.20	12.47	12.84
BV4	104.31	49	0.95	800	48.60	1.01	2.43	2.50
BV5	91.82	45	7.3	1250	301.63	4.02	9.65	9.94

### IV.3.DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUES

#### IV.3.1 CADRE DES CALCULS

Le dimensionnement hydraulique des dalots a été réalisé selon les méthodes développées dans le manuel « Hydraulique Routière » élaboré pour le compte du ministère Français de la coopération et du développement. La méthode graphique est adoptée pour la détermination des sections BD des dalots.

##### a) Critères et normes de calculs

Les critères suivants sont à respecter pour le dimensionnement de dalot :

- ✚ Vitesse maximale de l'eau à l'entrée de l'ouvrage  $V_{max} \leq 3m/s$  ;
- ✚ Les dalots sont à sortie libre avec mur en aile de 30° et de 75° avec mur de tête ;

Les vitesses minimales sont fonction de la texture du sol à l'intérieur et à la sortie de l'ouvrage

*Tableau II I.1: vitesse minimale*

Sol	Vitesse minimale (m/s)
Sable fin	0.4 - 0.5
Gravier fin	0.5 - 0.7
Gros gravier	0.7 - 0.9
Grillons	1.00 - 1.70
Gros cailloux	1.50 - 1.80

**NB :** la vitesse minimale retenue est égale à 0.5 m/s pour ce projet

**b) Les dimensions minimales à respecter pour un dalot :**

Les dalots doivent avoir des dimensions intérieures telles que la visite en soit possible. Pour cela il est nécessaire de leur donner un débouché qui satisfait les conditions suivantes :

- ✚ La hauteur du dalot minimale sera de 0.70m et la largeur minimale est de 1,00m ;
- ✚ 1% pour les dalots de sections de 0.8 à 3 m<sup>2</sup> ;
- ✚ La pente longitudinale maximale est de 0.5% pour des sections supérieur à 3m<sup>2</sup> ;
- ✚ La vitesse maximale admissible est de 3m/s afin d'éviter les risques d'érosion aux environs immédiats de l'ouvrage.

**IV.3.2 Détermination de B et D :**

La méthode graphique est adopté la détermination des sections

a) Relations utiles :

$$H_1^* = \frac{H_1}{D} \quad Q^* = \frac{q}{\sqrt{g \times B^5}} \quad (8)$$

$$Q^* = \frac{Q}{A \sqrt{2gD}} = \frac{Q}{BD \sqrt{2gD}} \quad (10) \quad ; \quad q = \frac{Q}{N}$$

$$I_c^* = \frac{I_c}{\frac{g}{K_s^2} \times D^{1/3}} \quad (11) \quad ; \quad Q^* = \frac{q}{K_s \times I_c \times B^{8/3}} \quad (12)$$

$$V = K_s \times V^* \times I_c^{1/2} \times B^{2/3} \quad (13)$$

$H_1^*$ ,  $Q^*$  : variables additionnelles

$D$  : hauteur du dalot et  $A$  sa section

$H_1$  : profondeur d'eau à l'amont de l'ouvrage

$q$  : débit unitaire

$I_c$  : pente critique longitudinale des ouvrages

$I_c^*$  : pente critique

$K_s$  : 67 pour le béton

b) Abaques utilisés :

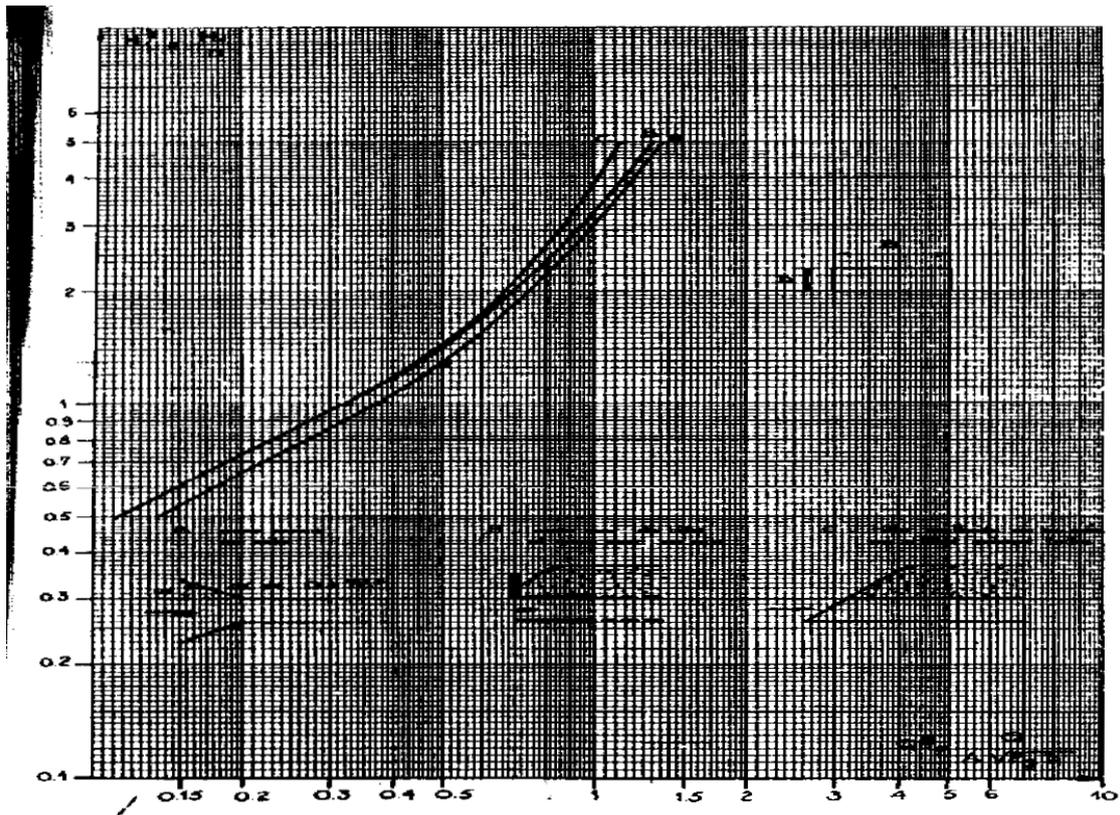


Fig. 77. Sortie libre. Dalots rectangulaires.

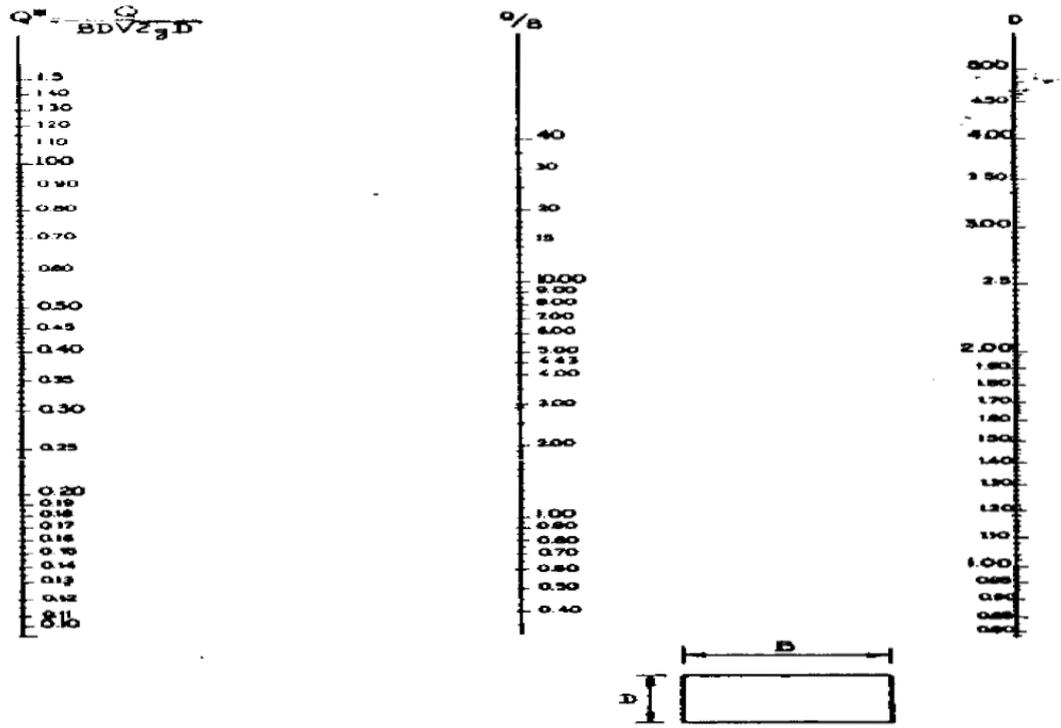


Fig. 78. Sortie libre. Calcul du débit réduit  $Q^*$  dans les dalots.

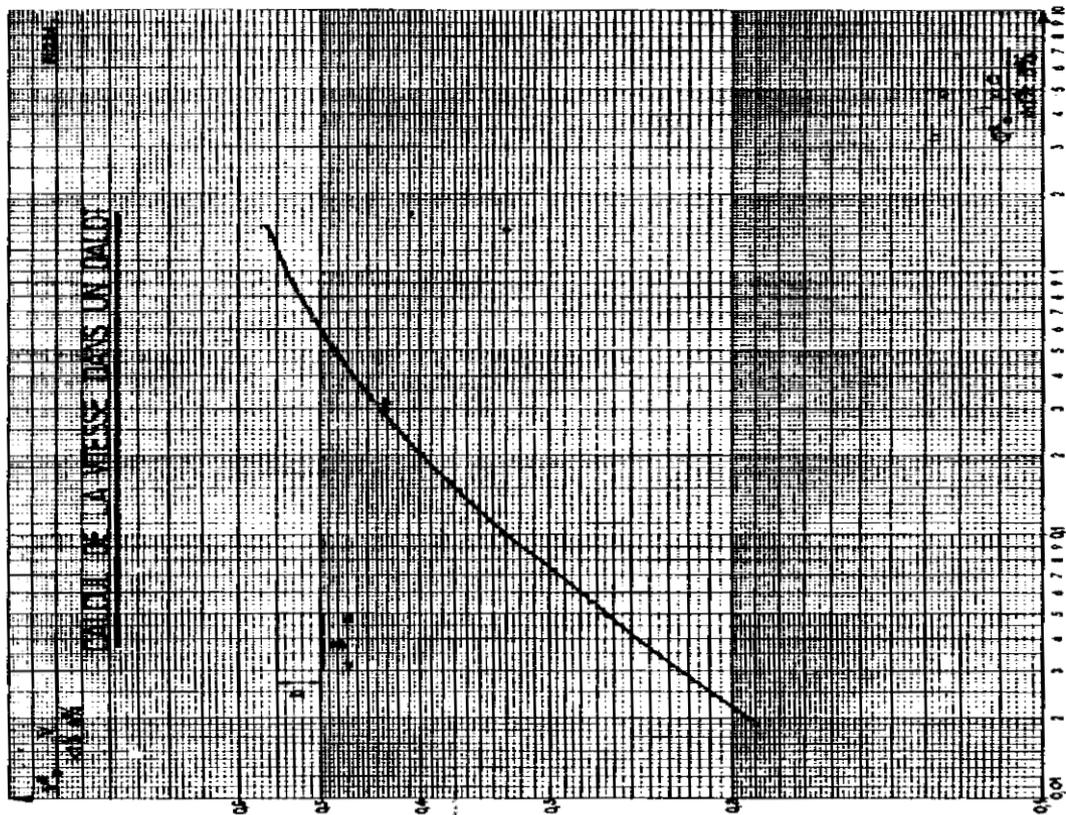
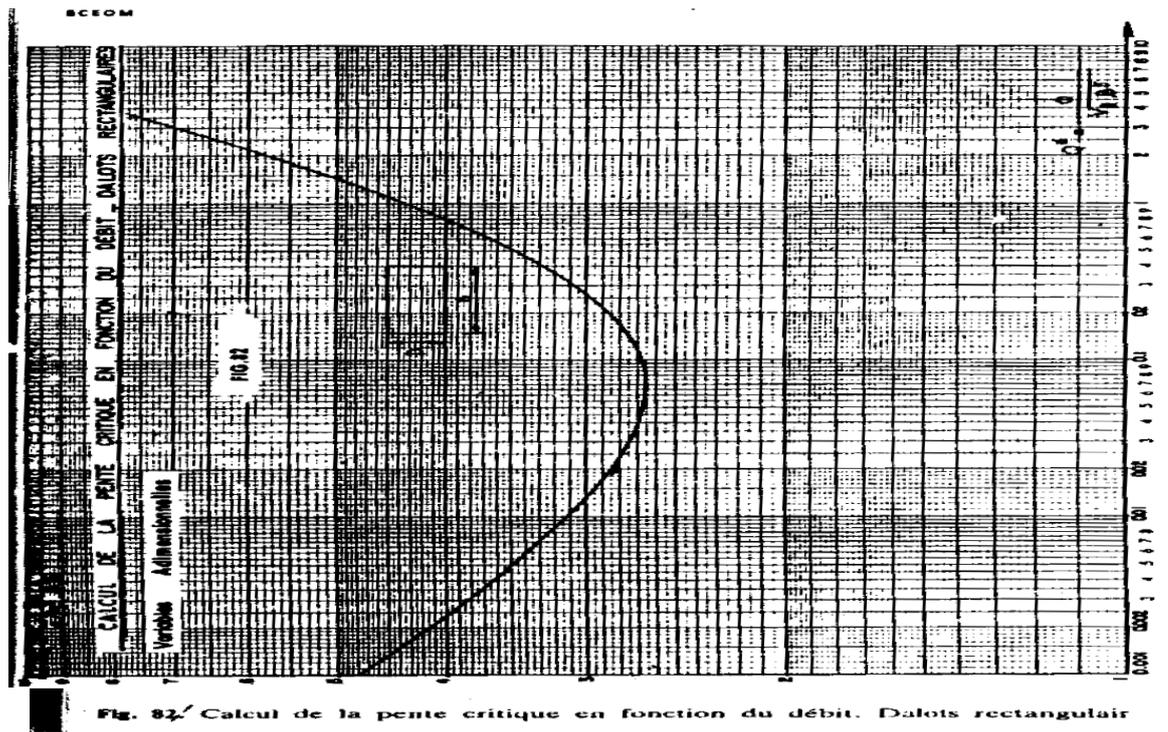


Fig. 84. Calcul de la vitesse dans un dalot.



**c) Démarche de dimensionnement:**

- ~ Considérer le débit de projet Q du bassin versant qui doit transiter la section du dalot;
- ~ Fixer la hauteur D admissible pour le dalot, compte tenu des caractéristiques géométriques du projet au droit de l'ouvrage ;
- ~ fixer alors la largeur B du dalot tel que la vitesse moyenne  $V=Q/BD \leq 3 \text{ m/s}$  ;
- ~ déterminer les variables adimensionnelles  $Q^*$ ,  $H_1^*$ ,  $V^*$  et  $I_c^*$  ;
- ~ déduire la profondeur de l'eau à l'amont de l'ouvrage  $H_1$ , la pente  $I_c$  et la vitesse de l'eau V ;
- ~ vérifier que  $V \leq V_{\max} = 3 \text{ m/s}$  sinon il faut redimensionner ;
- ~ vérifier si  $H_1$  est conforme la situation topographique de l'ouvrage.

**d) Exemple et résultats de calcul :**

- dalot considéré : OH1
- débit projet  $Q = 17.29 \text{ m}^3/\text{s}$
- Section de l'ouvrage  $A = Q/V = B \cdot D$

Pour  $V = V_{\max} = 3 \text{ m/s}$   $A_{\min} = 5.76 \text{ m}^2$

Pour  $V = V_{\min} = 0.50 \text{ m/s}$   $A_{\max} = 34.58 \text{ m}^2$

choix  $A = B \cdot D = 18 \text{ m}^2$

$D = 2 \text{ m}$  et  $B = 3 \text{ m}$

- Nombre d'ouverture  $N = 3$  et débit unitaire  $q = 5.76 \text{ m}^3/\text{s}$  ;

- L'applications des relations utiles et usage des abaques nous donne :

(10) :  $Q^* = 0.15$  pour une ouverture ;

L'abaque  $H_1^* = F(Q^*)$  donne :  $H_1^* = 0.52$  et  $H_1 = 1.04$

(11) :  $Q^* = 0.118$  pour une ouverture ;

L'abaque  $I_c^* = F(Q^*)$  donne :  $I_c^* = 2.7$  et (12) donne  $I_c = 0.0043$  ;

(13) :  $Q^* = 0.07$

L'abaque  $V^* = F(Q^*)$  donne :  $V^* = 0.29$  et (21) :  $V = 2.66 \text{ m/s} \leq V_{\max} = 3 \text{ m/s}$  **OK !**

**Conclusion** : la vitesse est acceptable donc le dalot étudié peut être adopté pour le franchissement du cours de concerné

Le même principe de calcul a été effectué en Excel pour déterminer la dimension de chaque dalot dont les résultats sont consignés dans tableau III.2 ci-dessous.

**Tableau III.2** : résultat de dimensionnement hydraulique des dalots

PK	Qproj(m3/s)	S(m2)	D(m)	B(m)	N	q(m3/s)	Ks	Q*	H1*	H1	Q*	Ic*	Ic
6+804	17.30	18	2.00	3.00	3	5.763	67	0.15	0.52	1.04	0.118	2.7	0.00434
10+355	165.00	90	2.50	3.00	12	13.75	67	0.26	0.63	1.56	0.282	2.9	0.00439
11+868	18.90	12	1.00	3.00	4	4.725	67	0.36	1	1	0.097	2.6	0.00393
13+809	3.00	2	1	2.00	1	3.00	67	0.34	0.9	0.9	0.169	2.85	0.0051
19+612	18.10	18	2.00	3.00	3	6.04	67	0.16	0.62	1.24	0.124	2.8	0.00485

Après le calcul les dimensions des dalots sont validées par la vérification du tableau suivant :

**Tableau III.3** : Vérification de vitesse

Q*	v*(m/s)	V (m/s)	observation
0.0697	0.29	2.66	ok
0.1655	0.35	2.8	ok
0.0600	0.27	2.36	ok
0.0986	0.33	2.47	ok
0.0691	0.29	2.77	ok

## ANNEXE V : DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES DALOTS

Cette annexe comporte des notes de calcul et des plans de ferrailage des dalots .Il sera présenté une note de calcul pour dalot simple et une pour un dalot multiple. Les ferrailages seront en fichier joints pour le document en fichier Word.

### V.1. PRINCIPE DE CALCUL DE DALOT SIMPLE (1x2.00x1.00)

Les calculs sont menés en programme Excel les résultats sont sous de tableaux les un après les autres.

#### V .1.1 Données

*TableauIV.1 : constantes de calcul*

H (m)	1		k1	1
L (m)	2		k2	0.545
e1(m)	0.2		grandK1	4.091
e2(m)	0.2		grandK2	4.091
l(m)	2.2		grandK3	2.436
h(m)	1.2		grandK4	2.836
			F1	16.438
J1	0.00067		F2	5.273
J2	0.00067			
J3	0.00067		ka	0.333
J4	0.00067		er	0.500

Poids volumique de BA (kN/m3)	25
Poids volumique du remblai (kN/m3)	20
hauteur guide roue (m)	0.8
épaisseur guide roue (m)	0.2
épaisseur du remblai (m)	0.5

#### V.1. 2 Calcul des charges permanentes (kN /ml)

*Tableau IV.2: charges pérennantes*

tablier bande 1.00m		piedroit		
pp tablier	5	pp	(kN)	6.000
pp remblai	10	Rs	(KN/m <sup>2</sup> )	5.455
pp guid roue	1.14	poussée terre		
g1 si g.r	16.14	pou. laterale	sigma1(kN/m	3.996
		sigma2	(kN/m <sup>2</sup> )	11.988
radier bande 1.00m		delta sigma	(kN/m <sup>2</sup> )	7.992
g2 si g.r	16.6			

### V.1.3 Calcul des charges routière (kN /ml)

*Tableau V.3: charges routières*

type BC			type MC120	
poide 'un camion(kN)		300	qC120	116.28
poide d'un essieu(kN)		120	QC120 (KN/m	171.29
possibilité de disposition	transversale	2		
possibilité de disposition	longitudinale	1		
largeur utile pour camion		5		
portée axe-axe de travée l		2.2		
surface 'encorement		11		
bo(fonction de classe d pont et nbre dispo		1.1		
surcharge qc (kN/ml)		48.00		
Q	480 G	248.60		
coeff de majoration dynamique delta		1.47		
surcharge Qc (kN/ml)		70.71		

### V.1.4.Détermination des sollicitations

*Tableau V.4 : sollicitations*

SOLLICITATIONS							
MOMENTS (KN.m/ml)							
APPUIS				MI-TRAVEES			
	MA	MB	MC	MD	MAB =MCD	MBC	MAD
tablier. 1	-4.213	-4.213	-4.213	-4.213	-4.213	5.553	5.553
piédroit.2	-1.643	0.219	0.219	-1.643	-0.712	0.219	1.657

Poussée terre.3	-0.353	-0.324	-0.324	-0.353	1.340	-0.324	-0.353
BC.4	-18.454	-18.454	-18.454	-18.454	-18.454	24.325	24.325
Remblai Accès.5	-0.141	-0.141	-0.141	-0.141	0.317	-0.141	-0.141
F. freinage 6	-13.308	-15.492	-15.492	-13.308	-14.400	0.000	0.000
MC120.7	-26.822	-26.822	-26.822	-26.822	-26.822	35.357	35.357
1+2+3:MG	-6.209	-4.318	-4.318	-6.209	-3.585	5.449	6.858
4+5+6: MQ1	-31.902	-34.087	-34.087	-31.902	-32.536	24.184	24.184
4+5 :MQ3	-18.595	-18.595	-18.595	-18.595	-18.136	24.184	24.184
5+7 :MQ3	-26.963	-26.963	-26.963	-26.963	-26.505	35.216	35.216
MAX(MQi)	-31.902	-34.087	-34.087	-31.902	-32.536	35.216	35.216

reations	REACTIONS OU EFFORTS NORMAUX (KN )				
	N1(radier)	N2a	N2b	N3 (tablier)	
1	0	17.757	17.757	0	
2	1.551	6.000	6.000	-1.551	
3	5.619	0.000	0.000	3.971	
4	0.000	77.780	77.780	0.000	
5	1.998	0	0.000	1.998	
6	24.000	14.084	14.084	24.000	
7	0.000	113.053	113.053	0.000	
1+2+3	7.170	23.757	23.757	2.420	NG
4+5+6	25.998	91.864	91.864	25.998	NQ1
4+5	25.998	77.780	77.780	25.998	NQ2
5+7	1.998	113.053	113.053	1.998	NQ3
NQ	25.998	113.053	113.053	25.998	NQ

V.1.5.Détermination des aciers :

Tableau V.5 : résultat de calculs de ferrailage dalot simple

ELU	APPUIS A	APPUIS B	Travée AB	Travée AD	Travée BC
MU= 1,35xMG+1,60xMQ	0.059	0.060	0.057	0.048	0.046
NU=1,35xNG+1,60xNQ	0.051	0.045	0.179	0.179	0.045
e=MU/NU	1.159	1.346	0.318	0.268	1.026
ELU	FLEXION COMPOSEE				
M=MU+Nux(d-e1/2)	0.063	0.064	0.069	0.060	0.049
$\mu=M/(bxd2x\sigma_{bc})$	0.154	0.155	0.170	0.148	0.120
$\alpha=1.25 \times (1-(1-2\mu)^{1/2})$	0.210	0.212	0.234	0.201	0.160
Z=dx(1-0,4x $\alpha$ )	0.156	0.156	0.154	0.156	0.159
AU=(M/Z-NU)/ $\sigma_s$	0.001016	0.001045	0.000781	0.000597	0.000703
ELU	FLEXION SIMPLE				
$\mu=Mu/(bxd2x\sigma_{bc})$	0.145	0.147	0.139	0.117	0.112
$\alpha=1.25 \times (1-(1-2\mu)^{1/2})$	0.197	0.200	0.188	0.156	0.150
Z=dx(1-0,4x $\alpha$ )	0.157	0.156	0.157	0.159	0.160
AU=Mu/Z $\sigma_s$	0.001091	0.001110	0.001040	0.000865	0.000828
Amin=0.23ft28xbd/Fe	0.000205	0.000205	0.000205	0.000205	0.000205

CALCUL A L'ELS

ELS	FLEXION COMPOSEE				
Ms= MG+1,20xMQ	0.044	0.045	0.043	0.036	0.034
Ns=NG+1,20NQ	0.038	0.034	0.134	0.038	0.034
e=Ms/Ns	1.160	1.345	0.318	0.935	1.025
Mser =Ms+N <sub>s</sub> x (d- e1/2)	0.047	0.048	0.036	0.034	0.034
Yrb=	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090
Mrb=	0.094	0.094	0.094	0.094	0.094
Mser < Mrb	OK! Pas d'acier				

	<b>comprimé</b>				
As (méthode simplifiée)	0.001480	0.001517	0.000607	0.001012	0.001053
Aser (exacte)	0.001345	0.001379	0.000552	0.000920	0.000958
ELS		FLEXION SIMPLE			
Aser	0.001395	0.001442	0.000720	0.001069	0.001053
Aser (exacte)	0.001269	0.001311	0.000655	0.000972	0.000958
aciers retenus (m <sup>2</sup> ) par ml	0.001269	0.001311	0.00104	0.000920	0.000958
	<b>9HA14</b>	<b>9HA14</b>	<b>7HA14</b>	<b>6HA14</b>	<b>7HA14</b>
	13.85cm <sup>2</sup>	13.85cm <sup>2</sup>	10.78cm <sup>2</sup>	9.24cm <sup>2</sup>	10.78cm <sup>2</sup>
espacement (cm)	11	11	14	16	14

## V.2 PRINCIPE DE CALCUL DE DALOT MULTIPLE (4x3.00x2.5)

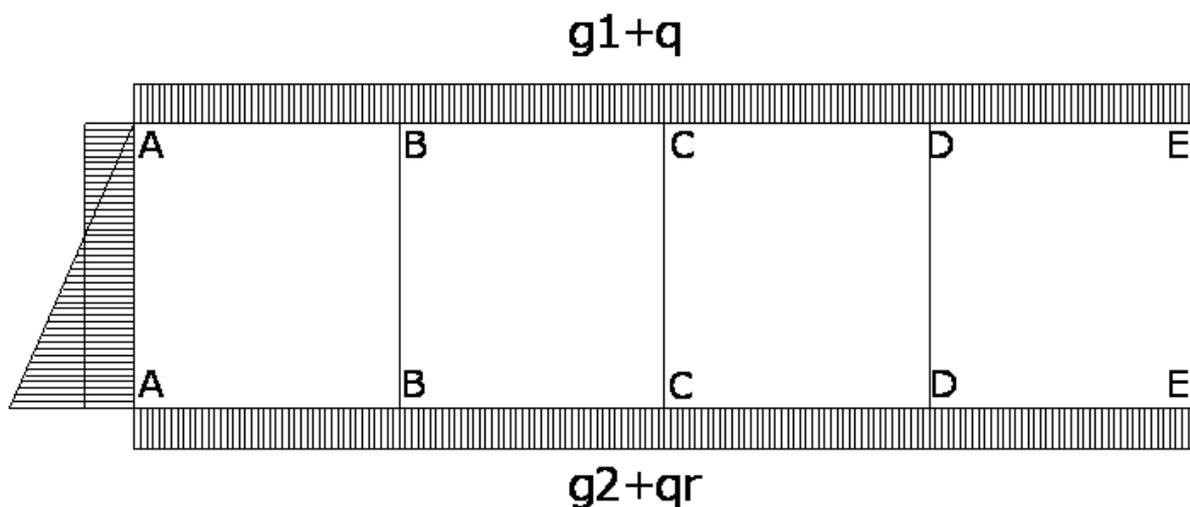
### V.2.1. Conventions

Les moments fléchissant sont positifs quand ils provoquent de la traction dans la partie interne du cadre ;

✚ Si  $N > 0$ , un effort normal de compression ;

✚ Si  $N < 0$ , un effort normal de traction

### V. 2.2. Evaluation des charges



**a) Charges permanentes**

**Au niveau du tablier**

Poids mort du remblai :  $0.50 \times 20 \times 1.00 = 10.00 \text{ kN/ml}$

Poids mort du tablier :  $0.30 \times 25 \times 1.00 = 7.5 \text{ kN/ml}$

Poids mort du guide roue :  $0.30 \times 0.8 \times 25 \times 2 / 7 = 1.71 \text{ kN/ml}$

**D'où  $g_1 = 19.21 \text{ kN/ml}$**

**Au niveau du radier de fondation**

✚ Charge permanente  $g_1 = 19.21 \text{ kN/ml}$

✚ Poids propre des piédroits :  $5 \times \frac{2.50 \times 0.30 \times 25}{13.5} = 6.94 \text{ kN/ml}$

✚ Poids propre du radier :  $0.3 \times 25 \times 1.00 = 7.50 \text{ kN/ml}$

**D'où  $g_2 = 33.65 \text{ kN/ml}$**

**b) Surcharges routières :**

✚ **Valeurs de surcharges  $B_c$**

Nous disposerons transversalement sur le tablier deux files (02) camions de type BC 2 essieux de 120kN côte à côte soit 480kN. Le coefficient  $b_c$  dépend de la classe pont et du nombre files de camions disposés transversalement. Le pont de la première classe, nous prenons  $b_c = 1.10$

Surface d'impact sur le feuillet moyen suivant la répartition à 45°

$T_X = \Sigma l = 13.2 \text{ m}$

$T_Y = 2 \times 2.50 = 5.00 \text{ m}$

La charge répartie sur le tablier  $q_1$  est :  $q_1 = \frac{480 \times 1.10}{3.3 \times 5} = 29.10 \text{ kN/m}^2$

Charge répartie sur le radier  $q_2$  est :  $q_2 = \frac{480 \times 1.10}{13.50 \times 5} = 7.82 \text{ kN/m}^2$

✚ Coefficient de majoration dynamique

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.20 * L} + \frac{0.60}{1 + \frac{4 * G}{S}}$$



$$L=3.3 \text{ m}$$

$$G= 19.21*3.3*7=443.75\text{kN}$$

$$S=480 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.20 * 3.30} + \frac{0.60}{1 + \frac{4 * 443.75}{480}} = 1.37$$

Donc nous aurons la charge uniformément répartie sous le passage du convoi Bc pour :

- le tablier :  $q_t = \delta * q_1 = 1.37 * 29.10 = 39.85 \text{ kN/ml}$
- le radier :  $q_r = \delta * q_1 = 1.37 * 7.82 = 10.71 \text{ kN/ml}$

### ➤ Valeurs de surcharges $B_t$

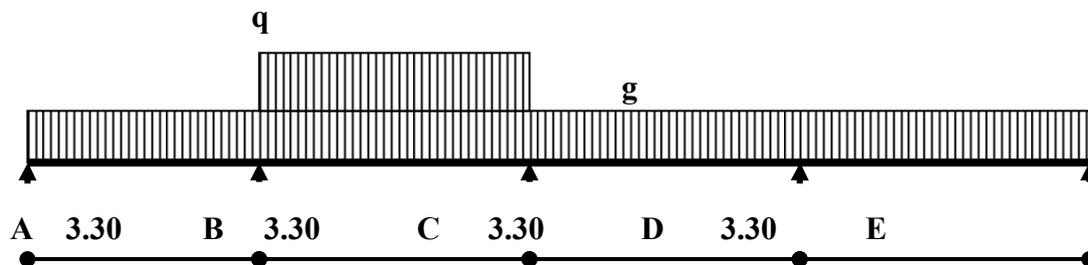
La charge de type  $B_t$  est déterminée à partir de tandem. Un tandem est composé de deux essieux identiques dont chacun pèse 160KN, soit une charge totale de 320KN pour un tandem. La surface d'impact de chaque roue est un rectangle dont les cotés sont :

- transversalement : 0,60 m
- longitudinalement : 0,25 m

On peut disposer transversalement sur la chaussée au maximum deux tandems  $B_t$  et longitudinalement le nombre de tandem est limité à 1. De ce fait la surcharge totale reçue par le dalot est  $Q=2*320=640\text{KN}$

### V.2.3. Calcul des sollicitations

Ils seront déterminés selon les formules découlant des équations des trois moments. Pour les cas des surcharges routières, selon le principe des lignes d'influence, nous chargerons les travées appropriées pour obtenir suivant les sections considérées, les effets les plus défavorables.



#### V.2.4. Au niveau du tablier

👉 **Sous charges permanentes  $g_1=19.21\text{kN/ml}$**

**Moments à mi-travées A-B, B-C, C-D et D-E**

$$M(A - B) = M(D - E) = 0.078 \times g_1 \times l^2 = 16.32\text{kN.m/ml}$$

$$M(B - C) = M(C - D) = 0.036 \times g_1 \times l^2 = 7.53\text{kN.m/ml}$$

**Moments sur appuis B, C, et D**

$$M(B) = M(D) = -0.107 \times g_1 \times l^2 = -22.38.\text{m/ml}$$

$$M(C) = -0.071 \times g_1 \times l^2 = -14.85\text{kN.m/ml}$$

**Réactions d'appuis**

$$R(A) = R(E) = 0.393 \times g_1 \times l = 24.91\text{kN/ml}$$

$$R(B) = R(D) = 1.143 \times g_1 \times l = 72.46\text{kN/ml}$$

$$R(C) = 0.928 \times g_1 \times l = 34.72\text{kN/ml}$$

👉 **Sous surcharges routières  $q=39.85\text{KN/ml}$**

**Moment à mi-travée A-B, B-C, C-D et D-E**

$$M(A - B) = M(D - E) = 0.098 \times q \times l^2 = 42.24.\text{m/ml}$$

$$M(B - C) = M(C - D) = 0.081 \times q \times l^2 = 35.15\text{kN.m/ml}$$

**Moments sur appuis B, C, et D**

$$M(B) = M(D) = -0.12 \times q \times l^2 = -52.08\text{kN.m/ml}$$

$$M(C) = -0.108 \times q \times l^2 = -46.69\text{kN.m/ml}$$

**Réactions d'appuis**

$$R(A) = R(E) = 0.446 \times q \times l = 58.65\text{kN/ml}$$

$$R(B) = R(D) = 1.223 \times q \times l = 160.83\text{kN/ml}$$

$$R(C) = 1.143 \times q \times l = 150.31 \text{N/ml}$$

### V.2.5. Au niveau du radier

☞ **Sous charges permanentes  $g_2=33.65\text{KN/ml}$**

#### **Moments à mi-travées A-B, B-C, C-D et D-E**

$$M(A - B) = M(D - E) = 0.078 \times g_2 \times l^2 = 28.58 \text{kN.m/ml}$$

$$M(B - C) = M(C - D) = 0.036 \times g_2 \times l^2 = 13.19 \text{kN.m/ml}$$

#### **Moments sur appuis B, C, et D**

$$M(B) = M(D) = -0.107 \times g_2 \times l^2 = -39.21 \text{kN.m/ml}$$

$$M(C) = -0.071 \times g_2 \times l^2 = -25.65 \text{kN.m/ml}$$

#### **Réactions d'appuis**

$$R(A) = R(E) = 0.393 \times g_2 \times l = 43.64 \text{kN/ml}$$

$$R(B) = R(D) = 1.143 \times g_2 \times l = 126.92 \text{kN/ml}$$

$$R(C) = 0.928 \times g_2 \times l = 103.05 \text{/ml}$$

☞ **Sous surcharges routières  $q_{r1}=10.71\text{KN/ml}$**

#### **Moment à mi-travée A-B, B-C, C-D et D-E**

$$M(A - B) = M(D - E) = 0.098 \times q_{r1} \times l^2 = 11.13 \text{kN.m/ml}$$

$$M(B - C) = M(C - D) = 0.081 \times q_{r1} \times l^2 = 9.45 \text{kN.m/ml}$$

#### **Moments sur appuis B, C, et D**

$$M(B) = M(D) = -0.12 \times q_{r1} \times l^2 = -14.00 \text{kN.m/ml}$$

$$M(C) = -0.108 \times q_{r1} \times l^2 = -12.60 \text{kN.m/ml}$$

#### **Réactions d'appuis**

$$R(A) = R(E) = 0.446 \times q_{r1} \times l = 15.76 \text{ kN/ml}$$

$$R(B) = R(D) = 1.223 \times q_{r1} \times l = 43.22 \text{ kN/ml}$$

$$R(C) = 1.143 \times q_{r1} \times l = 40.40 \text{ kN/ml}$$

### V.2.6. Au niveau des piédroits B, C et D

#### ☞ Sous charges permanentes

$$\text{Réaction d'appui du radier : } N = R(B) = R(D) = 126.92 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Réaction d'appui du radier : } N = R(C) = 103.05 \text{ kN/ml}$$

#### ☞ Sous surcharges routières

$$\text{Réaction d'appui du tablier : } N = R(B) = R(D) = 160.83 \text{ kN/ml}$$

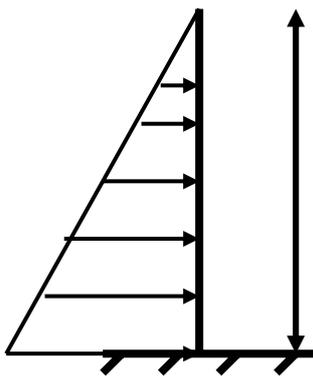
$$\text{Réaction d'appui du tablier } N = R(C) = 150.31 \text{ kN/ml}$$

### V.2.7. Au niveau des piédroits extérieurs

#### ☞ Sous charges permanentes

$$\text{Réaction d'appui du radier : } N = R(A) = 43.22 \text{ kN/ml}$$

#### Moment dû à la poussée des terres



$$P_t = k \times \gamma \times \frac{h}{2} = 9.32 \text{ kN/ml}$$

$$h = 2.80$$

$$M = k \times \gamma \times \frac{h^2}{6} = 0.33 \times 20 \times \frac{2.80^2}{6} = 8.62 \text{ kN.m/ml}$$

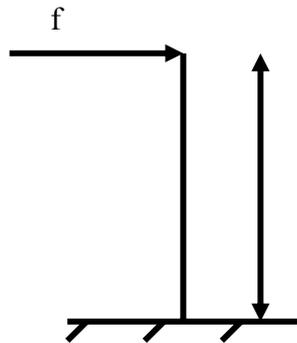
#### ☞ Sous surcharges routières

$$\text{Réaction d'appui du tablier : } N = R(A) = 58.65 \text{ kN/ml}$$

**Moment dû à la force de freinage :**

La force de freinage F est développée par le système de type B<sub>c</sub> et est supposée centrée sur l'axe longitudinal du tablier et dirigée dans l'un ou l'autre sens de la circulation. Un seul camion de 300 KN est supposé de freiner sur la voie

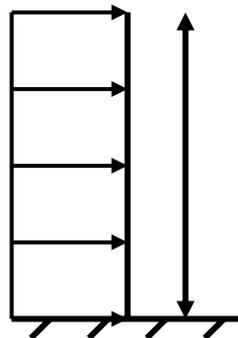
$$F = \frac{240}{5} = 48\text{KN/ml répartie sur les deux pénédroits extérieurs, soit } f=48\text{kN/ml.}$$



$$M = f \times h = 134.4\text{kN.m/ml}$$

$$h=2.80\text{m}$$

**Moment dû à la surcharge de remblai ( $\gamma = 20.00\text{kN/m}^2$ )**



$$h=2.80$$

$$Q_h = k \times \gamma \times h = 18.48\text{kN/ml}$$

$$M = k \times \gamma \times \frac{h^2}{2} = 25.87\text{kN.m/ml}$$

Les sollicitations ainsi évaluées sont regroupées dans les tableaux suivants selon les travées et les éléments du dalot.

**Tableau V.6 Récapitulative des sollicitations aux niveaux des piédroits**

Piédroits intermédiaires			Piédroits extérieurs				
Sollicitations		Sous charges permanentes	Sous surcharges routières	Sollicitations		Sous charges permanentes	Sous surcharges routières
Efforts normaux	B	126.92	160.83	Efforts normaux	A	43.22	58.65
	C	34.72	150.31	Moments à mi-travées	A-A'	8.62	134.40
	D	126.92	160.83				

**Tableau V.7 Récapitulative des sollicitations aux niveaux du tablier et radier :**

Au niveau du tablier				Au niveau du radier	
Sollicitations		Sous charges permanentes	Sous charges routières	Sous charges permanentes	Sous charges routières
Moments à mi-travées	A-B	16.32	42.24	28.58	11.43
	B-C	7.53	35.15	13.19	9.45
Moments aux appuis	A				
	B	-22.38	-52.08	-39.21	-14.00
	C	-14.85	- 46.69	-25.65	-12.60
Réactions aux appuis	A	24.91	58.65	43.22	15.76
	B	72.46	160.83	126.92	43.22
	C	33.72	150.31	103.05	40.40

## V.6. Calcul des armatures

### V.6.1. Calcul des armatures de tablier

#### a. A mi-travée A-B et D-E (lit inférieur)

##### ✚ Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_u = 1.35 \times 16.32 + 1.60 \times 42.24$$

$$M_U = 89.62 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_u}{b \times d^2 \times F_b} = 0.087$$

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}) = 0.113$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.258 \text{ m}$$

$$A_U = \frac{M_u}{Z \times \sigma_s} = 9.99 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_U = 9.99 \text{ cm}^2$$

##### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_s = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_s = 16.32 + 1.20 \times 42.24$$

$$M_s = 67.01 \text{ kN.m/ml} \text{ Soit } 0.067 \text{ MN.m}$$

$$y_{RB} = \frac{d \cdot \bar{\sigma}_{bc}}{\frac{\bar{\sigma}_s}{n} + \bar{\sigma}_{bc}} = \frac{0.27 \times 15}{\frac{201.63}{15} + 15} = 0.142 \text{ m}$$

$$M_{RB} = 1/2 \times b_0 \times y_{RB} \times \bar{\sigma}_{bc} \times (d - \frac{y_{RB}}{3}) = 0.238 \text{ MN.m}$$

$M_s < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ ).

$$\sigma_{bc} = \frac{y_{RB} \cdot \bar{\sigma}_s}{(d - y_{RB}) \cdot 15} = \frac{0.142 \cdot 201.63}{(0.27 - 0.142) \cdot 15} = 14.91 \text{ MPa} < \bar{\sigma}_{bc} \text{ ok!}$$

$$A_{S1} = \frac{M_s}{(d - \frac{\gamma_{RB}}{3}) \bar{\sigma}_s} = \frac{67.01 \cdot 10^{-3}}{(0.27 - \frac{0.142}{3}) \times 201.63} = 14.92 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{s1}}{1.1}$

$$A_s = A_{sex} = 13.58 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ soit } 13.58 \text{ cm}^2.$$

#### ✚ Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot F_{t28} / F_e = 0.23 \cdot 100 \cdot 27 \cdot 2.1 / 400 = 3.11 \text{ cm}^2$$

Nous retenons :

$$\text{Choix } 9\text{HA}14 \text{ (} 13.86 \text{ cm}^2 \text{) } e_p = 11 \text{ cm}$$

#### b. A mi-travée B-C et C-D (lit inférieur)

##### ✚ Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_U = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_U = 1.35 \times 7.53 + 1.60 \times 35.15$$

$$M_U = 66.41 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M}{b \times d^2 \times F_b} = 0.064$$

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}) = 0.083$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.261 \text{ m}$$

$$A_U = \frac{M}{Z \times \sigma_s} = 7.31 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_U = 7.31 \text{ cm}^2$$

##### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_s = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_s = 7.53 + 1.20 \times 35.15$$

$$M_s = 49.71 \text{ kN.m/ml Soit } 0.050 \text{ MN.m}$$

$$M_{RB} = 1/2 \times b_0 \times y_{RB} \times \overline{\sigma}_{bc} \times (d - \frac{y_{RB}}{3}) = 0.238 \text{ MN.m}$$

$M_S < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ ).

$$A_{S1} = \frac{M_S}{(d - \frac{y_{RB}}{3}) \overline{\sigma}_s} = \frac{49.71 \cdot 10^{-3}}{(0.27 - \frac{0.142}{3}) \times 201.63} = 11.07 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{S1}}{1.1}$

$$A_s = A_{sex} = 10.06 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ soit } 10.06 \text{ cm}^2.$$

### ✚ Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot f_t / f_e = 0.23 \cdot 100 \cdot 27 \cdot 2.1 / 400 = 3.11 \text{ cm}^2$$

Nous retenons :

$$\text{Choix } 7\text{HA}14 (10.78 \text{ cm}^2) \text{ ep} = 14 \text{ cm}$$

### c. Sur appui B et D (lit supérieur)

#### ✚ Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_U = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_U = 1.35 \times 22.38 + 1.60 \times 52.08$$

$$M_U = 113.56 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_U}{b \times d^2 \times F_b} = 0.110$$

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}) = 0.146$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.254 \text{ m}$$

$$A_U = \frac{M_U}{z \times \sigma_s} = 12.84 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_U = 12.84 \text{ cm}^2$$

#### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_S = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_S = 22.38 + 1.20 \times 52.08$$

$$M_s = 84.84 \text{ kN.m/ml Soit } 0.085 \text{ MN.m}$$

$$M_{RB} = 0.238 \text{ MN.m}$$

$M_s < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ )

$$A_{s1} = \frac{M_s}{(d - \frac{y_{RB}}{3}) \sigma_s} = \frac{84.84 \cdot 10^{-3}}{(0.27 - \frac{0.142}{3}) \times 201.63} = 18.89 \text{ m}^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{s1}}{1.1}$

$$A_s = A_{sex} = 17.18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ soit } 17.18 \text{ cm}^2$$

#### ✚ Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot F_t / F_e = 0.23 \cdot 100 \cdot 27 \cdot 2.1 / 400 = 3.11 \text{ cm}^2$$

Nous retenons :

$$\text{Choix } 9\text{HA}16 \text{ (} 18.09 \text{ cm}^2 \text{) } e_p = 11 \text{ cm}$$

#### d. Sur appui C (lit supérieur)

##### ✚ Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_U = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_U = 1.35 \times 14.85 + 1.60 \times 46.69$$

$$M_U = 94.75 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_u}{b \times d^2 \times F_b} = 0.092$$

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}) = 0.120$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.257 \text{ m}$$

$$A_U = \frac{M_u}{z \times \sigma_s} = 10.60 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_U = 10.60 \text{ m}^2$$

##### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_s = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_s = 14.85 + 1.20 \times 46.69$$

$$M_s = 70.88. \text{ m/ml Soit } 0.071\text{MN.m}$$

$$M_{RB} = 0.238\text{MN.m}$$

$M_s < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ )

$$A_{s1} = \frac{M_s}{\left(d - \frac{y_{RB}}{3}\right) \sigma_s} = \frac{70.88 \cdot 10^{-3}}{\left(0.27 - \frac{0.142}{3}\right) \times 201.63} = 15.78 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{s1}}{1.1}$

$$A_s = A_{sex} = 14.35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ soit } 14.35 \text{ cm}^2$$

#### ✚ Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot F_{t28} / F_e = 0.23 \cdot 100 \cdot 27 \cdot 2.1 / 400 = 3.11 \text{ cm}^2$$

Nous retenons :

$$\text{Choix } 8\text{HA}16 (16.08 \text{ cm}^2) \text{ ep} = 12.50 \text{ cm}$$

## V.6. 2. Calcul des armatures du radier

### a. A mi-travée A-B et D-E (lit supérieur)

#### ✚ Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_U = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_U = 1.35 \times 28.58 + 1.60 \times 11.43$$

$$M_U = 59.69 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_U}{b \times d^2 \times F_b} = 0.058$$

$$\alpha = 1.25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}\right) = 0.074$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.262 \text{ m}$$

$$A_U = \frac{M_U}{z \times \sigma_s} = 6.55 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_U = 6.55 \text{ cm}^2$$

#### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_s = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_s = 28.58 + 1.20 \times 11.43$$

$$M_s = 42.30. \text{ m/ml Soit } 0.042\text{MN.m}$$

$$M_{RB} = 0.238\text{MN.m}$$

$M_s < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ )

$$A_{s1} = \frac{M_s}{(d - \frac{y_{RB}}{3}) \bar{\sigma}_s} = \frac{42.30 \cdot 10^{-3}}{(0.27 - \frac{0.142}{3}) \times 201.63} = 9.42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{s1}}{1.1}$

$$A_s = A_{sex} = 8.56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ soit } 8.56 \text{ cm}^2$$

#### ✚ Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot f_t / f_e = 0.23 \cdot 100 \cdot 27 \cdot 2.1 / 400 = 3.11 \text{ cm}^2$$

Nous retenons :

$$\text{Choix } 6\text{HA}14 (9.24 \text{ cm}^2) \text{ ep} = 16 \text{ cm}$$

### b. A mi-travée B-C et C-D (lit supérieur)

#### ✚ Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_U = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_U = 1.35 \times 13.19 + 1.60 \times 9.45$$

$$M_U = 32.93 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_u}{b \times d^2 \times \sigma_{bc}} = 0.032$$

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}) = 0.041$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.266 \text{ m}$$

$$A_U = \frac{M_u}{Z \times \sigma_s} = 3.56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_U = 3.56 \text{ cm}^2$$

### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_S = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_S = 13.19 + 1.20 \times 9.45$$

$$M_S = 24.53 \text{ kN.m/ml Soit } 0.025 \text{ MN.m}$$

$$M_{RB} = 0.238 \text{ MN.m}$$

$M_S < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ )

$$A_{s1} = \frac{M_S}{\left(d - \frac{\gamma_{RB}}{3}\right) \sigma_s} = \frac{24.53 \cdot 10^{-3}}{\left(0.27 - \frac{0.142}{3}\right) \times 201.63} = 5.46 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{s1}}{1.1}$

$$A_s = A_{sex} = 4.97 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ soit } 4.97 \text{ cm}^2$$

### ✚ Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot F_{t28} / F_c = 0.23 \cdot 100 \cdot 27 \cdot 2.1 / 400 = 3.11 \text{ cm}^2$$

Nous retenons :

Choix **5HA14 (5.65 cm<sup>2</sup>) ep = 20cm**

### c. Sur appui B et D (lit inférieur)

#### ✚ Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_U = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_U = 1.35 \times 39.21 + 1.60 \times 14.00$$

$$M_U = 75.33 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_u}{b \times d^2 \times F_b} = 0.073$$

$$\alpha = 1.25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}\right) = 0.095$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.260 \text{ m}$$

$$A_U = \frac{M_u}{Z \times \sigma_s} = 8.34 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_U = 8.34 \text{ cm}^2$$

#### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_s = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_s = 39.21 + 1.20 \times 14.00$$

$$M_s = 56.01 \text{ kN.m/ml Soit } 0.056 \text{ MN.m}$$

$$M_{RB} = 0.238 \text{ MN.m}$$

$M_s < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ )

$$A_{s1} = \frac{M_s}{\left(d - \frac{y_{RB}}{3}\right) \sigma_s} = \frac{56.01 \cdot 10^{-3}}{\left(0.27 - \frac{0.142}{3}\right) \times 201.63} = 12.47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{s1}}{1.1}$

$$A_s = A_{sex} = 11.33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ soit } 11.33 \text{ cm}^2$$

#### ✚ Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot F_{t28} / F_e = 0.23 \cdot 100 \cdot 27 \cdot 2.1 / 400 = 3.11 \text{ cm}^2$$

Nous retenons :

$$\text{Choix } 8\text{HA}14 \text{ (} 12.32 \text{ cm}^2 \text{) } e_p = 12.5 \text{ cm}$$

#### d. Sur appui C (lit inférieur)

##### ✚ Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_U = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_U = 1.35 \times 25.65 + 1.60 \times 12.60$$

$$M_U = 54.79 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_U}{b \times d^2 \times F_b} = 0.053$$

$$\alpha = 1.25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}\right) = 0.068$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.263 \text{ m}$$

$$A_U = \frac{M_U}{Z \times \sigma_s} = 6.00 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_U = 6.00 \text{cm}^2$$

### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_s = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_s = 25.68 + 1.20 \times 12.60$$

$$M_s = 40.80 \text{kN.m/ml Soit } 0.041 \text{MN.m}$$

$$M_{RB} = 0.238 \text{MN.m}$$

$M_s < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ )

$$A_{s1} = \frac{M_s}{\left(d - \frac{\gamma_{RB}}{3}\right) \sigma_s} = \frac{40.80 \cdot 10^{-3}}{\left(0.27 - \frac{0.142}{3}\right) \times 201.63} = 9.08 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{s1}}{1.1}$

$$A_s = A_{sex} = 8.25 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 \text{ soit } 8.2 \text{cm}^2$$

### ✚ Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot F_{t28} / F_e = 0.23 \cdot 100 \cdot 27 \cdot 2.1 / 400 = 3.11 \text{cm}^2$$

Nous retenons :

$$\text{Choix } 6\text{HA}14 (9.24 \text{cm}^2) \text{ ep} = 16 \text{cm}$$

### V.6.3. Calcul des armatures des piédroits intermédiaires

Le calcul se fera en compression centrée de ce fait les piédroits seront considérés comme de poteau ou voile section 100x30.

#### a) Piédroits B ; D et C

##### ➤ Piédroits B et D

$$N_U(B) = N_U(D) = 1.35 \times N_G + 1.60 \times N_Q$$

$$N_U(B) = 1.35 \times 126.92 + 1.60 \times 160.83 = 428.67 \text{kN/ml}$$

$$N_U(C) = 1.35 \times 103.05 + 1.60 \times 150.31 = 379.61 \text{kN/ml}$$

Calcul de l'effort normal limite de compression du béton seul

$$N_b = \alpha \times Br \times \frac{F_{c28}}{0.9 \times \gamma_b}$$

Longueur de libre  $l_0 = H=2.5\text{m}$

Longueur de flambement :  $l_f = 0.70 \cdot H = 1.75\text{m}$

Elongement :  $\lambda = \frac{\sqrt{12}}{a} \times l_f$  avec  $a$  le plus petit côté d'un poteau rectangulaire de section  $a \times b$ .

$$\lambda = \frac{\sqrt{12}}{0.3} \times 1.75 = 20.21 \Rightarrow \alpha = \frac{0.85}{\left[1 + 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2\right]} = 0.797$$

$$N_b = 0.797 \times 0.2744 \times \frac{25.10^3}{0.9 \times 1.5} = 4046.30\text{kN}$$

$N_b > N_U(B) > N_U(C)$ , le béton seul suffit. Nous adopterons un ferrailage pour les piédroits B, C, D.

$$A_{min} = \max \left\{ 4\text{cm}^2 \times 2 \cdot (a+b) ; 0.2\% \times (ab) \right\} = 10.4\text{cm}^2$$

Choix : 10HA12 (11.30 cm<sup>2</sup>)

## b). Piédroits A.

### + Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_U = 1.35 \times M_G + 1.60 \times M_Q$$

$$M_U = 1.35 \times 8.62 + 1.60 \times (25.87 + 134.4)$$

$$M_U = 268.07\text{kN.m/ml}$$

$$N_U = 1.35 \times N_G + 1.60 \times N_Q$$

$$N_U = 1.35 \times 58.65 + 1.60 \times 43.22 = 148.33\text{kN/ml}$$

$$e_0 = \frac{M_U}{N_U} = \frac{268.07}{148.33} = 1.807\text{m. Section est partiellement comprimée}$$

mais  $e_0 > 4h$ , le calcul se fera en flexion simple

Vérification de la stabilité à l'Etat-limite –ultime de forme

$$\frac{l_f}{h} \leq \max \left[ 15; \frac{20 \times e_1}{h} \right] \text{ avec } e_1 = e_0 + e_a \text{ et } e_a = \max \begin{cases} 2cm \\ \frac{l}{250} \\ 1cm \end{cases}$$

$$\frac{l_f}{h} \leq 74.64 \text{ ok}$$

$$\mu = \frac{Mu}{b \times d^2 \times F_b} = 0.259$$

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu}) = 0.382$$

$$z = d \times (1 - 0.4 \times \alpha) = 0.0.228m$$

$$A_U = \frac{Mu}{Z \times \sigma_s} = 33.33 \times 10^{-4} m^2$$

$$A_U = 33.36 cm^2$$

#### ✚ Calcul à l'Etat Limite de service

$$M_s = M_G + 1.20 \times M_Q$$

$$M_s = 8.62 + 1.20 \times 160.27$$

$$M_s = 200.94 kN.m/ml$$

$$N_s = N_G + 1.20 \times N_Q = 58.65 + 1.20 \times 43.22 = 110.51 kN/ml$$

$$e = \frac{M_s}{N_s} = \frac{200.94}{110.51} = 1.82m \gg 4 \times h \text{ Calcul en flexion simple}$$

$$M_s = 200.94. m/ml \text{ Soit } 0.201 MN.m$$

$$M_{RB} = 0.238 MN.m$$

$M_s < M_{RB}$  il n'y a pas d'armature comprimé ( $A_{sc} = 0$ )

$$A_{s1} = \frac{M_s}{(d - \frac{y_{RB}}{3}) \sigma_s} = \frac{200.94 \cdot 10^{-3}}{(0.27 - \frac{0.142}{3}) \times 201.63} = 22.19 \cdot 10^{-4} m^2 \text{ (méthode simplifiée).}$$

La section d'acier exacte s'obtient par la relation :  $A_{sex} = \frac{A_{s1}}{1.1}$

$A_s = A_{sex} = 20.17. 10^{-4} \text{m}^2$  soit **20.17cm<sup>2</sup>**.

Nous retenons :

Choix **17HA16 ( 34.17 cm<sup>2</sup>)**

## ANNEXE VI : Caractéristiques géométriques de la route

### VI.1 Les éléments constitutifs de l'axe en plan

Les sommets des polygones sont repérés par leurs coordonnées (x, y) et consignés dans le tableau suivant. Ces sommets forment deux à deux des segments qui constituent les alignements droits ;

Tableau VI.1 : Coordonnées des sommets de polygones

sommets	x	y	sommets	x	y
S1	9855.06	20075.14	S20	7509.29	24034.64
S2	9829.45	20555.13	S21	7336.08	24133.91
S3	9752.94	20735.11	S22	7141.45	24220.65
S4	9727.44	20890.07	S23	6937.57	24411.84
S5	9650.59	21105.00	S24	6868.60	24568.92
S6	9532.04	21407.76	S25	6775.67	24762.34
S7	9348.27	21849.89	S26	6646.91	25012.58
S8	9191.68	21986.66	S27	6538.17	25145.37
S9	9125.51	22068.21	S28	6456.19	25467.25
S10	9015.58	22187.42	S29	6333.37	25687.22
S11	8828.52	22275.85	S30	6388.35	26151.83
S12	8650.64	22476.89	S31	6275.38	26402.73
S13	8524.51	22625.53	S32	6212.83	26508.33
S14	8390.53	22811.41	S33	6154.63	26753.03
S15	8243.99	23110.40	S34	6054.11	26955.78
S16	8208.12	23252.09	S35	5994.26	27108.59
S17	8093.15	23329.43	S36	5900.72	27159.67
S18	7926.39	23552.53	S37	5762.05	27351.96
S19	7632.07	23890.27	S38	5704.57	27490.45

## VI.2 Les éléments constitutifs du profil en long

Tableau VI.2 : éléments constitutifs du profil en long 1

PROFIL EN LONG POUR TRONCON1				
Eléments	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Cote
			0	296.78
D1	PENTE =-1.534%	100.592		
			100.592	295.237
PA1	SS= 146.609 ZS =294.884 RS =3000.000	28.295		
			128.888	294.936
D2	PENTE =-0.591%	2408.358		
			2537.246	280.71
PA2	SS= 2557.921 ZS =280..649 RS =3500.000	13.468		
			2550.714	280.656
D3	PENTE =-0.206%	840.709		
			3391.424	278.925
PA3	SS= 3398.630 ZS =278.918 RS =3500.000	4.853		
			3396.276	278.918
D4	PENTE =-0.067%	1346.877		
			4743.154	278.012
PA4	SS= 4739.188 ZS =278.014 RS =6000.000	37.153		
			4780.306	277.872
D5	PENTE =-0.686%	1564.892		
			6345.198	267.130

Tableau VI.3 : éléments constitutifs du profil en long 2

PROFIL EN LONG POUR TRONCON2				
Eléments	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Cote
			9356.82	256.15
D1	PENTE =-1.534%	1433.704		
			10790.524	258.617
PA1	SS= 146.609 ZS =294.884 RS =3000.000	3.732		
			10794.256	258.622
D2	PENTE =-0.591%	2864.728		
			13658.984	261.769
PA2	SS= 2557.921 ZS =280..649 RS =3500.000	20..032		
			13679.016	261.824
D3	PENTE =-0.206%	1372.183		
			15051.199	267.913
PA3	SS= 3398.630 ZS =278.918 RS =3500.000	39.202		
			15090.401	267.959
D4	PENTE =-0.067%	1818.719		
			169669.12	264.02
PA4	SS= 4739.188 ZS =278.014 RS =6000.000	19.10		
			16988.22	263.95
D5	PENTE =-0.686%	2062.48		
			19050.70	253.02

### VI.3 Le profil en long et tabulation de l'axe ( annexe séparée)

## ANNEXE VIII : Calcul de cubature et estimation du coût de projet

## VIII.1 CUBATURE

Tableau VIII.1 : cubature pour le tronçon1

N° Profils	Distances Partielles (m)	Longueur d'application (m)	Remblais		Déblais		Purges	
			Surfaces (m <sup>2</sup> )	Cubes (m <sup>3</sup> )	Surfaces (m <sup>2</sup> )	Cubes (m <sup>3</sup> )	Surfaces (m <sup>2</sup> )	Cubes (m <sup>3</sup> )
	0							
1		2.87	6.57	18.86				
	5.74							
2		7.37	8.26	60.86				
	9							
3		29.5	4.77	140.57				
	50							
4		50	2.93	146.30				
	50							
5		50	0.77	38.70				
	50							
6		33.74	0.56	18.97				
	17.48							
7		26.21	0.28	7.35				
	34.94							
8		42.47	0.28	11.91				
	50							
9		50	0.42	21.06				
	50							
10		50	1.63	81.38				
	50							
11		50	0.00	0.00				
	50							
12		34.74	0.35	12.19				
	19.48							
13		31.53	0.21	6.63				
	43.58							
14		43.58	0.35	15.29				
	43.58							
15		46.79	3.36	157.38				
	50							
16		50	2.85	142.67				
	50							
17		35.775	2.42	86.52				
	21.55							
18		25.7	0.28	7.21				
	29.85							

19		29.85	0	0	0.35	10.42		
	29.85							
20		39.925	0	0	0.42	16.72		
	50							
21		50	0.63	31.64				
	50							
22		34.505	0.35	12.11				
	19.01							
23		13.57	0.14	1.90				
	8.13							
24		8.13	0	0	0.07	0.57		
	8.13							
25		29.065	0.70	20.44				
	50							
26		50	0.92	45.78				
	50							
27		45	3.44	154.66				
	40							
28		29.44	3.88	114.14				
	18.88							
29		34.44	3.58	123.41				
	50							
30		30.62	3.73	114.22				
	11.24							
31		30.62	4.62	141.36				
	50							
32		50	6.04	301.98				
	50							
33		50	5.89	294.44				
	50							
34		50	5.96	298.21				
	50							
35		31.33	6.49	203.46				
	12.66							
36		25	5.89	147.22				
	37.34							
37		43.67	5.96	260.45				
	50							
38		37.57	5.81	218.41				
	25.14							
39		37.57	4.69	176.23				
	50							
40		50	4.54	227.12				
	50							
41		50	6.42	320.91				
	50							
42		50	5.21	260.64				
	50							
43		50	5.96	298.21				
	50							
44		50	6.49	324.70				
	50							
45		33.085	7.87	260.43				

	16.17						
46		33.085	8.65	286.06			
	50						
47		45	10.69	481.12			
	40						
48		27.195	10.06	273.51			
	14.39						
49		21.505	2.56	55.12			
	28.62						
50		28.62	0.99	28.23			
	28.62						
51		28.62	2.71	77.51			
	28.62						
52		28.62	2.85	81.66			
	28.62						
53		39.31	3.07	120.75			
	50						
54		50	3.51	175.50			
	50						
55		45.9	2.20	101.07			
	41.8						
56		24.76	2.93	72.45			
	7.72						
57		7.72	2.64	20.35			
	7.72						
58		28.86	3.00	86.55			
	50						
59		48.655	3.73	181.49			
	47.31						
60		48.66	3.95	192.25			
	50						
61		46.82	3.95	184.98			
	43.64						
62		31.76	3.88	123.14			
	19.88						
63		34.255	3.07	105.22			
	48.63						
64		48.63	2.49	121.13			
	48.63						
65		49.315	3.14	155.07			
	50						
66		45	3.36	151.36			
	40						
67		26.485	3.22	85.22			
	12.97						
68		24.905	3.00	74.69			
	36.84						
69		27.53	3.14	86.57			
	18.22						
70		18.22	3.22	58.62			
	18.22						
71		34.11	3.29	112.24			
	50						

72		45	3.14	141.50				
	40							
73		27.575	3.14	86.71				
	15.15							
74		25	2.93	73.15				
	34.85							
75		42.425	2.85	121.05				
	50							
76		50	4.54	227.12				
	50							
77		29.98	3.73	111.83				
	9.96							
78		29.98	4.54	136.18				
	50							
79		50	4.69	234.54				
	50							
80		50	5.14	256.90				
	50							
81		47.47	5.21	247.45				
	44.94							
82		47.47	6.34	301.07				
	50							
83		50	6.27	313.33				
	50							
84		50	7.26	362.84				
	50							
85		50	5.74	286.90				
	50							
86		35.755	5.44	194.42				
	21.51							
87		14.565	5.21	75.92				
	7.62							
88		7.62	5.14	39.15				
	7.62							
89		28.81	5.36	154.49				
	50							
90		50	8.41	420.66				
	50							
91		50	6.42	320.91				
	50							
92		50	6.49	324.70				
	50							
93		45	6.34	285.40				
	40							
94		28.695	8.10	232.53				
	17.39							
95		33.695	8.03	270.44				
	50							
96		29.29	6.87	201.36				
	8.58							
97		8.98	7.95	71.38				
	9.38							
98		9.38	8.41	78.92				

	9.38						
99		29.69	11.01	326.90			
	50						
100		45	16.34	735.22			
	40						
101		26.175	16.93	443.11			
	12.35						
102		22.62	8.57	193.82			
	32.89						
103		32.89	7.10	233.64			
	32.89						
104		36.445	9.58	349.31			
	40						
105		34.86	9.51	331.38			
	29.72						
106		21.92	9.51	208.37			
	14.12						
107		14.71	9.66	142.15			
	15.30						
108		15.3	5.96	91.25			
	15.30						
109		32.65	4.39	143.47			
	50						
110		50	4.32	216.00			
	50						
111		50	0.92	45.78			
	50						
112		50	0.14	7.01			
	50						
113		50	1.06	52.88			
	50						
114		31.615	1.27	40.18			
	13.23						
115		23.665	1.20	28.39			
	34.10						
116		25	0.49	12.29			
	15.90						
117		32.95	0.70	23.17			
	50						
118		50	0.77	38.70			
	50						
119		50	4.17	208.61			
	50						
120		39.405	6.80	267.89			
	28.81						
121		39.405	3.58	141.20			
	50						
122		50	3.14	157.23			
	50						
123		44.5	3.22	143.18			
	39						
124		42	3.22	135.14			
	45						

125		40.09	2.27	91.17				
	35.18							
126		42.59	1.56	66.28				
	50							
127		50	0.42	21.06				
	50							
128		50	0.00	0.00				
	50							
129		36.895	0	0	0.07	2.58		
	23.79							
130		19.68	0.99	19.41				
	15.57							
131		15.57	0.35	5.46				
	15.57							
132		32.785	0	0	0.21	6.88		
	50							
133		50	0	0	0.14	6.99		
	50							
134		50	0.42	21.06				
	50							
135		37.5	2.42	90.70				
	25							
136		17.01	1.91	32.56				
	9.02							
137		29.51	2.20	64.98				
	50							
138		50	3.66	182.84				
	50							
139		50	3.44	171.84				
	50							
140		35.48	3.14	111.57				
	20.96							
141		31.345	4.54	142.38				
	41.73							
142		41.73	4.17	174.10				
	41.73							
143		45.865	4.25	194.74				
	50							
144		50	2.56	128.16				
	50							
145		50	2.56	128.16				
	50							
146		50	3.51	175.50				
	50							
147		34.48	3.36	115.98				
	18.96							
148		18.565	1.63	30.22				
	18.17							
149		18.17	2.42	43.94				
	18.17							
150		34.085	5.59	190.45				
	50							
151		50	5.29	264.38				

	50							
152		45	10.45	470.40				
	40							
153		26.565	10.22	271.38				
	13.13							
154		31.565	5.44	171.63				
	50							
155		50	4.77	238.26				
	50							
156		50	1.99	99.31				
	50							
157		45	3.95	177.79				
	40							
158		32.295	4.10	132.35				
	24.59							
159		37.295	3.66	136.38				
	50							
160		50	6.95	347.54				
	50							
161		50	11.57	578.53				
	50							
162		50	15.25	762.50				
	50							
163		45	18.72	842.40				
	40							
164		33.5	20.63	691.04				
	27							
165		15.95	18.89	301.33				
	4.9							
166		7.21	17.35	125.11				
	9.52							
167		9.52	16.93	161.16				
	9.52							
168		29.76	17.10	508.84				
	50							
169		46.045	11.01	506.97				
	42.09							
TOTAL				12045.78		74.56		

**Tableau VIII.2 :Cubature pour le tronçon2**

N° Profil s	Distances Partielles (m)	Longueur d'application (m)	Remblais		Déblais		Purges	
			Surf. (m <sup>2</sup> )	Cubes (m <sup>3</sup> )	Surfaces (m <sup>2</sup> )	Cubes (m <sup>3</sup> )	Surfaces (m <sup>2</sup> )	Cubes (m <sup>3</sup> )
	0							
1		18.115	0.00	0.00	1.39	25.12		
	36.23							
2		43.115	0.92	39.48	0	0		
	50							

3		50	1.70	84.96	0	0		
	50							
4		50	1.06	52.88	0	0		
	50							
5		50	0.92	45.78	0	0		
	50							
6		32.2825	5.44	175.54	0	0		
	14.565							
7		14.5625	6.65	96.78	0	0		
	14.56							
8		26.435	13.11	346.50	0	0		
	38.31							
9		35.21	17.10	602.02	0	0		
	32.11							
10		25.625	18.12	464.32	0	0		
	19.14							
11		22.69	15.75	357.39	0	0		
	26.24							
12		21.155	10.45	221.14	0	0		
	16.07							
13		28.035	4.91	137.77	0	0		
	40							
14		40	4.84	193.59	0	0		
	40							
15		40	4.54	181.69	0	0		
	40							
16		35	4.62	161.58	0	0		
	30							
17		40	4.69	187.63	0	0		
	50							
18		50	4.54	227.12	0	0		
	50							
19		40	4.10	163.93	0	0		
	30							
20		30	2.42	72.56	0	0		
	30							
21		30	0.49	14.75	0	0		
	30							
22		29.54	0.42	12.44	0	0		
	29.08							
23		29.08	0.35	10.20	0	0		
	29.08							
24		20.155	0.00	0.00	0.07	1.41		
	11.23							
25		30.615	0.00	0.00	0.07	2.14		
	50							
26		50	0.35	17.54	0	0		
	50							
27		50	1.48	74.24	0	0		
	50							
28		50	1.63	81.38	0	0		
	50							
29		50	1.48	74.24	0	0		

	50							
30		50	1.99	99.31	0	0		
	50							
31		50	2.42	120.93	0	0		
	50							
32		50	1.56	77.81	0	0		
	50							
33		50	1.48	74.24	0	0		
	50							
34		50	1.06	52.88	0	0		
	50							
35		50	0.00	0.00	0	0		
	50							
36		44.74	0.00	0.00	0.21	9.38		
	39.48							
37		39.48	0.00	0.00	0.14	5.52		
	39.48							
38		39.905	0.00	0.00	1.11	44.35		
	40.33							
39		37.665	0.42	15.86	0	0		
	35							
40		42.5	1.84	78.31	0	0		
	50							
41		38.9	4.99	194.06	0	0		
	27.8							
42		38.9	4.99	194.06	0	0		
	50							
43		32.875	4.32	142.02	0	0		
	15.75							
44		32.875	3.29	108.18	0	0		
	50							
45		50	1.77	88.54	0	0		
	50							
46		40	2.85	114.13	0	0		
	30							
47		30.05	5.44	163.40	0	0		
	30.1							
48		30.05	2.71	81.38	0	0		
	30							
49		23.5	0.49	11.55	0	0		
	17							
50		15.5	2.13	33.02	0	0		
	14							
51		17	1.34	22.81	0	0		
	20							
52		14.6	0.99	14.40	0	0		
	9.2							
53		9.2	0.77	7.12	0	0		
	9.2							
54		12.865	1.13	14.52	0	0		
	16.53							
55		33.265	0.92	30.46	0	0		
	50							

56		50	0.77	38.70	0	0		
	50							
57		50	1.06	52.88	0	0		
	50							
58		37.095	0.92	33.97	0	0		
	24.19							
59		24.19	0.49	11.89	0	0		
	24.19							
60		33.575	0.92	30.74	0	0		
	42.96							
61		36.655	2.13	78.08	0	0		
	30.35							
62		40.175	0.42	16.92	0	0		
	50							
63		50	0.00	0.00	0.14	6.99		
	50							
64		50	0.00	0.00	0.35	17.46		
	50							
65		50	0.00	0.00	0.21	10.49		
	50							
66		50	0.21	10.52	0	0		
	50							
67		45.5	3.44	156.37	0	0		
	41							
68		45.5	0.28	12.76	0	0		
	50							
69		50	0.00	0.00	0	0		
	50							
70		30.88	0.00	0.00	0.21	6.48		
	11.76							
71		11.76	0.21	2.47	0	0		
	11.76							
72		12.6	0.35	4.42	0	0		
	13.44							
73		31.72	0.56	17.83	0	0		
	50							
74		50	1.13	56.43	0	0		
	50							
75		36.5	1.70	62.02	0	0		
	23							
76		36.5	1.84	67.25	0	0		
	50							
77		50	2.64	131.78	0	0		
	50							
78		50	1.91	95.72	0	0		
	50							
79		50	2.35	117.32	0	0		
	50							
80		29.71	3.44	102.11	0	0		
	9.42							
81		17.54	4.17	73.18	0	0		
	25.66							
82		30.345	1.41	42.89	0	0		

	35.03							
83		33.865	1.41	47.86	0	0		
	32.7							
84		41.35	1.34	55.49	0	0		
	50							
85		42.3	1.06	44.73	0	0		
	15.4							
pf1		25	0.00	0.00	0	0		
	34.6							
86		42.3	0.00	0.00	1.72	72.88		
	50							
87		37.125	0.00	0.00	2.39	88.78		
	24.25							
88		20.945	0.00	0.00	0.14	2.94		
	12.36							
pf2		15			0	0		
	17.64							
89		33.82	0.42	14.24	0	0		
	50							
90		50	1.99	99.31	0	0		
	50							
91		50	1.91	95.72	0	0		
	50							
92		50	2.27	113.71	0	0		
	50							
93		50	2.27	113.71	0	0		
	50							
94		50	2.42	120.93	0	0		
	50							
95		47.995	0.28	13.46	0	0		
	45.99							
96		47.995	0.70	33.76	0	0		
	50							
97		50	0.21	10.52	0	0		
	50							
98		50	0.00	0.00	0.21	10.49		
	50							
99		50	0.35	17.54	0	0		
	50							
100		29.075	0.84	24.56	0	0		
	8.15							
101		8.15	0.00	0.00	0.07	0.57		
	8.15							
102		21.305	0.07	1.49	0	0		
	34.46							
103		31.78	2.71	86.06	0	0		
	29.1							
104		34.55	0.28	9.69	0	0		
	40							
105		45	0.21	9.46	0	0		
	50							
106		37.3	0.14	5.23	0	0		
	24.6							

107		32.3	0.00	0.00	0	0		
	40							
108		30.385	1.70	51.63	0	0		
	20.77							
109		30.385	0.00	0.00	0.07	2.13		
	40							
110		26.725	0.00	0.00	0.21	5.60		
	13.45							
111		13.45	0.00	0.00	0.21	2.82		
	13.45							
112		23.635	0.14	3.31	0	0		
	33.82							
113		41.91	0.00	0.00	0.35	14.63		
	50							
114		50	0.00	0.00	0.16	8.04		
	50							
115		50	0.00	0.00	0.21	10.49		
	50							
116		50	0.00	0.00	0.35	17.46		
	50							
117		34.28	0.00	0.00	0.35	11.97		
	18.56							
118		34.28	0.00	0.00	0.35	11.97		
	50							
119		50	0.42	21.06	0	0		
	50							
120		50	0.56	28.11	0	0		
	50							
121		50	0.00	0.00	0.07	3.50		
	50							
122		50	0.00	0.00	0.35	17.46		
	50							
123		50	0.00	0.00	0	0		
	50							
124		50	0.56	28.11	0	0		
	50							
125		28.25	0.99	27.87	0	0		
	6.5							
126		16.67	0.49	8.20	0	0		
	26.84							
127		26.84	0.42	11.31	0	0		
	26.84							
128		23.95	0.56	13.46	0	0		
	21.06							
129		16.38	2.13	34.89	0	0		
	11.7							
130		25.85	1.70	43.92	0	0		
	40							
131		33.07	2.85	94.36	0	0		
	26.14							
132		30.82	2.85	87.94	0	0		
	35.5							
133		32.61	2.20	71.81	0	0		

	29.72							
134		29.72	2.27	67.59	0	0		
	29.72							
135		35.15	0.49	17.28	0	0		
	40.58							
136		45.29	0.63	28.65	0	0		
	50							
137		50	0.56	28.11	0	0		
	50							
138		40	0.00	0.00	0.21	8.39		
	30							
139		30	0.00	0.00	0.35	10.48		
	30							
140		30	0.00	0.00	0.35	10.48		
	30							
141		25.25	1.41	35.69	0	0		
	20.5							
142		23.555	0.28	6.61	0	0		
	26.61							
143		28.305	0.28	7.94	0	0		
	30							
144		24.8	0.07	1.74	0	0		
	19.6							
145		19.6	0.21	4.12	0	0		
	19.6							
146		23.92	0.35	8.39	0	0		
	28.24							
147		34.12	1.99	67.77	0	0		
	40							
148		45	3.14	141.50	0	0		
	50							
149		50	2.64	131.78	0	0		
	50							
150		34.33	3.29	112.96	0	0		
	18.66							
151		18.66	2.35	43.78	0	0		
	18.66							
152		27.715	1.27	35.22	0	0		
	36.77							
153		38.385	0.63	24.29	0	0		
	40							
154		45	0.56	25.30	0	0		
	50							
155		50	0.00	0.00	0.14	6.99		
	50							
156		50	0.00	0.00	0.28	13.97		
	50							
157		50	0.00	0.00	0.07	3.50		
	50							
158		50	0.00	0.00	0.14	6.99		
	50							
159		50	0.00	0.00	0.35	17.46		
	50							

160		50	0.00	0.00	0.42	20.94		
	50							
161		50	0.00	0.00	0.49	24.42		
	50							
162		34.72	0.00	0.00	0.84	29.00		
	10.89							
pf3		15.165	0.67		0	0		
	19.44							
163		32.72	0.00	0.00	0.84	27.64		
	46							
164		37	0.00	0.00	1.56	57.58		
	28							
165		25.89	0.00	0.00	1.91	49.56		
	23.78							
166		23.78	0.00	0.00	1.77	42.11		
	23.78							
167		21.355	0.00	0.00	1.70	36.29		
	18.93							
168		29.465	0.00	0.00	1.56	45.85		
	40							
169		45	0.00	0.00	0.99	44.39		
	50							
170		50	0.00	0.00	0.70	35.17		
	50							
171		50	0.00	0.00	0.49	24.58		
	50							
172		40.915	0.00	0.00	0.35	14.35		
	18.17							
pf4		25			0	0		
	31.83							
173		22.345	0.00	0.00	0.84	18.66		
	12.86							
174		12.86	0.00	0.00	0.63	8.07		
	12.86							
175		20.22	0.00	0.00	0.35	7.06		
	27.58							
176		28.79	0.14	4.03	0.00	0.00		
	30							
177		40	0.14	5.61	0	0		
	50							
178		50	0.21	10.52	0	0		
	50							
179		50	0.35	17.54	0	0		
	50							
180		50	0.42	21.06	0	0		
	50							
181		50	0.42	21.06	0	0		
	50							
182		50	0.35	17.54	0	0		
	50							
183		50	0.21	10.52	0	0		
	50							
184		50	0.07	3.50	0	0		

	50							
185	50	27.225	0.14	3.82	0	0		
	4.45							
186		4.45	0.00	0.00	0	0		
	4.45							
187		26.89	0.00	0.00	0	0		
	49.33							
188		49.665	0.00	0.00	0	0		
	50							
189		50	0.00	0.00	0.14	6.99		
	50							
190		50	0.00	0.00	0.14	6.99		
	50							
191		50	0.00	0.00	0.14	6.99		
	50							
192		50	0.84	42.24	0	0		
	50							
193		45	0.77	34.83	0	0		
	40							
194		45	0.84	38.02	0	0		
	50							
195		50	0.99	49.33	0	0		
	50							
196		32.76	0.92	30.00	0	0		
	15.52							
197		32.76	0.84	27.68	0	0		
	50							
198		50	0.77	38.70	0	0		
	50							
199		50	0.56	28.11	0	0		
	50							
200		50	0.42	21.06	0	0		
	50							
201		50	0.49	24.58	0	0		
	50							
202		50	0.00	0.00	0	0		
	50							
203		50	0.28	14.03	0	0		
	50							
204		50	0.00	0.00	0.14	6.99		
	50							
205		50	0.00	0.00	0.42	20.94		
	50							
206		35.85	0.21	7.54	0			
	21.7							
207		35.85	0.00	0.00	0.42	15.01		
	50							
208		50	0.00	0.00	0.28	13.97		
	50							
209		47.29	0.00	0.00	0.21	9.92		
	44.58							
210		44.58	0.35	15.64	0	0		
	44.58							

211		34.76	0.35	12.19	0	0		
	24.94							
212		27.47	0.42	11.57	0	0		
	30							
213		40	0.42	16.85	0	0		
	50							
214		50	0.28	14.03	0	0		
	50							
215		50	0.28	14.03	0	0		
	50							
216		50	0.28	14.03	0	0		
	50							
217		50	0.42	21.06	0	0		
	50							
218		50	0.49	24.58	0	0		
	50							
219		47.53	0.14	6.66	0	0		
	45.06							
220		45.975	0.07	3.22	0	0		
	46.89							
221		48.445	0.56	27.23	0	0		
	50							
222		50	0.63	31.64	0	0		
	50							
223		50	0.99	49.33	0	0		
	50							
224		50	1.06	52.88	0	0		
	50							
225		50	1.27	63.54	0	0		
	50							
226		50	1.06	52.88	0	0		
	50							
227		50	1.27	63.54	0	0		
	50							
228		50	0.35	17.54	0	0		
	50							
229		34.88	0.28	9.79	0	0		
	19.76							
230		19.76	0.21	4.16	0	0		
	19.76							
231		31.79	0.14	4.45	0	0		
	43.82							
232		46.91	0.00	0.00	0	0		
	50							
233		50	0.21	10.52	0	0		
	50							
234		43.32	0.28	12.15	0	0		
	36.64							
235		38.32	0.14	5.37	0	0		
	40							
236		39.095	0.07	2.74	0	0		
	38.19							
237		38.19	0.00	0.00	0.07	2.67		

	38.19							
238		38.19	0.00	0.00	0.28	10.65		
	38.19							
239		38.19	0.42	16.09	0	0		
	38.19							
240		44.095	0.00	0.00	0.35	15.35		
	50							
241		50	0.00	0.00	0.35	17.41		
	50							
242		50	3.66	182.84	0	0		
	50							
243		50	3.58	179.17	0	0		
	50							
244		50	4.17	208.61	0	0		
	50					0		
245		25	4.25	106.15	0	1108.90		
TOTAL				10956.15		1108.90		

## VIII.2 Métré des dalots

Tableau VIII.3 : métré des dalots

dalot 3x3.00x2.00		dalot 12x3.00x2.50	dalot 4x3.00x1.00	dalot 2.0x1.0
piédroit	-	-	-	-
b	0.3	0.3	0.3	0.2
h	2	2.5	1	1
l	7	7	7	7
nombre	4	5	5	2
volume(m <sup>3</sup> )	16.8	26.25	10.5	2.8
Tablier	-	-	-	-
Longueur	10.2	13.5	13.5	2
b	0.3	0.3	0.3	0.2
Volume (m <sup>3</sup> )	21.42	28.35	28.35	2.8
Radier	-	-	-	-
Longueur	10.2	13.5	13.5	
largeur	9.6	9.6	9.6	
b	0.3	0.3	0.3	
Volume (m <sup>3</sup> )	29.376	38.88	38.88	2.8
Guide roue	-	-	-	-
b	0.3	0.3	0.3	0.2
h	0.8	0.8	0.8	0.8
l	10.2	13.5	13.5	2
Volume (m <sup>3</sup> )	2.448	3.24	3.24	0.32
Voile	-	-	-	-
b	0.2	0.2	0.2	0.2

Section (m <sup>2</sup> )	1	1.25	0.5	0.5
volume	0.2	0.25	0.1	0.1
<b>VOL_total</b>	<b>70.244</b>	<b>96.97</b>	<b>81.07</b>	8.82
		<b>290.91</b>		

### VIII.3 Détail de l'évaluation estimatif du projet

Tableau VIII.4 : Détail de l'estimatif du coût du projet

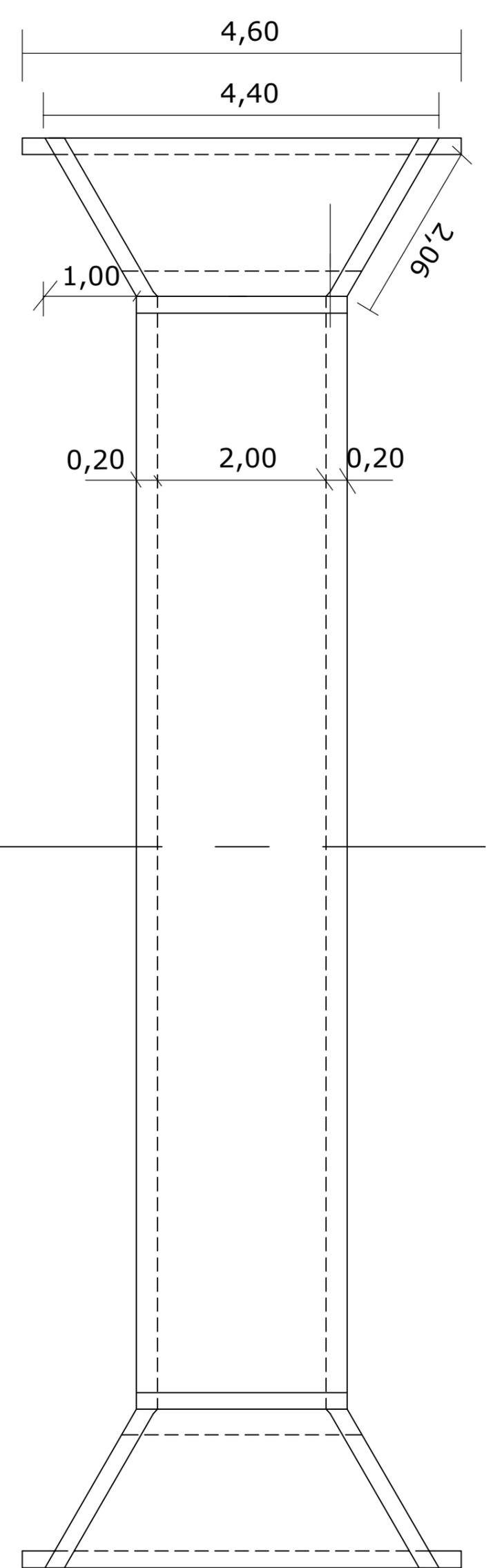
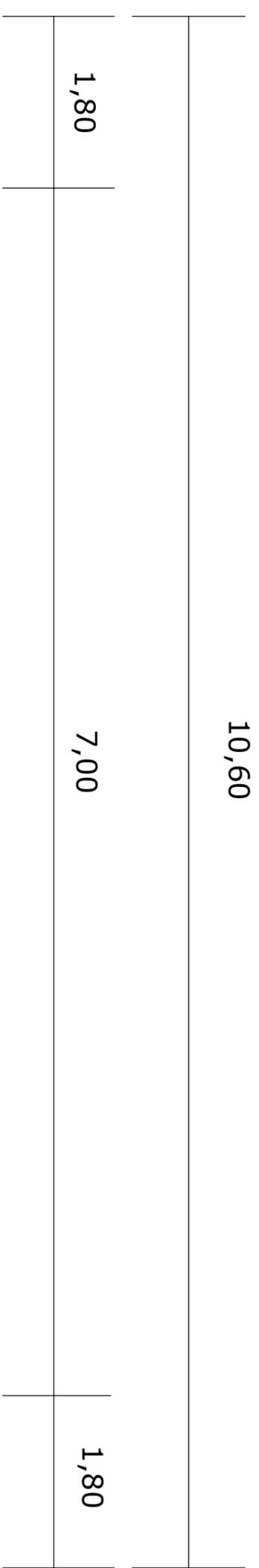
No	Désignation des travaux	unités	Qtés	Prix unitaire	Prix total
100	<b>TRAVAUX PREPARATOIRE-TERRASSEMENT-CHAUSSEE</b>				
101	installation du chantier	ff	1	12000000	12000000
102	Amenée et repli de matériels de chantier	ff	1	5000000	5000000
103	<b>Débrouillage au bull</b>	m <sup>2</sup>	79404	150	11910600
104	Nettoyage de l'emprise à la niveleuse (20x19851)	m <sup>2</sup>	397020	200	79404000
105	Purges des terres de mauvaise tenue	m <sup>3</sup>	600	5000	3000000
106	constitution de plate-forme (19851x8)	m <sup>2</sup>	79404	1000	79404000
107	Remblai provenant des emprunts pour plate-forme	m <sup>3</sup>	23001.9	4000	92007720
108	Couche de roulement en graveleux laté.(19851x7x0.20)	m <sup>3</sup>	27791.4	4500	125061300
109	Matériaux latéritiques pour bloc technique des ouvrages	m <sup>3</sup>	487.074	5000	2435370
	<b>SOUSTOTAL/100</b>				<b>410222990</b>
200	<b>OUVRAGES ET ASSAINISSEMENT</b>				
201	<b>Fouille pour ouvrages</b>	m <sup>3</sup>	593.124	3000	1779372
202	<b>Béton de propreté (ép=10cm) dosé à 150kg/m<sup>3</sup></b>	m <sup>3</sup>	79.086	65000	5140590
203	<b>Béton armé dosé à 350kg/m<sup>3</sup></b>	m <sup>3</sup>	523.708	150000	78556200
204	<b>Pérrés maçonnés</b>	m <sup>2</sup>	157	15000	2355000
205	<b>GABION</b>	m <sup>3</sup>	153.1	450000	68895000
208	<b>Entretien et réparation d'ouvrage existants (PM)</b>	sans objet	0	0	0
209	<b>fossés triangulaires non revêtus</b>	ml	32702	750	24526500
210	<b>fossés divergent (au bull)</b>	ml	4568	3500	15988000
211	<b>Curage et reprofilage de fossés existants (PM)</b>	sans objet	0	0	0
212	<b>Démolition d'ouvrages existants (PM)</b>	sans objet	0	0	0
	<b>SOUS TATOL /200</b>				<b>197240662</b>
300	<b>DIVERS</b>				
300a	<b>indemnisation concession -champs-remise du site</b>	ff	1	4000000	4000000
301	<b>Panneaux de villes et village</b>	u	38	12500	475000

302	panneaux de direction	u	11	12000	132000
303	barrière de pluie	u	4	800000	3200000
304	Plantation d'arbres	u	1400	6000	8400000
	<b>SOUS TATOL /300</b>				<b>12207000</b>
<b>TOTAL HORS TAXE</b>					<b>623671000</b>
<b>TVA (18%)</b>					<b>112261000</b>
<b>TOTAL TTC</b>					<b>735932000</b>

**ANNEXE SEPARÉE : plans de ferrailage des dalot-profil en long-points  
tangence-tabulation de l'axe.**

OH4 - PK11+792

Koundula 



Prévoir un débord de:  
10cm pour le béton de propreté  
35cm pour l'assise en graveleux

MEMOIRE DE FIN DE FORMATION 2iE

ROUTE ILMIOUGOU-KOUNDULA

DALOT 2,00x1,00m

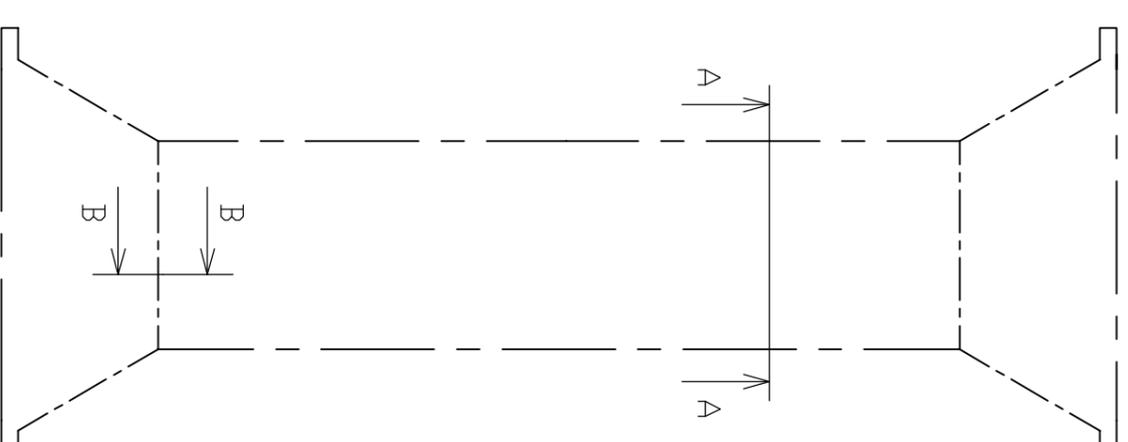
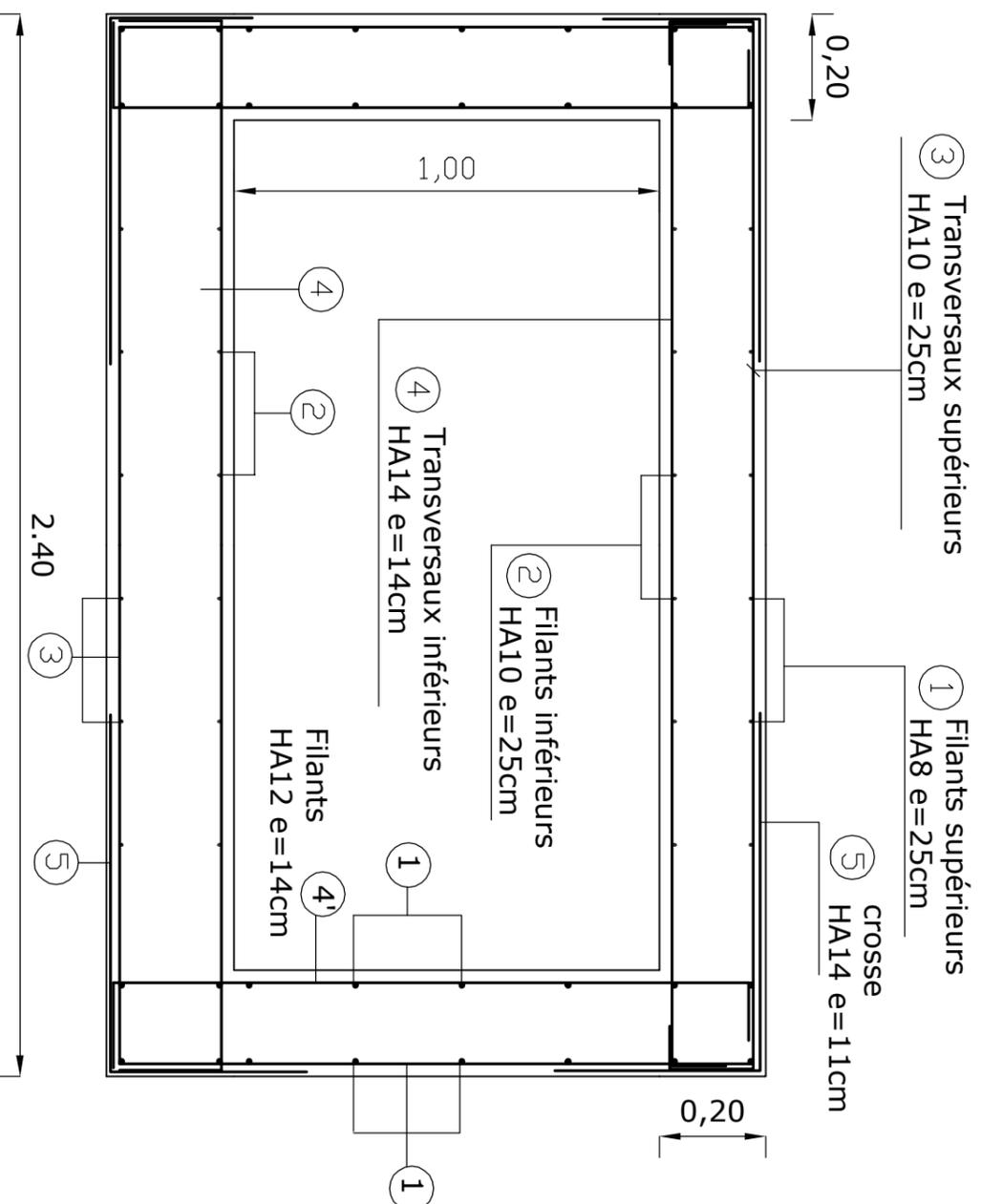
Vue de Dessus

Ech: 1/75

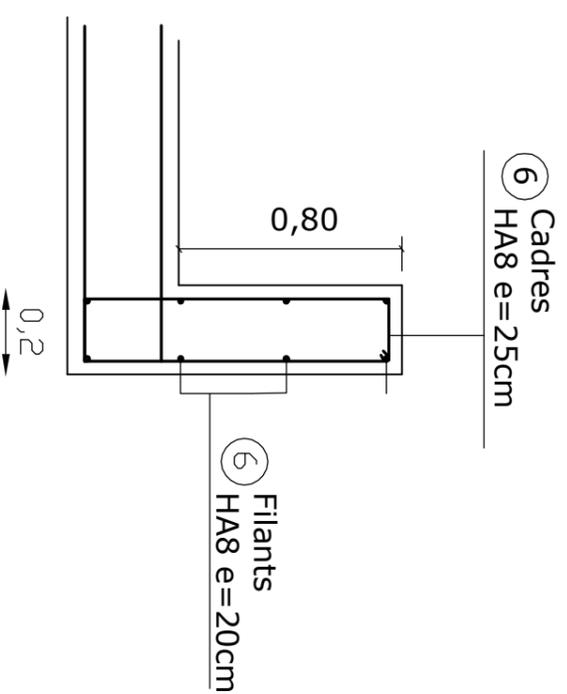
Date: 15/05/2011



## Coupe A-A



## Coupe B-B



MEMOIRE DE FIN DE FORMATION 2IE

ROUTE ILMIOUGOU-KOUNDULA

DALOT 2,00x1,00m

Plan de Ferrailage du dalot et guide roue

Ech: 1/20

Date: 15/05/2011



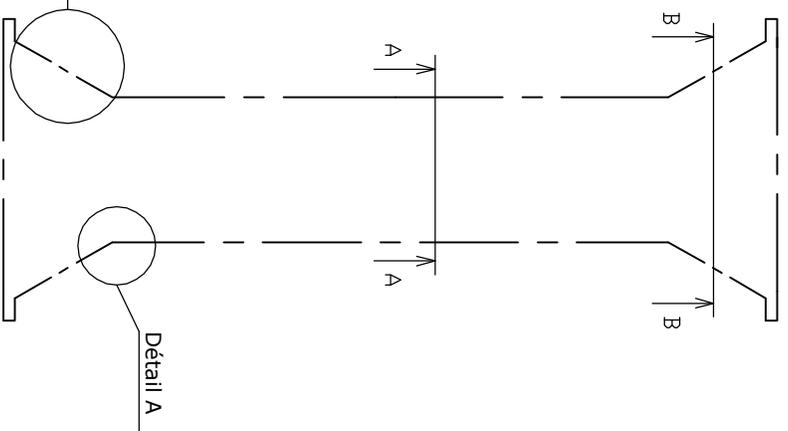
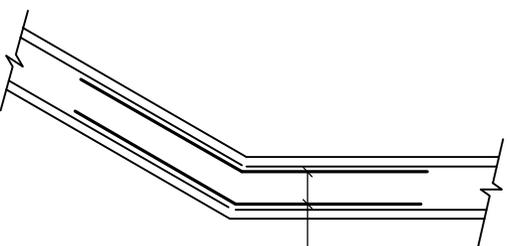
## Détail B

④ Filants inf. mur en aile/mur en retour  
HA12 e=25cm

③ Filants inf. mur en aile/mur en retour  
HA12 e=25cm

## Détail A

⑤ Crosses piédroit/mur en aile HA12  
e=25cm



MEMOIRE DE FIN DE FORMATION 21E

ROUTE ILMIOUGOU-KOUNDULA

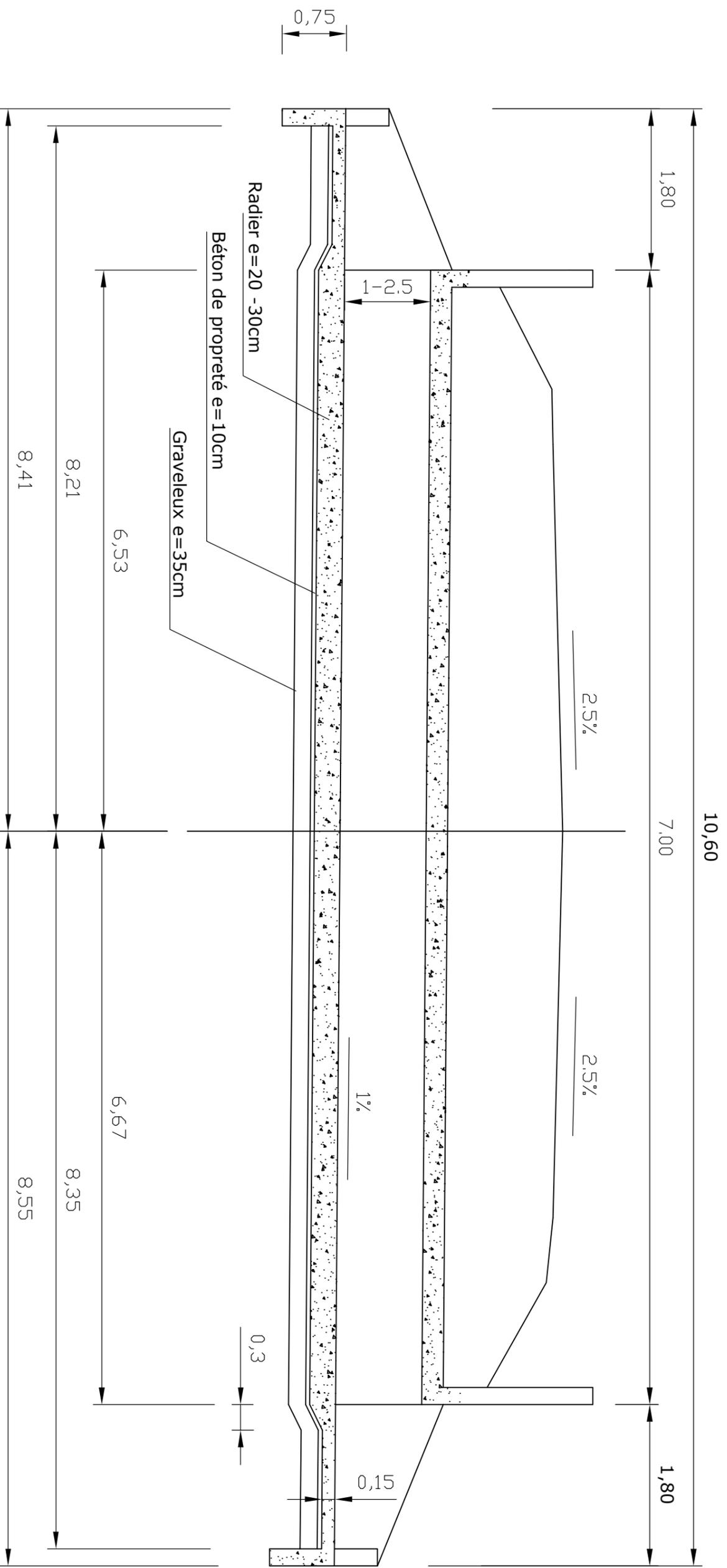
DALOT

Plan de Ferrailage des murs

Ech: 1/25

Date: 15/05/2011





MEMOIRE DE FIN DE FORMATION 2IE

ROUTE ILMIOUGOU-KOUNDLA

PROFIL EN TRAVERS TYPE

OH1 - OH2-OH3-OH4-OH5

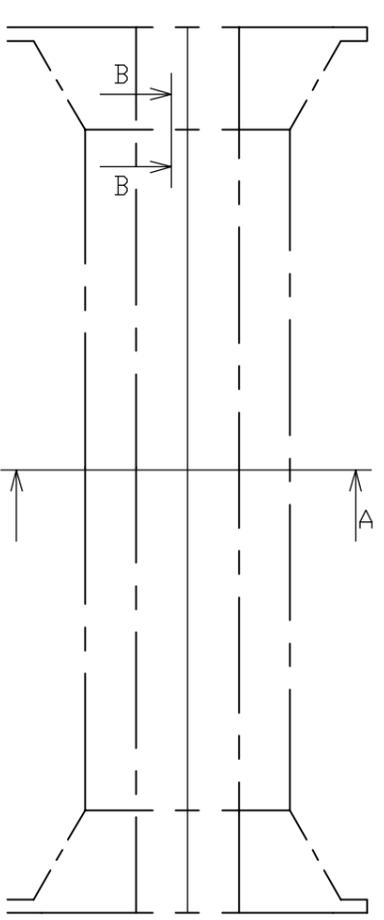
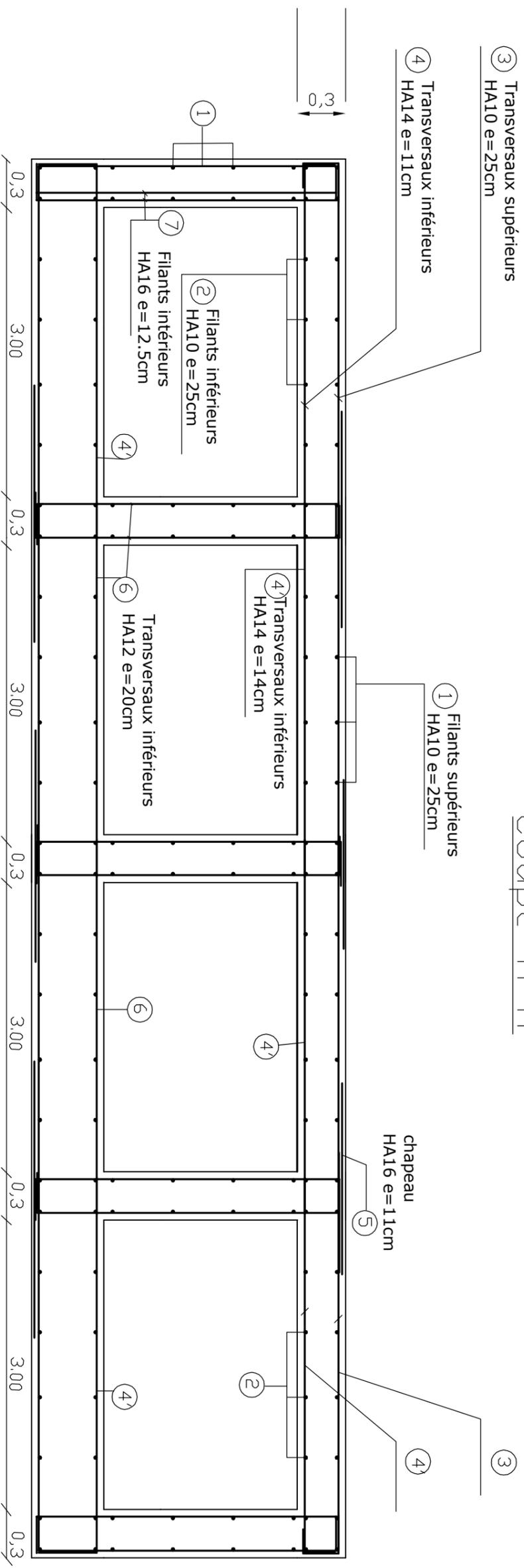
Ech: 1/75

Date: 15/05/2011





# Coupe A-A



MEMOIRE DE FIN DE FORMATION ZIE

**ROUTE ILMIOUGOU-KOUNDULA**

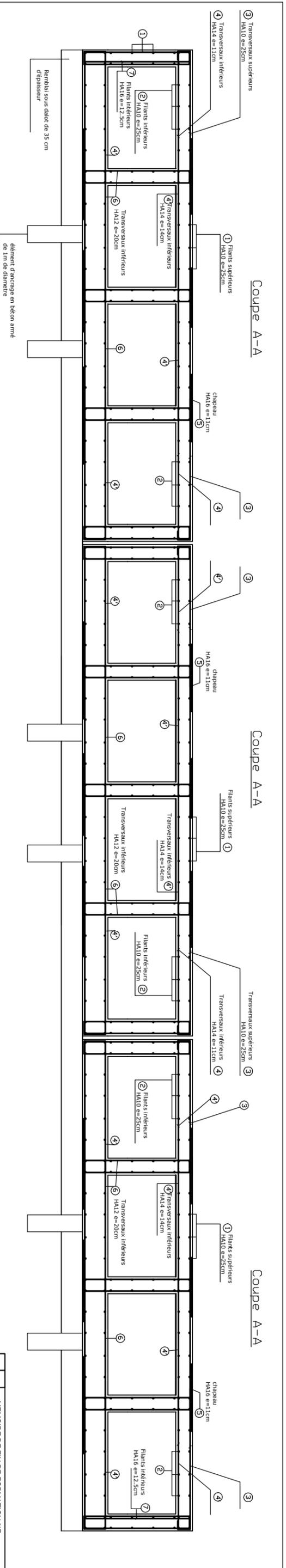
**DALOT 3x4x(3,00x2,50m)**

**Plan de Ferrailage**

Ech: 1/25

Date: 28/04/2011





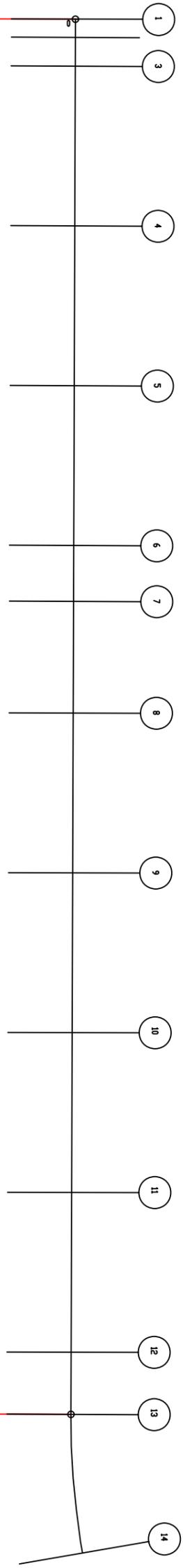
MEMOIRE DE FIN DE FORMATION ZIE
ROUTE ILMIOUGOU-KOUNDULA
DALOT 3x4X(3,00X2,50m)
Plan de Ferrailage vue d'ensemble
Ech: 1/25
Date: 28/04/2011



X0=99519237  
 Y0=20019,8505  
 GD=356,7991

ECHELLE 1/1000

N



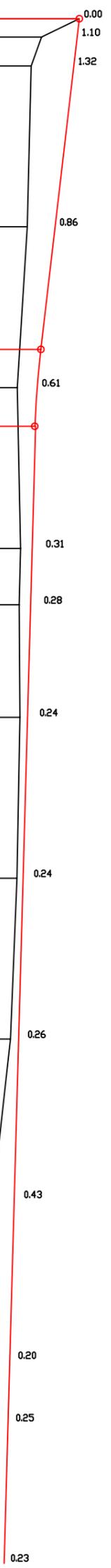
20500

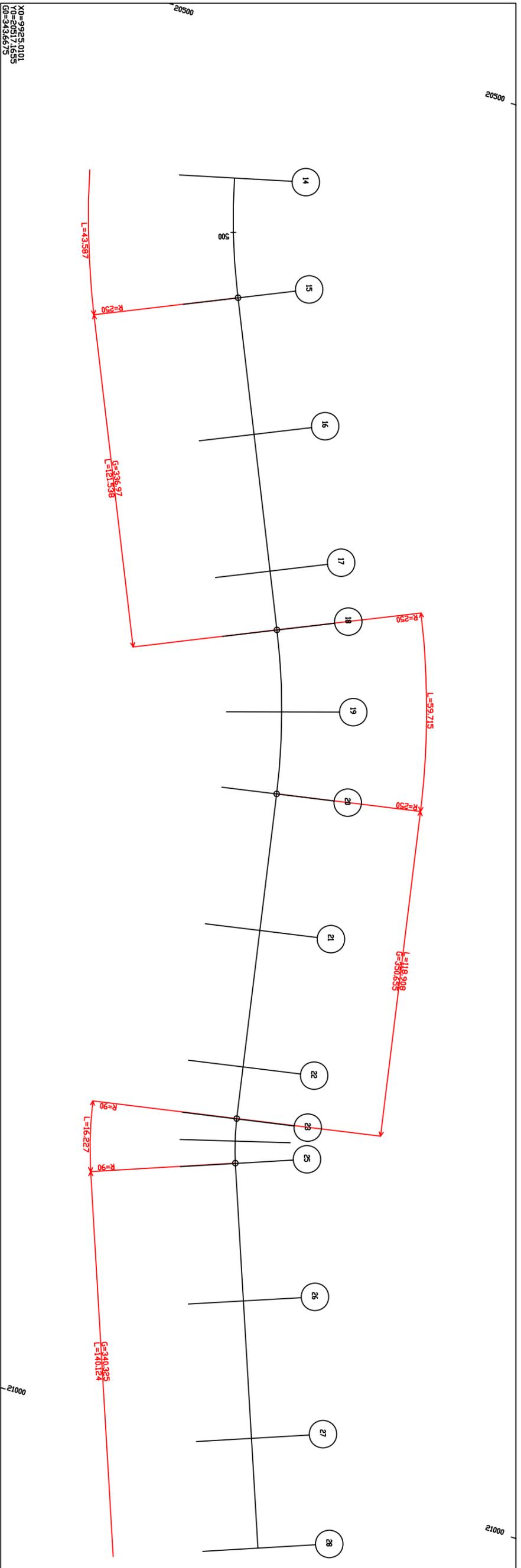
20500

PL1.PIS

PLANCHE 1/13  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
	296.78	295.61	295.29	295.17	294.93	294.86	294.88	294.96	294.92	294.94	294.85	294.65	294.10	294.15	294.03	294.09
DISTANCES PARTIELLES		5.74	9	50	50	50	50	17.48	34.94	50	50	50	19.48	43.58		
DISTANCES CUMULEES	0.00	5.74	14.74	64.74	102.83	114.74	126.65	164.74	182.22	217.16	267.16	317.16	367.16	417.16	436.64	480.22
COTES PROJET	296.78	296.71	296.61	296.03	295.59	295.47	295.41	295.27	295.20	295.08	294.89	294.71	294.53	294.35	294.28	294.12
DECLIVITES PROJET																
ALIGNEMENTS ET COURBES	L=102.825 P=1.16% R=3000 L=633.365 P=1.16% R=356.7991 L=436.644 R=250 L=43576 P=0.36%															





ECHELLE 1/1000

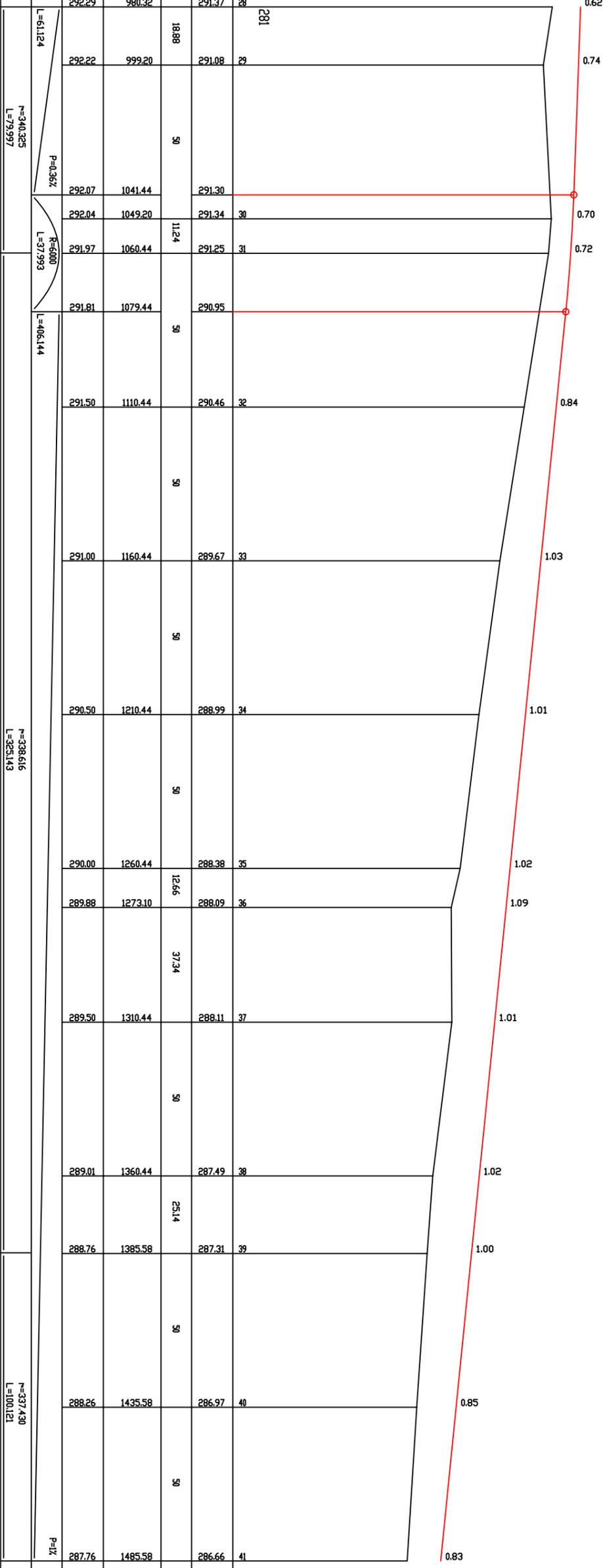


PLANCHE 2/13  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

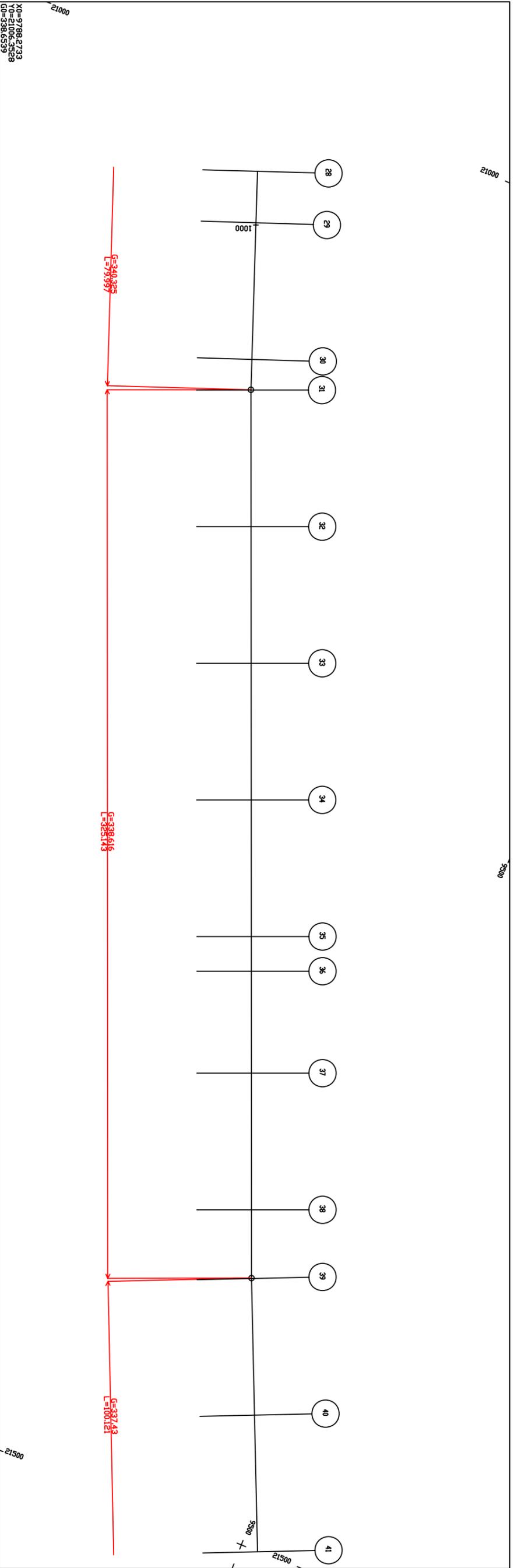
COTES TERRAIN	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	COTES PROJET	DECLIVITES PROJET	ALIGNEMENTS ET COURBES
294.09	43.58	43.58	293.96		L=5001 R=250 L=43.587
293.71	50	93.58	293.96		
293.11	50	143.58	293.78		R=336.970 L=121.538
292.99	50	193.58	293.59		
292.97	21.35	215.35	293.51		R=250 L=99.715
293.27	29.85	245.35	293.41		
293.41	29.85	275.35	293.30		R=350.655 L=118.908
293.41	50	325.35	293.30		
293.52	50	375.35	293.11		R=90 L=16.227
293.22	50	425.35	292.93		
293.26	19.01	444.36	292.86		R=90 L=16.227
293.34	8.13	452.49	292.83		
293.30	8.13	460.62	292.80		R=340.325 L=140.124
292.62	50	510.62	292.62		
292.21	50	560.62	292.44		P=0.367
291.37	40	600.62	292.29		

PLANCHE 3/13  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	COTES PROJET
291.37	1888	980.32	292.29
291.08	50	999.20	292.22
291.30	1124	1041.44	292.07
291.34	50	1049.20	292.04
291.25	50	1060.44	291.97
290.95	50	1079.44	291.81
290.46	50	1110.44	291.50
289.67	50	1160.44	291.00
288.99	50	1210.44	290.50
288.38	12.66	1260.44	290.00
288.09	37.34	1273.10	289.88
288.11	50	1310.44	289.50
287.49	25.14	1360.44	289.01
287.31	50	1385.58	288.76
286.97	50	1435.58	288.26
286.66	50	1485.58	287.76



ECHELLE 1/1000



X0=9798.2733  
 Y0=21006.3528  
 O0=338.6539

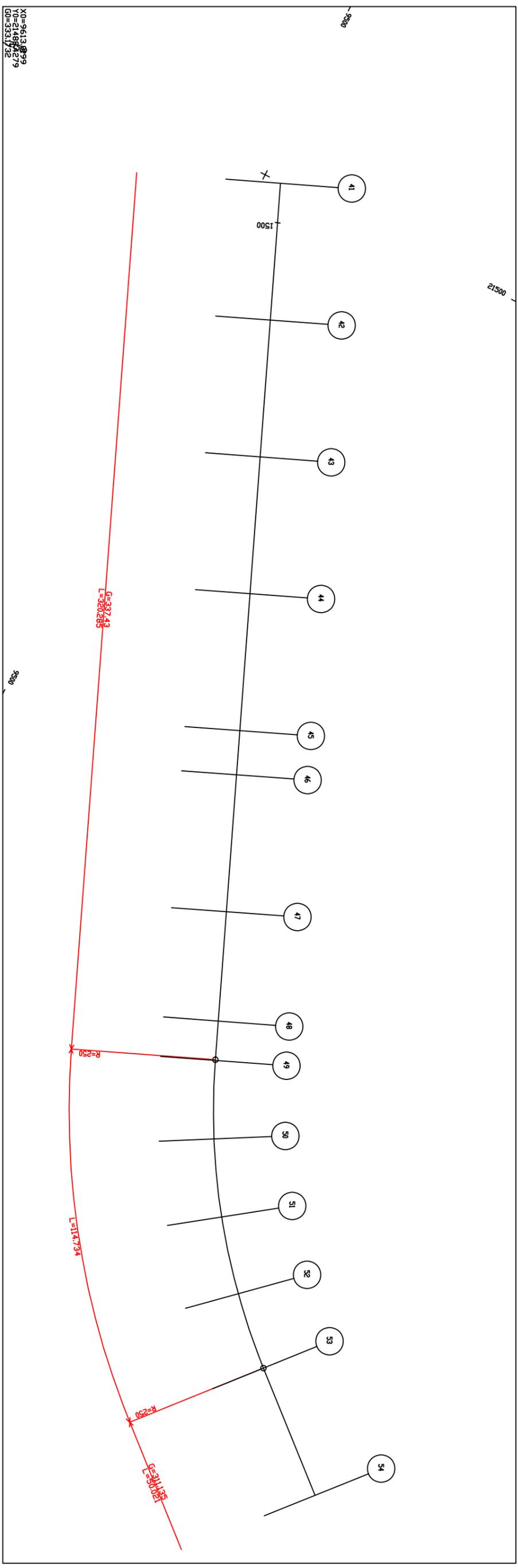
21500

21500

21000

21500

21500



ECHELLE 1/1000



X0=9613.899  
Y0=21485.279  
G0=33317.92

PLANCHE 4/13  
ECHELLE EN S 1/ 1000  
ECHELLE EN Z 1/ 100  
PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	COTES PROJET	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	DECLIVITES PROJET	ALIGNEMENTS ET COURBES
286.66	287.76	50	1485.58		L=485.04
286.18	287.26	50	1535.58		
285.84	286.76	50	1585.58		
285.04	286.26	50	1635.58		
284.14	285.76	16.17	1685.58		
284.03	285.60	50	1701.75		
283.73	285.10	50	1751.75		
283.07	284.70	40	1791.75		
283.31	284.56	14.39	1806.14		
283.71	284.27	28.62	1834.76		
283.65	283.99	28.62	1863.38		
283.12	283.70	28.62	1892.00		
282.82	283.42	28.62	1920.62		
282.29	282.92	50	1970.62		

PL1.PIS

LICENCE : 3989

n=337.430  
L=320.285

R=250  
L=114.734

n=311.135  
L=50.021

P=1%

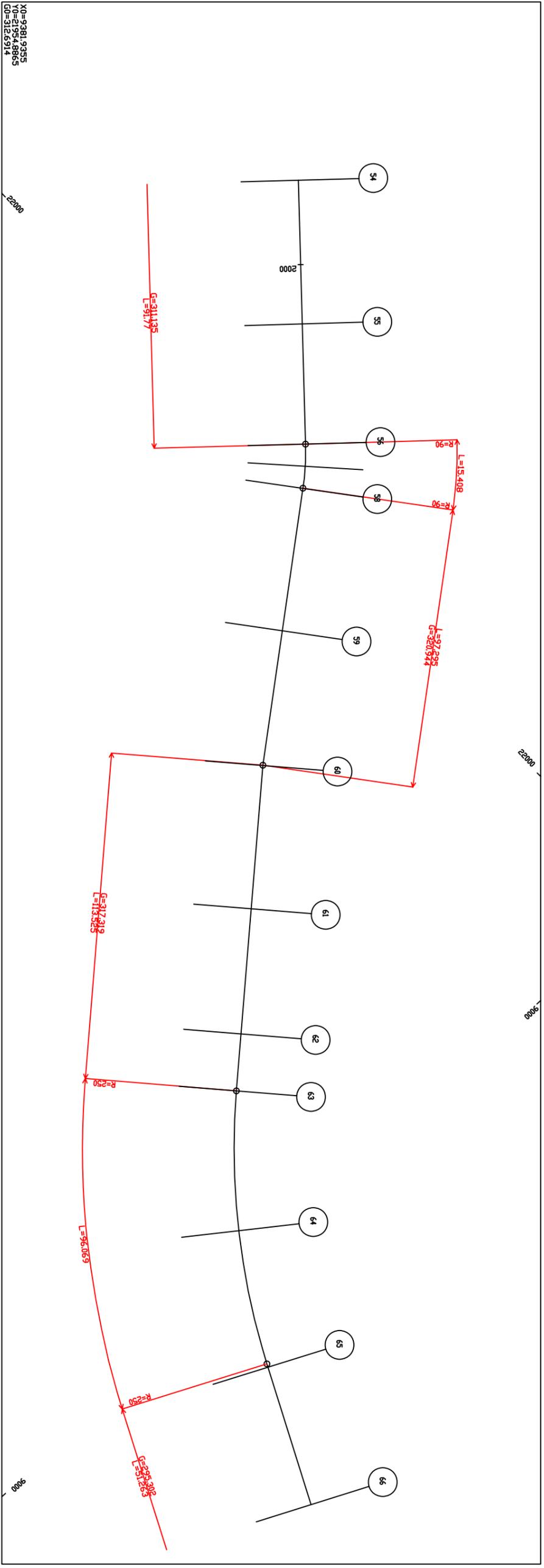


PLANCHE 5/13  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	273	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
DISTANCES PARTIELLES		50	41,8	7,72	7,72		50	47,31	50	43,64	19,88	48,63	48,63	50
DISTANCES CUMULEES	282,29	282,79	283,20	283,97	284,74	285,51	286,28	287,05	287,82	288,59	289,36	290,13	290,90	291,67
COTES PROJET	282,92	282,42	282,14	282,03	282,00	281,99	281,97	281,96	281,94	281,92	281,91	281,89	281,87	281,85
DECLIVITES PROJET														
ALIGNEMENTS ET COURBES	L=77,415		P=1%		R=300 L=28,77		L=359,145		P=317,319 L=113,295		R=250 L=96,069		P=295,302 L=51,263	

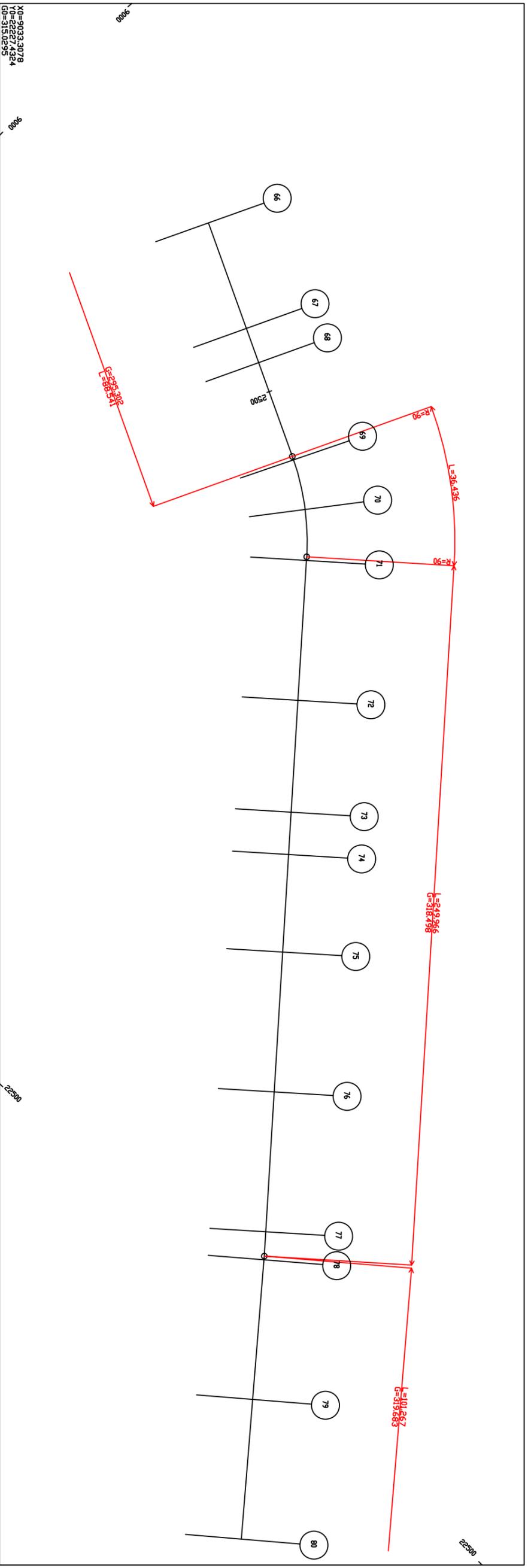
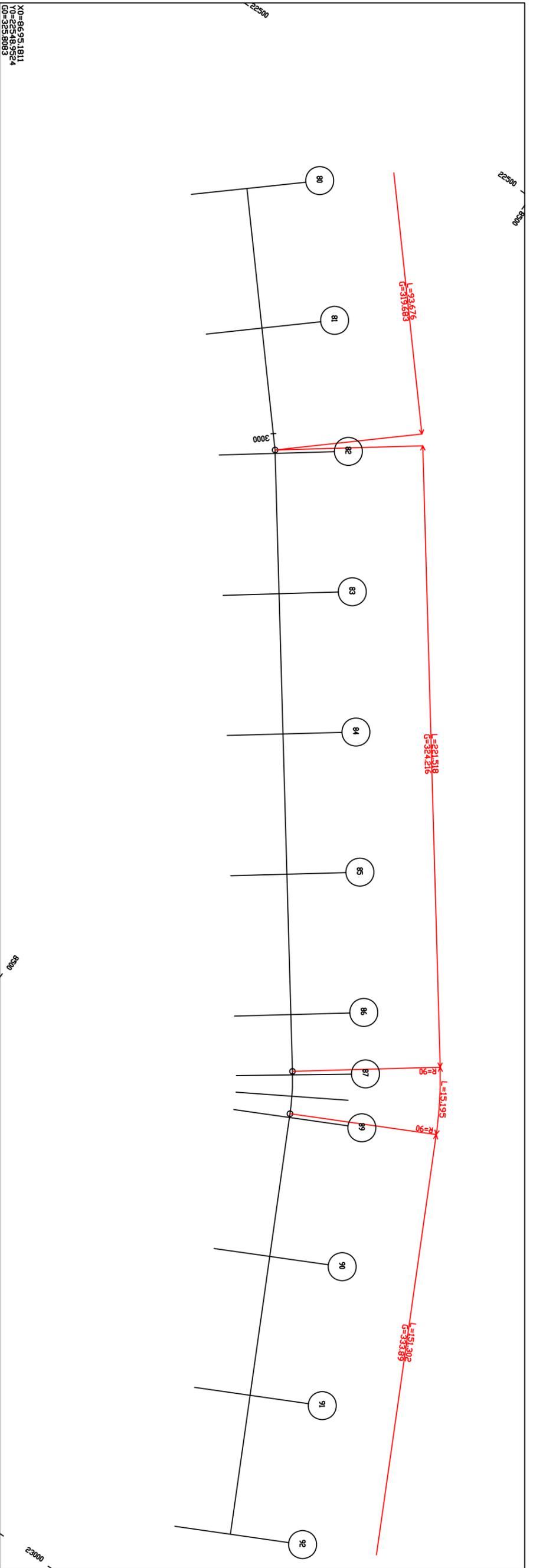


PLANCHE 6/13  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	273	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80												
DISTANCES PARTIELLES	40	12.97	36.84	18.22	18.22	50	40	15.15	34.85	50	50	9.96	50	50	2912.16													
DISTANCES CUMULEES	281.85	2435.95	281.84	2475.95	281.83	2488.92	281.82	2525.76	281.81	2543.98	281.80	2562.20	281.79	2612.20	281.77	2652.20	281.76	2667.35	281.75	2702.20	281.73	2752.20	281.71	2802.20	281.71	2812.16	281.69	2862.16
COTES PROJET	281.85	281.84	281.83	281.82	281.81	281.80	281.79	281.77	281.76	281.75	281.73	281.71	281.71	281.69	281.67													
DECLIVITES PROJET	L=476.61																											
ALIGNEMENTS ET COURBES	P=295.302 L=88.541 R=90 L=36.436 P=318.498 L=249.966 P=319.683 L=101.267 P=0.04%																											



X0=8695.1811  
Y0=2548.9524  
Z0=325.8083

ECHELLE 1/1000

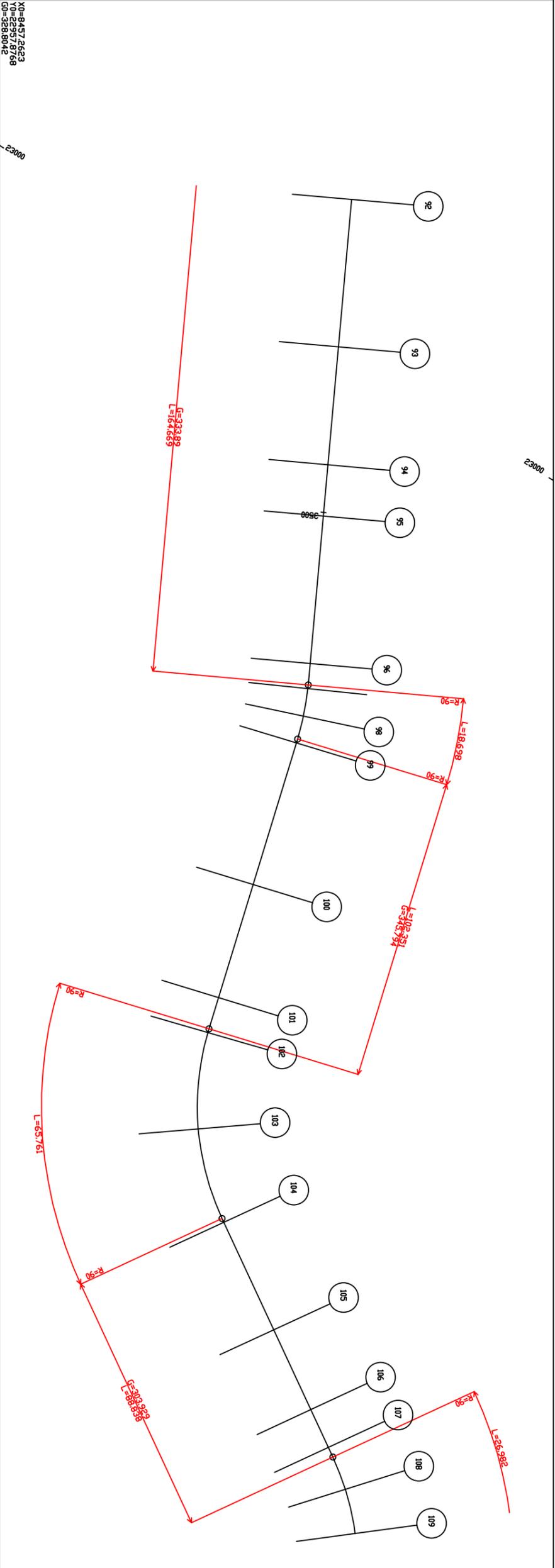


PL1.P13

PLANCHE 7/13  
ECHELLE EN S 1/ 1000  
ECHELLE EN Z 1/ 100  
PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	279.82	279.74	279.71	279.54	279.53	279.38	279.56	279.49	279.52	279.53	279.28	279.17	279.16	279.12	278.81
DISTANCES PARTIELLES	50	44.94	50	50	50	50	21.51	7.62	7.62	50	50	50	50	50	50
DISTANCES CUMULEES	2912.16	2962.16	3007.10	3057.10	3107.10	3157.10	3207.10	3228.61	3236.23	3243.85	3293.85	3338.61	3343.85	3349.09	3393.85
COTES PROJET	281.67	281.65	281.63	281.61	281.59	281.57	281.55	281.54	281.54	281.54	281.52	281.50	281.50	281.49	281.39
DECLIVITES PROJET	L=426.45														
ALIGNEMENTS ET COURBES	P=319.683 L=93.676 P=324.216 L=221.518 P=324.216 L=151.195 R=90 L=151.95 P=333.990 L=151.302 P=0.04% L=44.76 P=0.21%														

LICENCE 1 3989

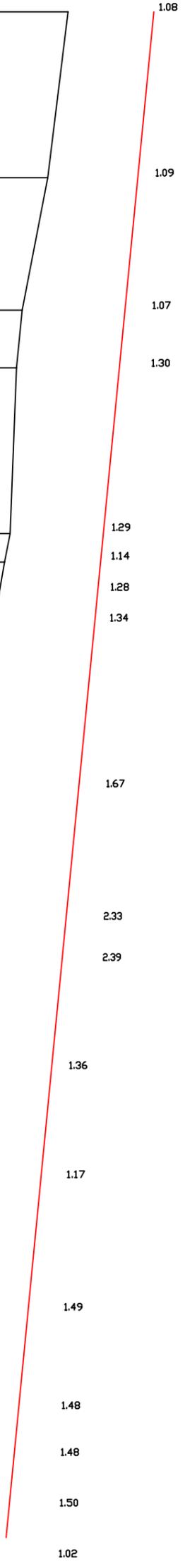


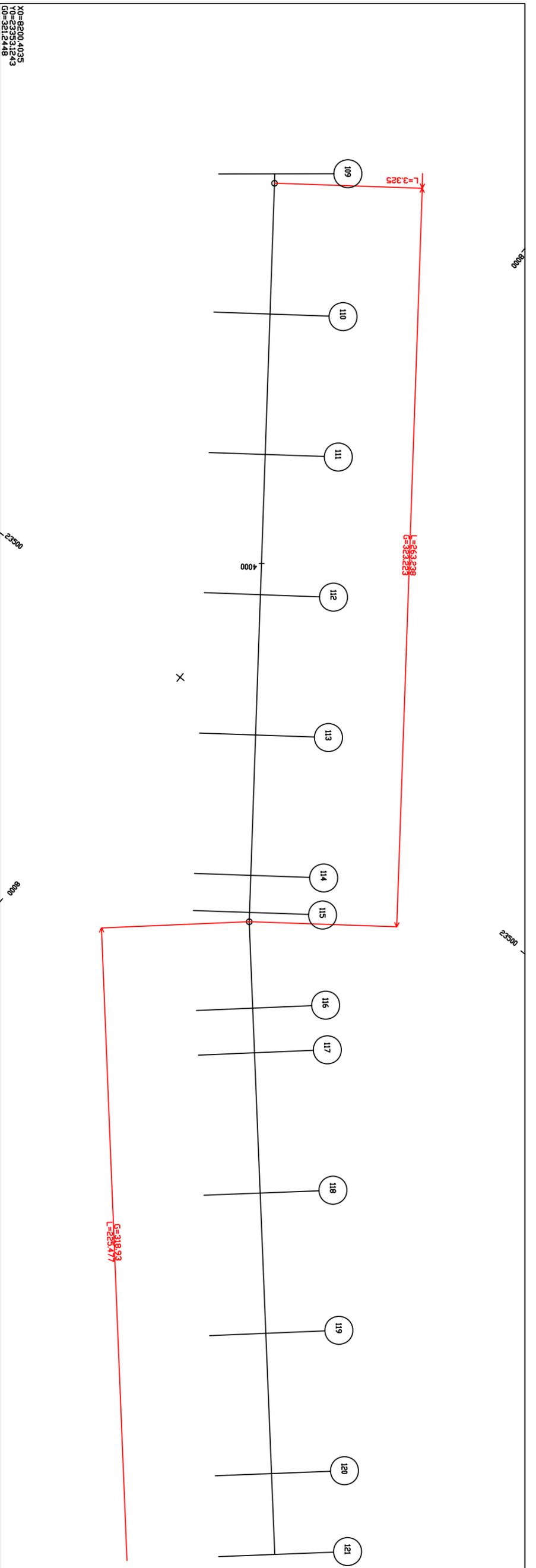
ECHELLE 1/1000



PLANCHE 8/13  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	278.81	278.20	277.43	277.26	277.07	276.90	276.74	276.66	276.22	275.48	275.39	275.35	275.47	275.06	274.91	274.88	274.89	274.93	274.97
DISTANCES PARTIELLES	50	40	17.39	50	8.58	9.38	9.38	50	40	12.35	32.89	32.89	40	29.72	14.12	15.3	15.3		
DISTANCES CUMULEES	3393.85	3443.85	3483.85	3501.24	3551.24	3559.82	3569.20	3578.58	3628.58	3668.58	3680.93	3713.82	3746.71	3786.71	3816.43	3830.55	3834.17	3845.85	3861.15
COTES PROJET	281.39	281.29	281.20	281.16	281.06	281.04	281.02	281.00	280.89	280.81	280.78	280.71	280.64	280.55	280.49	280.46	280.45	280.43	280.39
DECLIVITES PROJET	L=467.3																		
ALIGNEMENTS ET COURBES	P=333.890 L=164.669 R=90 L=186.98 P=345.794 L=102.351 R=90 L=65.761 P=303.929 L=88.838 R=90 L=26.982																		





ECHELLE 1/1000



X0=8200.4035  
Y0=235342.43  
G0=3212.48

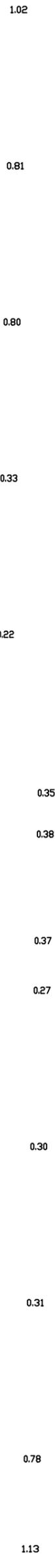
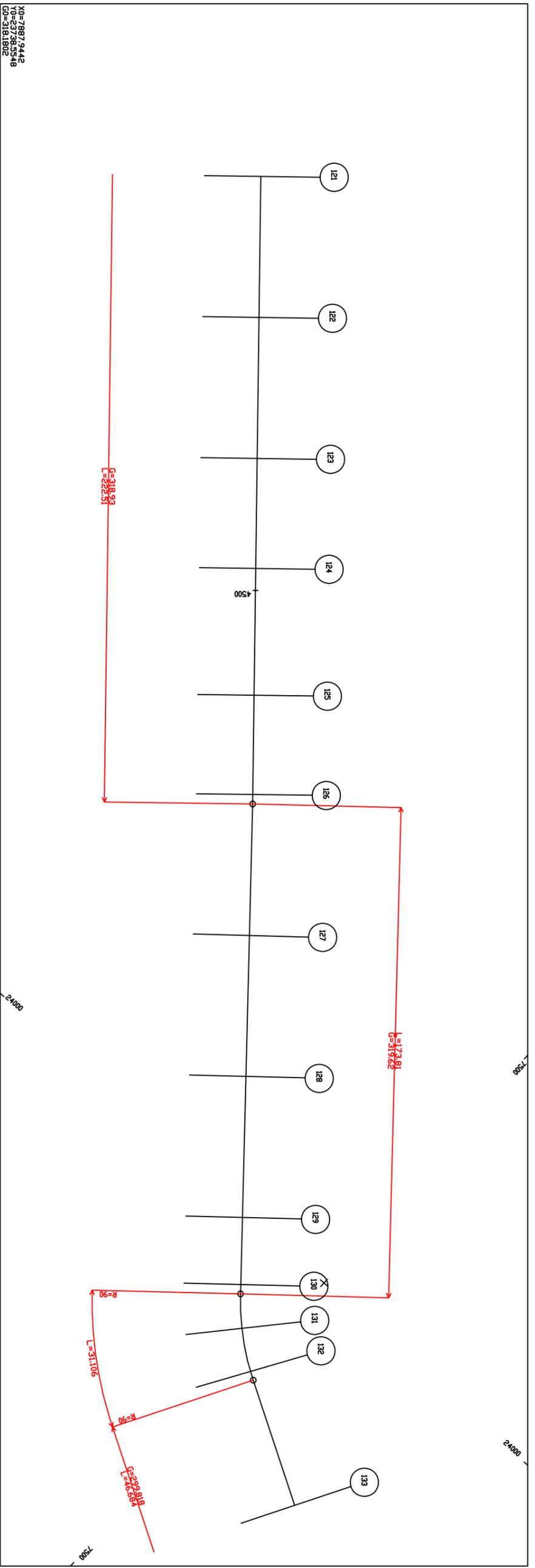


PLANCHE 9/13  
ECHELLE EN S 1/ 1000  
ECHELLE EN Z 1/ 100  
PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121			
	274.97	275.00	275.48	276.18	276.74	276.75	276.51	276.45	276.44	276.39	276.76	276.60	276.51	276.42	275.81	
DISTANCES PARTIELLES		50	50	50	50	50	13.23	34.1	50	50	50	50	28.81			
DISTANCES CUMULEES		3861.15	3864.48	3911.15	3961.15	4011.15	4061.15	4111.15	4124.38	4127.71	4158.48	4174.38	4224.38	4274.38	4324.38	4353.19
COTES PROJET	280.39	280.39	280.29	280.18	280.07	279.97	279.86	279.83	279.82	279.76	279.73	279.62	279.51	279.40	279.34	
DECLIVITES PROJET	L=492.04															
ALIGNEMENTS ET COURBES	P=3232.23 L=2632.38															
	P=318.930 L=258.477															
	P=0.21x															

PL1.P13

LICENCE 1 3989



ECHELLE 1/1000

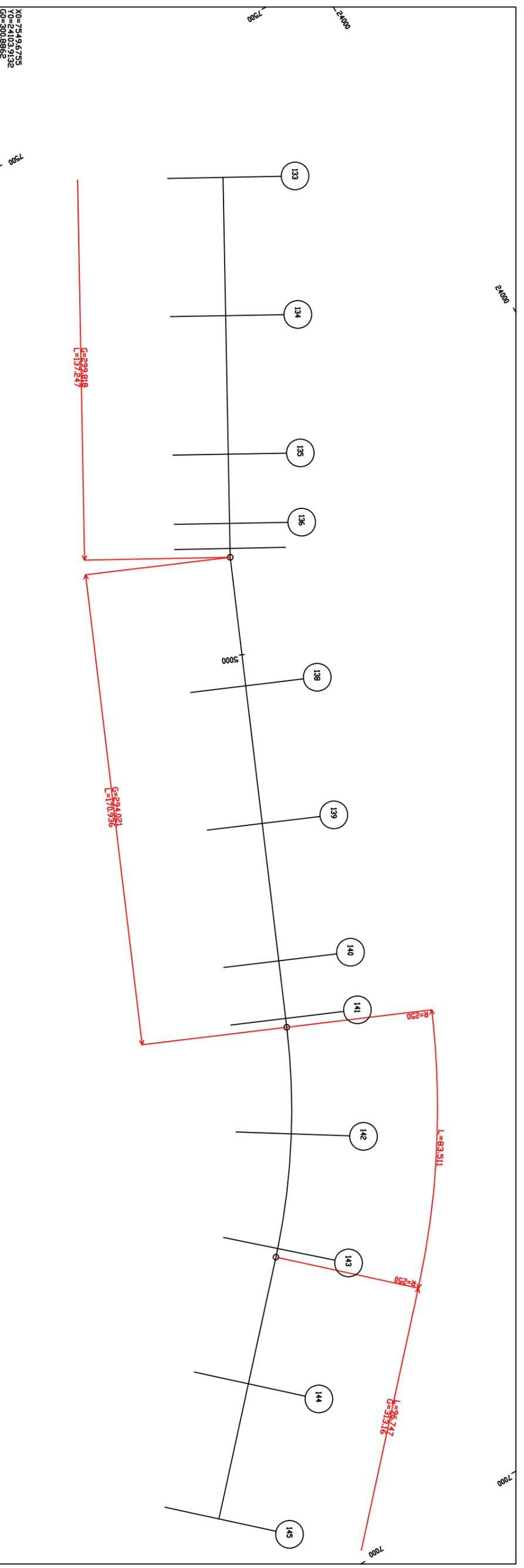


X0=7897.9442  
X1=7897.9448  
G0=318.1802

PLANCHE 10/13  
ECHELLE EN S 1/ 1000  
ECHELLE EN Z 1/ 100  
PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	COTES PROJET	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	DECLIVITES PROJET	ALIGNEMENTS ET COURBES
275.81	279.34	50	4353.19		L=180.746 P=0.21% L=222.51 P=318.930 L=222.51 L=586.856 P=319.620 L=173.81 R=90 L=311.06 P=292.818 L=46.694 P=0.32%
276.34	279.24	50	4403.19		
276.49	279.13	39	4453.19		
276.40	279.05	45	4492.19		
276.31	278.96	35.18	4533.94		
276.30	278.95		4537.19		
276.35	278.94		4540.44		
276.82	278.84	50	4572.37		
276.85	278.83		4575.70		
277.26	278.68	50	4622.37		
277.75	278.51	50	4672.37		
278.28	278.35	23.79	4722.37		
278.47	278.28		4746.16		
278.49	278.27	15.57	4749.51		
278.57	278.23	15.57	4761.73		
278.83	278.18	50	4777.30		
278.85	278.17		4780.62		
279.09	278.02		4827.30		





ECHELLE 1/1000



PLANCHE 11/13  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	COTES PROJET	DECLIVITES PROJET	ALIGNEMENTS ET COURBES
279.09	270	133	278.02	L=488.44	
278.66	50	134	277.85		
277.53	50	135	277.69		n=299.818 L=137.247
277.07	25	136	277.61		
277.11	9.02	137	277.58		
277.06			277.57		
276.30	50	138	277.42		n=294.021 L=170.936
275.55	50	139	277.26		
274.82	50	140	277.10		
274.39	20.96	141	277.03		
274.37			277.02		
274.07	41.73	142	276.90		R=250 L=83.511
273.58	41.73	143	276.76		
273.53			276.75		
272.81	50	144	276.60		n=313.160 L=96.747
272.18	50	145	276.44		P=0.32%

XO=71411454  
YO=242864776  
EO=3300187

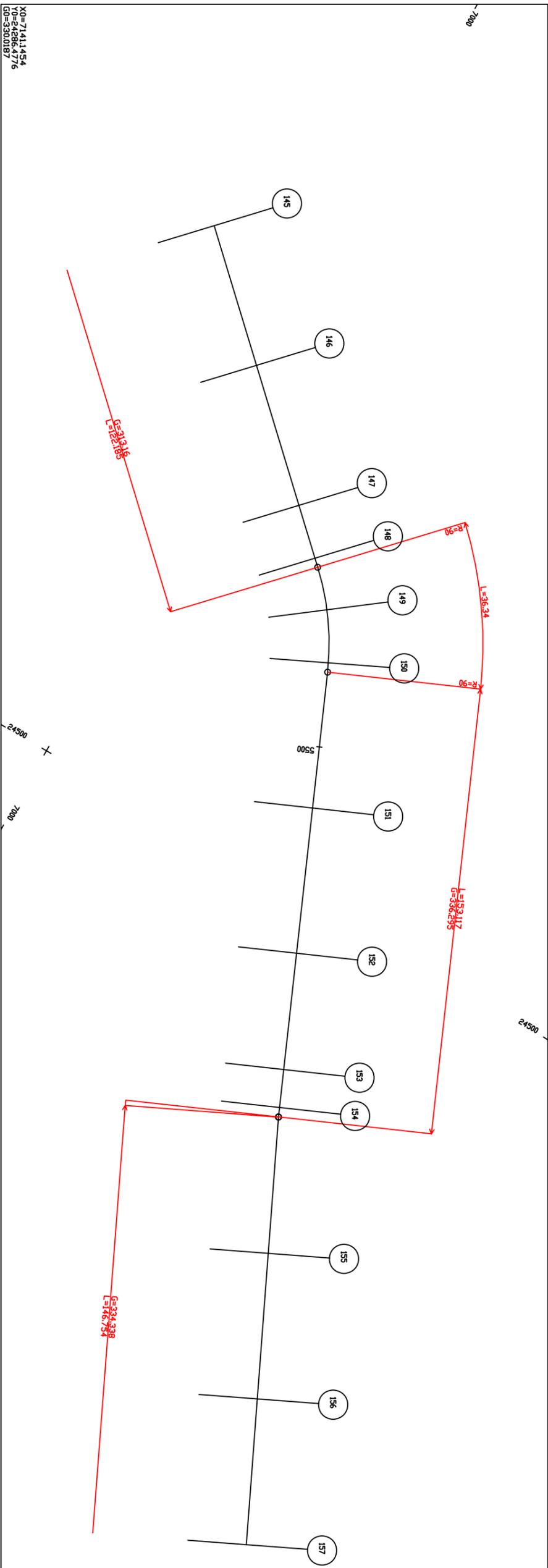
ECHELLE 1/1000



24500

7000

24500



PL1.P10

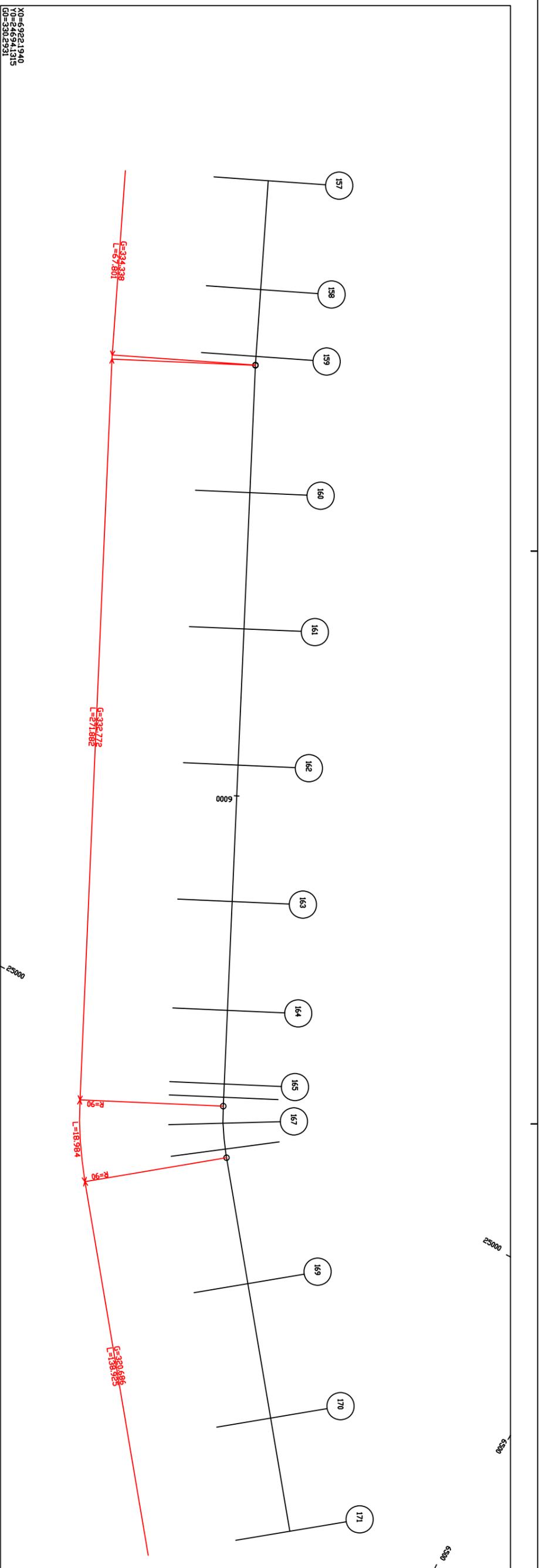
PLANCHE 12/13  
ECHELLE EN S 1/ 1000  
ECHELLE EN Z 1/ 100  
PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	COTES PROJET
272.18	50	5315.74	276.44
271.72	50	5365.74	276.28
271.03	18.96	5415.74	276.12
270.79	18.17	5434.70	276.06
270.75	18.17	5437.92	276.05
270.66	18.17	5444.76	276.03
270.56	18.17	5452.87	275.99
270.47	18.17	5460.98	275.95
270.35	50	5471.04	275.89
270.30	50	5474.26	275.87
269.63	50	5521.04	275.60
268.87	40	5571.04	275.30
268.46	13.13	5611.04	275.06
268.41	13.13	5624.17	274.98
268.40	13.13	5627.38	274.97
268.40	50	5627.42	274.97
268.24	50	5674.17	274.69
268.03	50	5724.17	274.39
267.82	50	5774.17	274.10

DECLIVITES PROJET

L=29016  
P=0.32%  
R=90  
L=31316  
L=122185  
L=31317  
R=90  
L=334338  
L=146754  
L=336295  
L=153117  
P=0.59%

LICENCE 1 3989



ECHELLE 1/1000

X0=69221940  
Y0=246941315  
D0=3002931

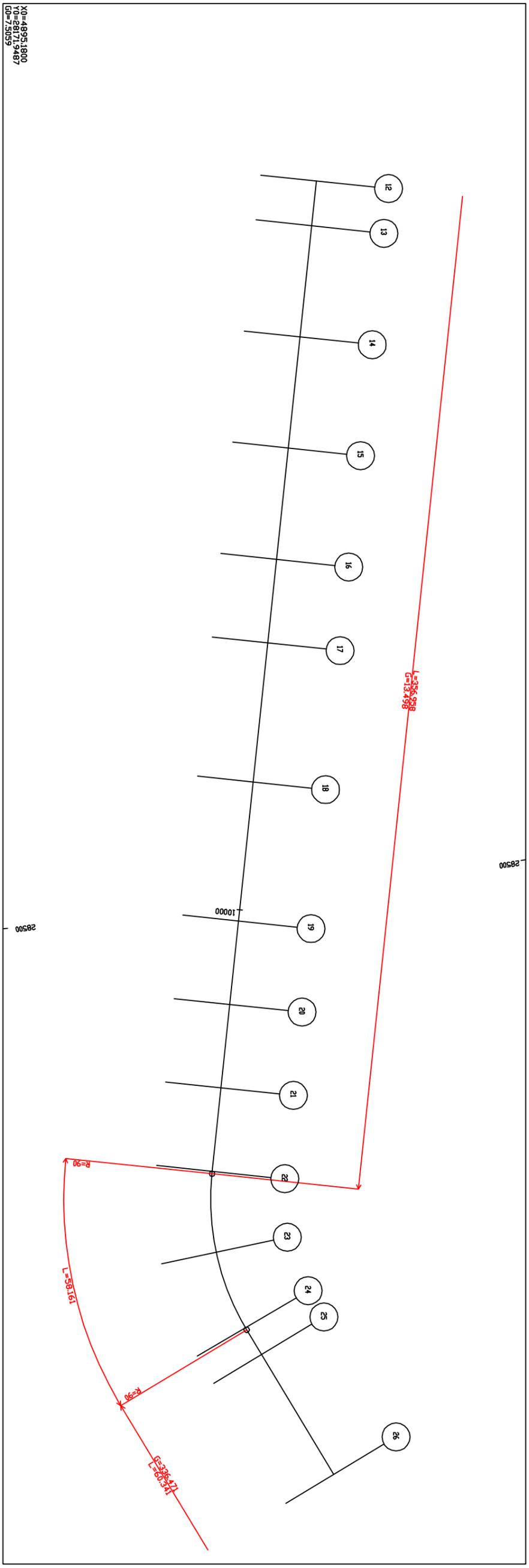
PLANCHE 13/13  
ECHELLE EN S 1/ 1000  
ECHELLE EN Z 1/ 100  
PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	COTES PROJET	DECLIVITES PROJET	ALIGNEMENTS ET COURBES
267.82	40	273.86	274.10	L=497.62	n=334.338 L=67.801  n=332.772 L=27.1882  R=90 L=18.984  n=320.686 L=18.985  P=0.59%
267.51	24.59	273.86	273.86		
267.34	50	273.71	273.71		
267.30	50	273.69	273.69		
267.30	50	273.69	273.69		
266.71	50	273.42	273.42		
266.71	50	273.42	273.42		
265.97	50	273.12	273.12		
265.08	50	272.82	272.82		
264.34	50	272.53	272.53		
263.69	40	272.29	272.29		
263.69	27	272.29	272.29		
263.31	4.9	272.13	272.13		
263.47	9.52	272.10	272.10		
263.52	9.52	272.08	272.08		
263.61	9.52	272.05	272.05		
263.60	9.52	271.99	271.99		
263.58	50	271.97	271.97		
263.28	50	271.69	271.69		
262.73	42.09	271.40	271.40		
262.13		271.15	271.15		



LIVRES : 3989

LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET		LIVRES PROJET													
ES PROJET	251.31	9737.97	252.33	9754.04	252.24	9794.04	256.97	9834.04	252.48	9874.04	252.57	9904.04	252.70	9954.04	253.26	10004.04	253.32	10034.04	253.47	10064.04	253.92	10094.04	254.43	10123.12	255.22	10152.20	255.34	10163.43	255.62	10213.43			
TANCES CUMULEES																																	
TANCES PARTIELLES		16.07		40		40		40		30		50		50		30		30		30		29.08		29.08		11.23		50					
ES TERRAIN	249.71	251.45	251.53	251.74	251.63	251.72	251.87	252.49	252.78	253.20	253.66	254.18	255.03	255.15	255.37																		
NCHÉ 2/20		248																															
JELLE EN S 1/	1000																																
JELLE EN Z 1/	100																																
N DE COMPARAISDN																																	



ECHELLE 1/1000

X0=4895.1800  
Y0=28171.9487  
GD=75059

28500

28582

L=475.46

PROJET	ET	CUMULEES	PARTIELLES	RAIN	IMPRAISON	N S 1 / 1000 N Z 1 / 100
P-017X	255.62	10213.43	50	255.37	248	248
	255.71	10263.43	50	255.30	27	27
	255.80	10313.43	50	255.37	28	28
	255.88	10363.43	50	255.47	29	29
	255.97	10413.43	50	255.49	30	30
	256.05	10463.43	50	255.51	31	31
	256.14	10513.43	50	255.72	32	32
	256.23	10563.43	50	255.82	33	33
	257.51	10613.43	50	256.16	34	34
	257.20	10663.43	50	257.00	35	35
	257.48	10713.43	50	257.31	36	36



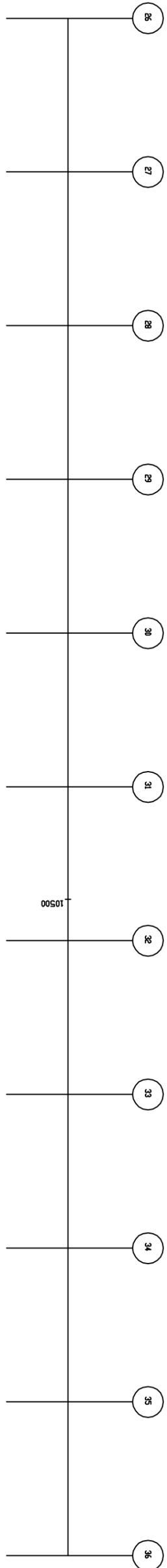
ECHELLE 1/1000



X0=4955.4613  
Y0=592340.31  
G0=536.471

29000

29000



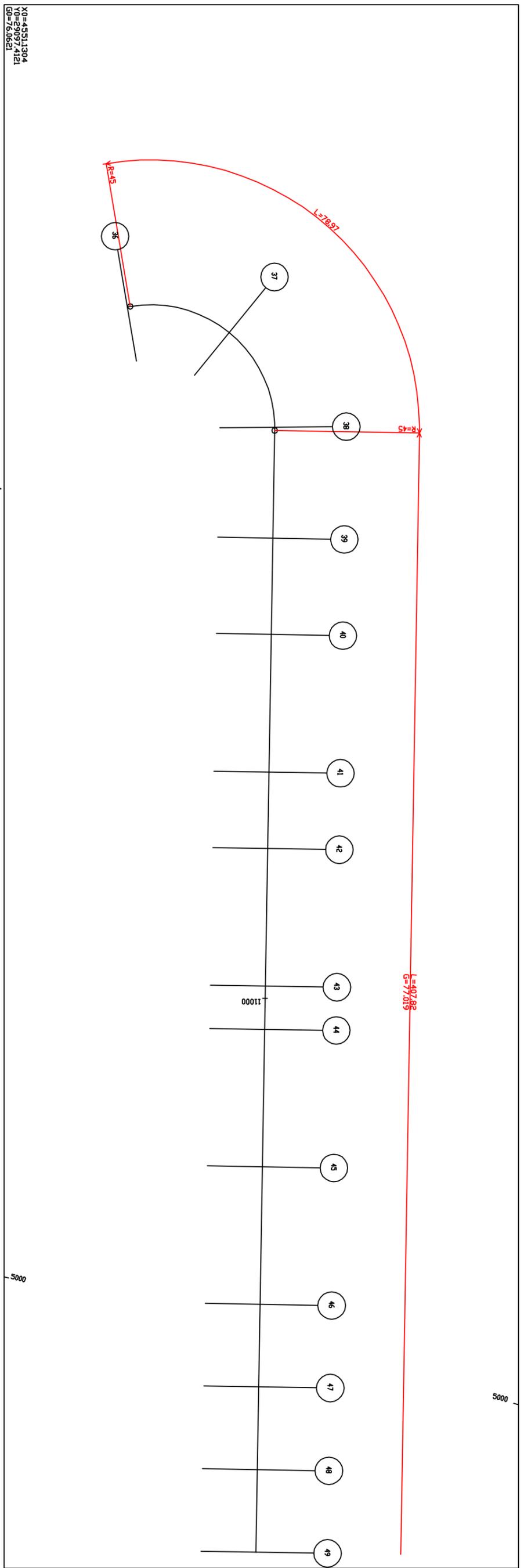
L=500  
G=336.471

00501

PROJET	JET	CUMULEES	PARTIELLES	RAIN	4/20 IN S 1/ 1000 IN Z 1/ 100 COMPARAISON
P=0.17%	257.48	10713.43	39.48	257.31	36
	258.55	10752.91	39.48	257.37	37
P=0.17%	257.41	10792.39	40.33	258.58	38
	257.41	10794.26	40.33	258.52	38
	257.56	10832.72	50	257.30	39
	257.50	10867.72	50	257.04	40
	256.76	10917.72	27.8	255.87	41
	256.79	10945.52	50	255.90	42
	256.74	10995.52	15.75	255.94	43
	256.76	11011.27	50	256.10	44
	256.62	11061.27	50	256.17	45
	254.97	11111.27	30	254.37	46
	255.00	11141.27	30.1	254.05	47
	255.04	11171.37	30	254.46	48
	254.07	11201.37		253.90	49

ECHELLE 1/1000

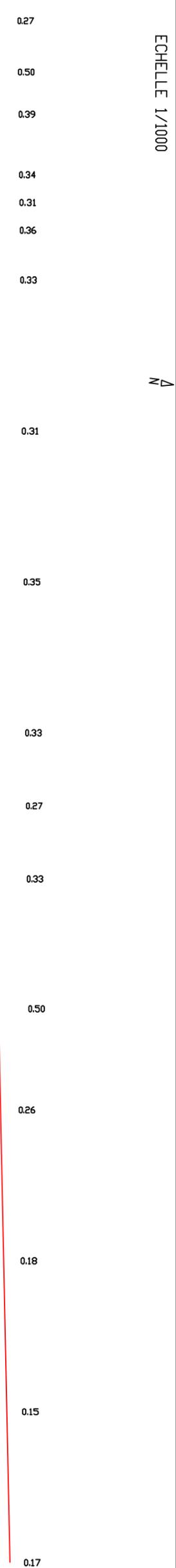
N



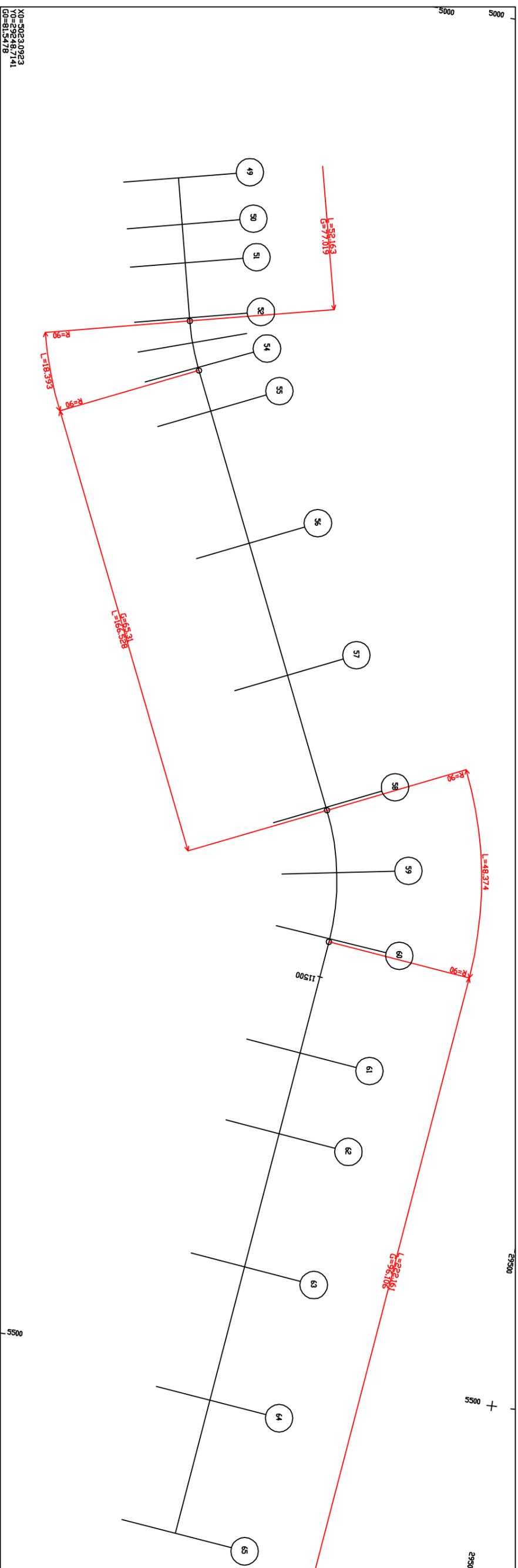
X0=45511.304  
Y0=59097.4121  
OR=7.60621

5000

PROJET	CUMULEES	PARTIELLES	RAIN	IN S 1/ 1000	IN Z 1/ 100	COMPARAISON
254.07	11201.37	17	253.90	49	248	
253.29	11218.37	14	252.79	50		
253.10	11232.37	20	253.01	51		
254.03	11252.37	92	253.69	52		
254.24	11261.57	92	253.93	53		
254.45	11270.77	16.53	254.09	54		
254.66	11287.30	50	254.13	55		
254.42	11337.30	50	254.11	56		
254.57	11387.30	50	254.22	57		
255.13	11437.30	24.19	254.80	58		
255.26	11461.49	24.19	254.99	59		
255.38	11485.68	42.96	255.05	60		
255.43	11528.64	30.35	254.93	61		
255.46	11558.99	50	255.20	62		
254.62	11608.99	50	255.44	63		
254.57	11658.99	50	255.42	64		
255.68	11708.99		255.51	65		



ECHELLE 1/1000



X0=5023.0923  
Y0=29248.7141  
CO=81.5478

5500

5500

29300

29300

5000

5000

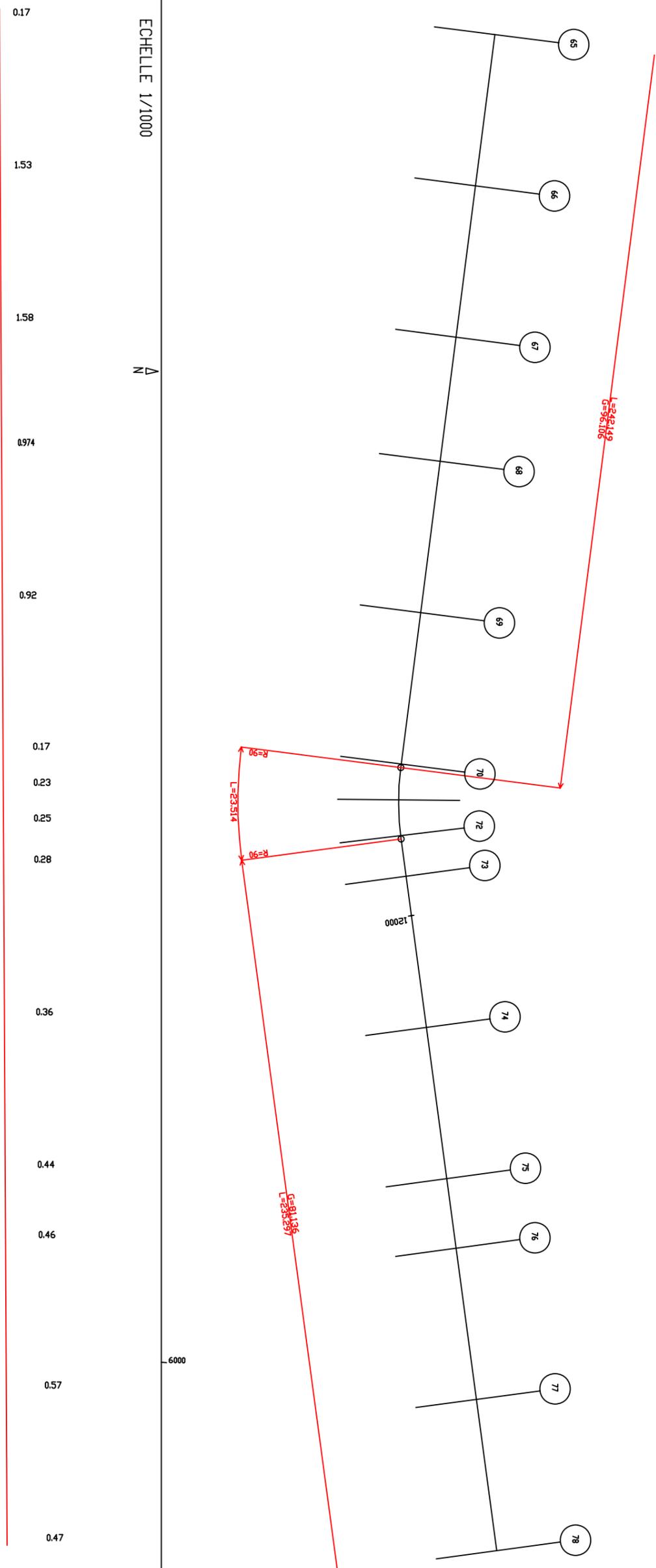
X0=5500,2710  
Y0=69282,5183  
QU=88,7893

ECHELLE 1/1000

Δ  
N

6000

0.47



0.17 1.53 1.58 0.974 0.92 0.17 0.23 0.25 0.28 0.36 0.44 0.46 0.57

PLANCHE 6/20  
ECHELLE EN S 1/ 1000  
ECHELLE EN Z 1/ 100  
PLAN DE COMPARAISON

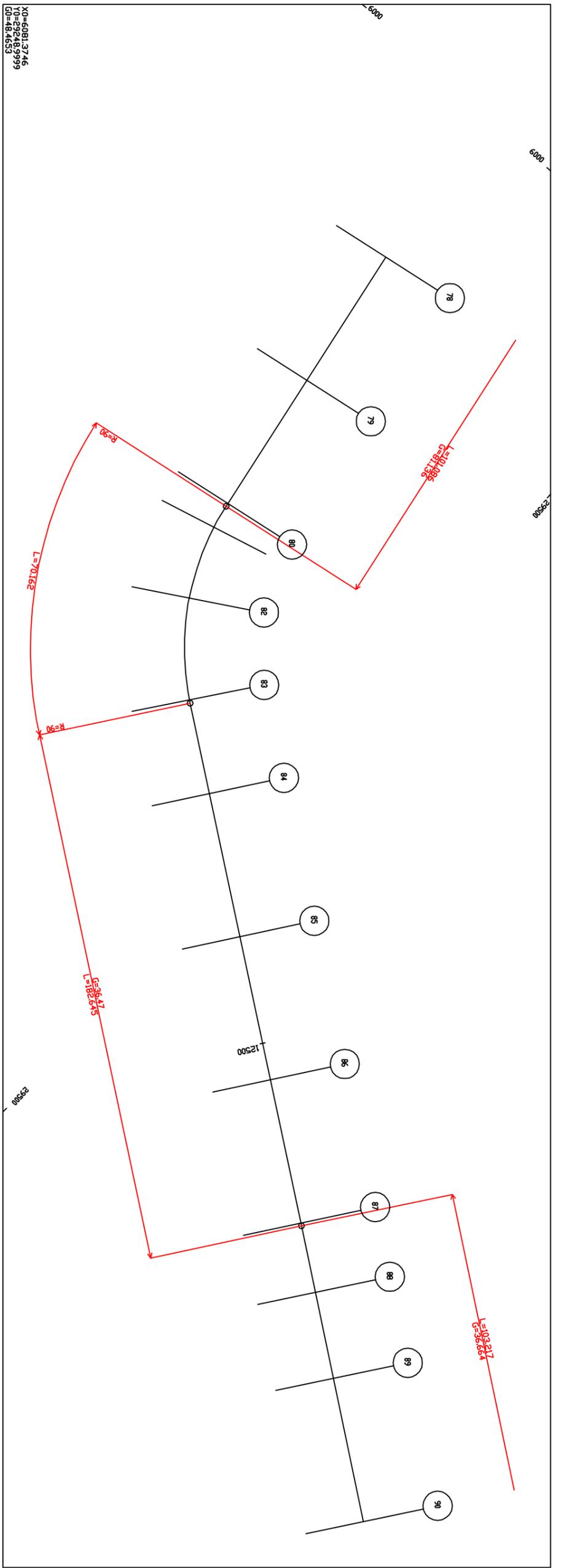
COTES TERRAIN	COTES PROJET	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	DECLIVITES PROJET
255.51	255.68	50	11708.99	P=0.11%
255.35	255.68	50	11758.99	
255.06	255.74	41	11808.99	
255.54	255.78	50	11849.99	
255.74	255.94	50	11899.99	
256.22	256.37	11.76	11949.99	
256.27	256.43	11.76	11961.75	
256.22	256.47	13.44	11973.51	
255.91	256.19	50	11986.95	
255.73	256.09	50	12036.95	
255.30	255.74	23	12086.95	
253.81	254.37	50	12109.95	
253.55	255.12	50	12159.95	
254.11	254.58		12209.95	L=500.96

CHE 7/20  
LLE EN S 1/ 1000  
LLE EN Z 1/ 100  
DE COMPARAISON

IVITES PROJET	S PROJET	ANCES CUMULEES	ANCES PARTIELLES	S TERRAIN	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
P=0.11%	254.58	12209.95	50	254.11	0.47	0.53	0.68	0.78	0.40	0.40	0.39	0.15	-0.24	-0.33	-0.22	0.26	0.48
	254.93	12259.95	50	254.40													
	254.99	12309.95	9.42	254.31													
	254.80	12319.37	2566	254.02													
	255.33	12345.03	3508	254.93													
	255.59	12380.11	32.7	255.19													
	256.40	12412.81	50	256.01													
	257.75	12462.81	50	257.60													
	259.03	12512.81	50	259.27													
	259.90	12562.81	24.25	260.23													
	259.45	12587.06	30	259.67													
	258.62	12617.06	50	258.36													
	257.54	12667.06		257.10													

ECHELLE 1/1000

AN



X0=6081.3746  
Y0=29248.9999  
G0=48.4653

6009

12500

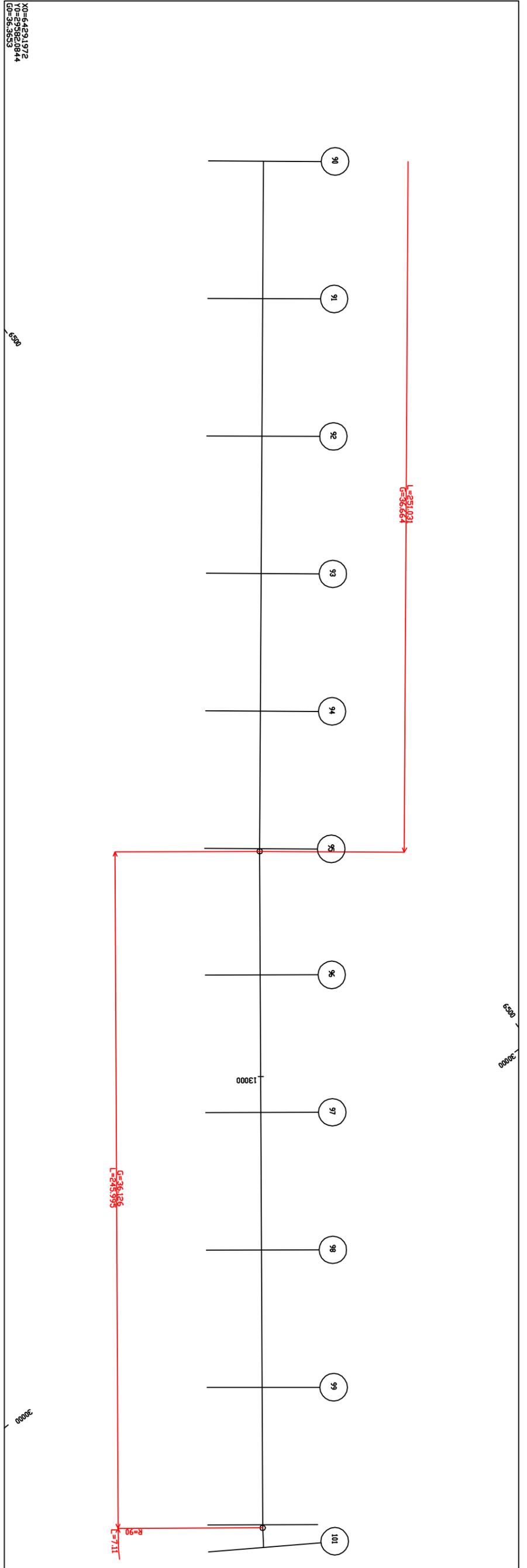
3500

L=457.11

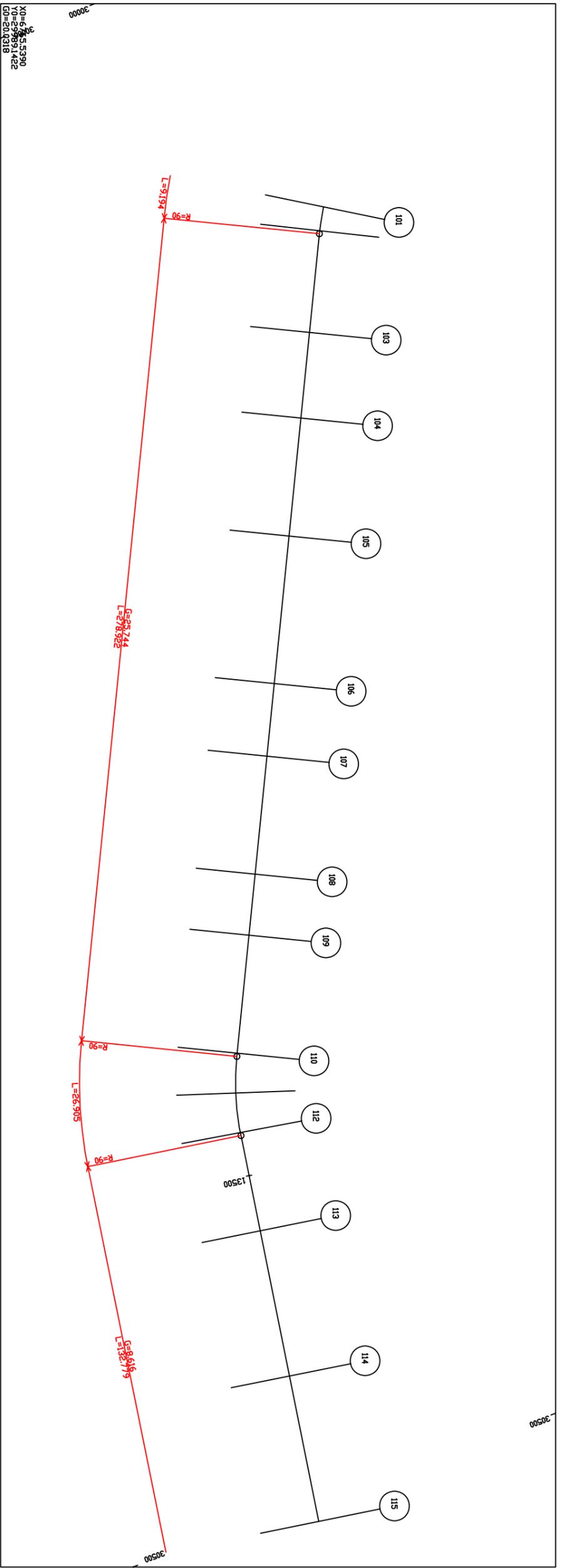
PROJET	UMULEES	PARTIELLES	AIN	S 1/ 1000 Z 1/ 100 PARAISIN
257.54	12667.06	257.10	90	255
257.54	12717.06	257.07	91	
257.49	12767.06	256.97	92	
257.64	12817.06	257.12	93	
257.70	12867.06	257.16	94	
257.95	12917.06	257.71	95	
257.90	12963.05	257.60	96	45.99
258.06	13013.05	257.83	97	
258.41	13063.05	258.24	98	
258.37	13113.05	258.12	99	
258.32	13163.05	258.00	100	
258.33	13171.20	258.14	101	8.15

0.48  
0.47  
0.52  
0.52  
0.54  
0.24  
0.30  
0.23  
0.17  
0.25  
0.32  
0.19

ECHELLE 1/1000



XI=64291972  
XII=52920944  
XI=58583



Echelle 1/1000

PLANCHE 9/20  
 Echelle en S 1/ 1000  
 Echelle en Z 1/ 100  
 Plan de comparaison

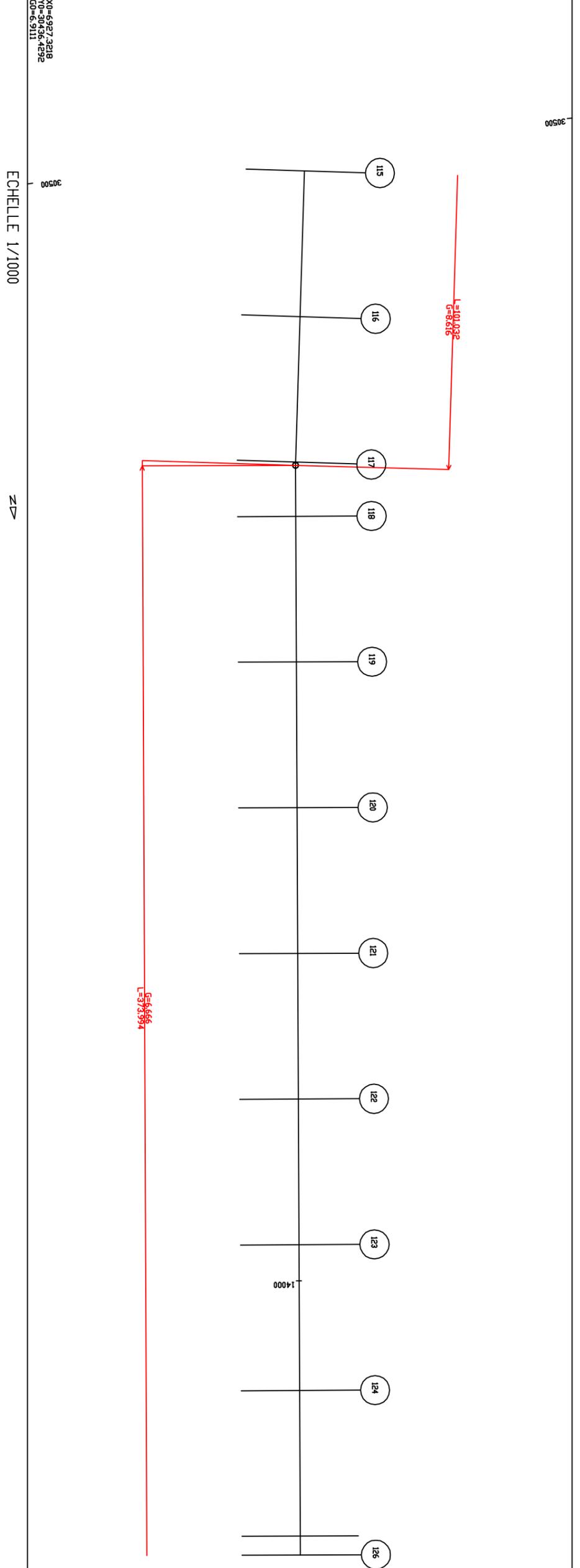
COTES TERRAIN		COTES PROJET		DECLIVITES PROJET	
258.14	101	258.33	13171.20	0.19	
258.06	102	258.27	13179.35	0.92	
257.70	103	258.28	13213.81	1.58	
258.27	104	258.51	13242.91	1.24	
258.63	105	258.86	13282.91	0.23	
258.69	106	258.91	13332.91	0.22	
259.22	107	259.42	13357.51	0.20	
259.04	108	259.48	13397.51	0.44	
259.66	109	259.85	13418.28	0.19	
259.98	110	260.15	13458.28	0.17	
259.99	111	260.16	13471.73	0.17	
260.18	112	260.35	13485.18	0.16	
260.47	113	260.62	13519.00	0.15	
260.68	114	260.85	13569.00	0.17	
260.87	115	261.04	13619.00	0.17	

L=447.8

PLAN N° 3989

LANCHE 10/20  
CHELLE EN S 1/ 1000  
CHELLE EN Z 1/ 100  
LAN DE COMPARAISON

DITES TERRAIN	ISTANCES PARTIELLES	ISTANCES CUMULEES	DITES PROJET	ECLIVITES PROJET	ALTITUDE
115	50	13619.00	261.04	P=0.11%	0.17
116	50	13658.98	261.36	L=39.984	0.15
117	50	13698.98	261.45	R=600	0.15
118	50	13737.56	261.46	L=200.32	0.15
119	50	13777.06	261.50	P=0.44%	0.15
120	50	13817.06	261.58		0.26
121	50	13867.56	261.61		0.28
122	50	13917.56	261.66		0.19
123	50	13967.56	261.85		0.15
124	50	14017.56	262.09		0.20
125	50	14067.56	261.92		0.28
126	6.5	14074.06	262.86	L=413.044	0.34



30500

ECHELLE 1/1000

Z

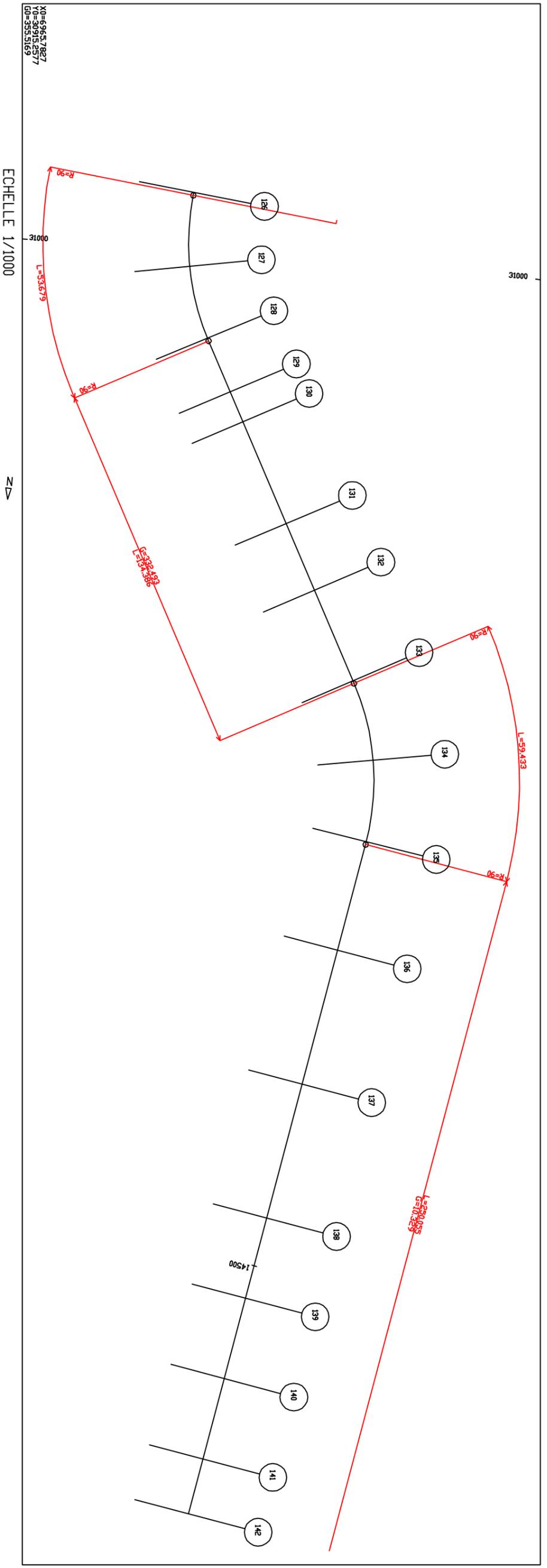
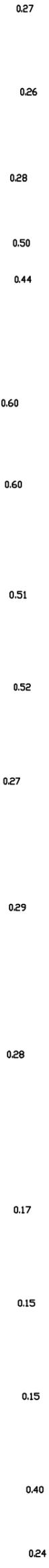
X0=6927.2218  
Y0=30436.4292  
G0=6.9111

L=101.032  
G=8.616

R=600  
L=37.9394

14000

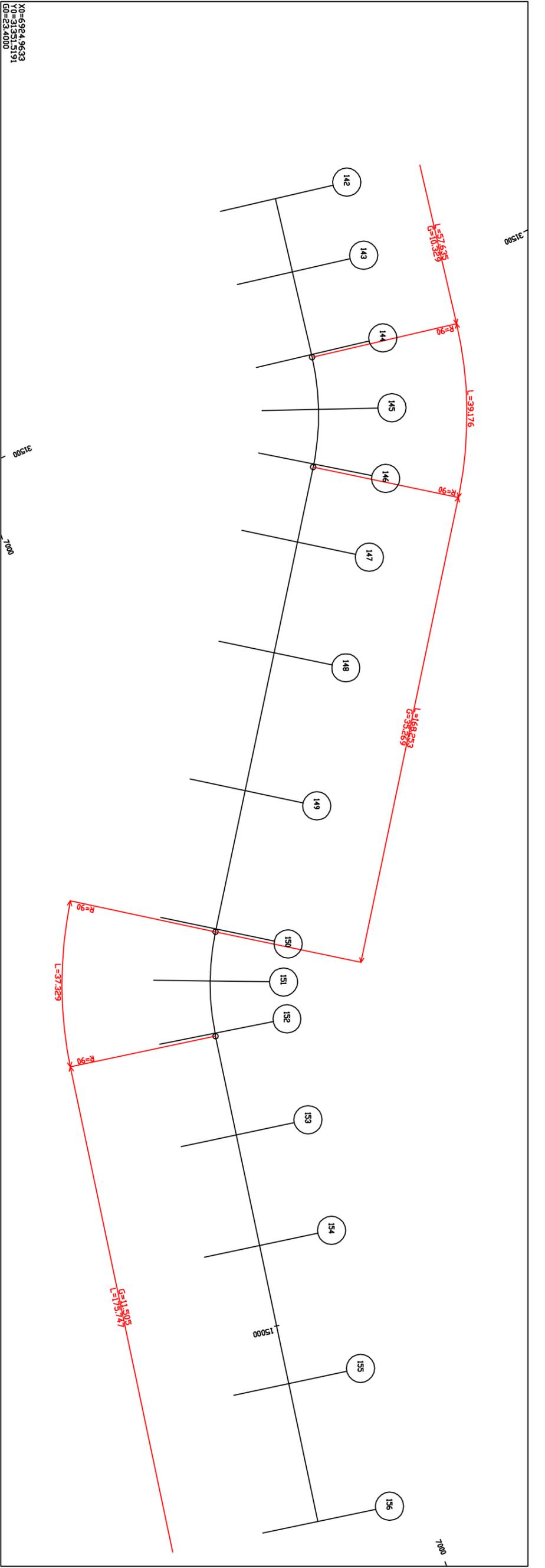
PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET													
261.67	14094.06	261.75	14120.90	261.68	14147.74	261.60	14168.80	261.65	14180.50	261.48	14220.50	261.44	14246.64	261.50	14282.14	261.53	14311.86	261.36	14341.58	261.14	14382.16	261.04	14432.16	261.44	14482.16	261.32	14512.16	261.31	14542.16	261.30	14572.16	261.30	14592.66
261.40	26.84	261.49	26.84	261.40	21.06	261.10	11.7	261.21	40	260.88	26.14	260.84	260.99	29.72	261.01	29.72	261.09	40.58	260.85	50	260.76	261.24	30	261.39	30	261.51	30	260.99	20.5	261.44			
126		127		128		129		130		131		132		133		134		135		136		137		138		139		140		141		142	
E 11/20		E EN S 1/ 1000		E EN Z 1/ 100		E COMPARAISON																											
TERRAIN		DES PARTICULES		DES CUMULEES		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET		PROJET	



12/20  
EN S 1/ 1000  
EN Z 1/ 100  
COMPARAISON

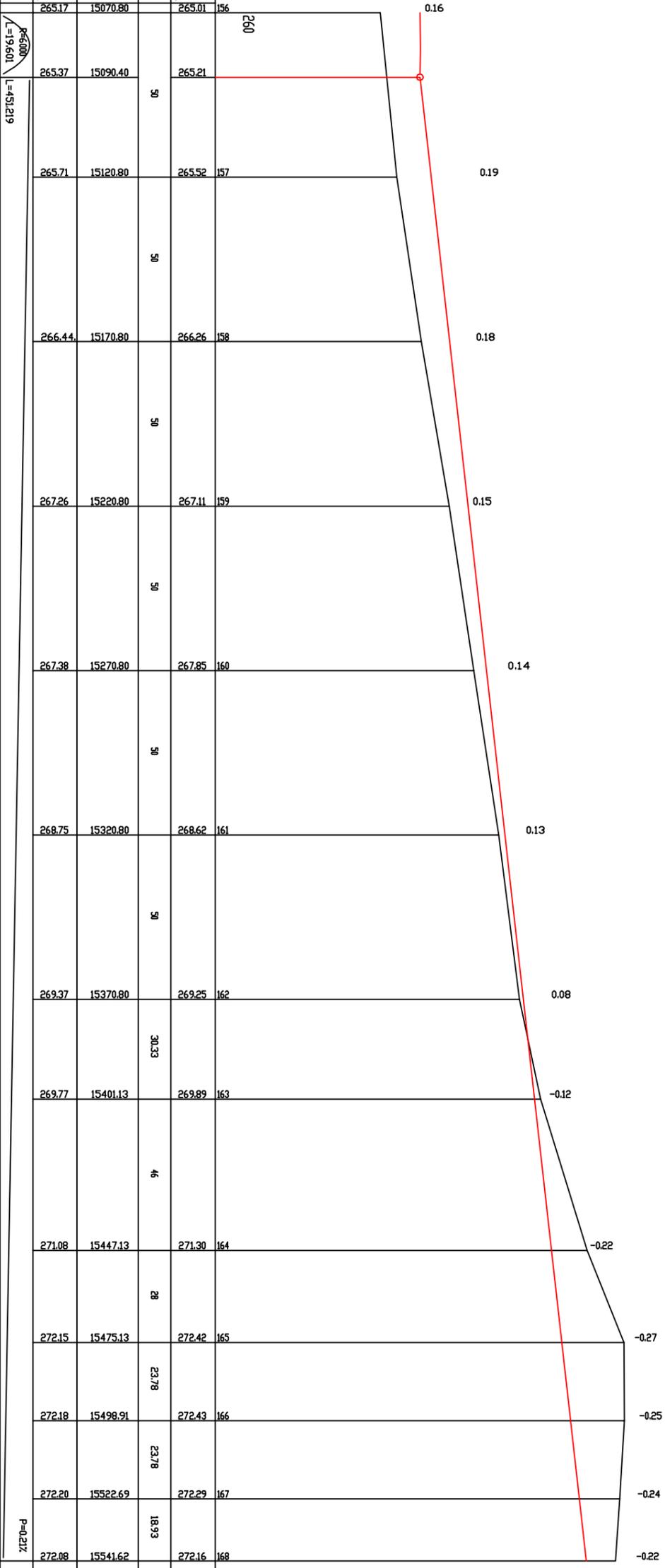
PROJET	SUMULEES	PARTIELLES	RAIN	260	0.24
261.30	14592.66	261.44	142		
261.83	14619.27	261.59	143		
261.83	14619.27	26.61	30		
2612.03	14649.27	261.82	144		
262.11	14668.87	19.6	19.6		
262.11	14668.87	261.89	145		
262.20	14688.47	19.6	19.6		
262.20	14688.47	261.95	146		
262.33	14716.71	28.24	28.24		
262.33	14716.71	261.85	147		
262.61	14756.71	40	40		
262.61	14756.71	261.97	148		
262.83	14806.71	50	50		
262.83	14806.71	262.26	149		
263.05	14856.71	50	50		
263.05	14856.71	262.39	150		
263.13	14875.37	18.66	18.66		
263.13	14875.37	262.60	151		
263.22	14894.03	18.66	18.66		
263.22	14894.03	262.84	152		
263.52	14930.80	36.77	36.77		
263.52	14930.80	263.23	153		
263.96	14970.80	40	40		
263.96	14970.80	263.68	154		
264.58	15020.80	50	50		
264.58	15020.80	264.40	155		
264.91	15051.20	50	50		
264.91	15051.20	264.77	156		
265.17	15070.80	265.01	156		

ECHELLE 1/1000



3989

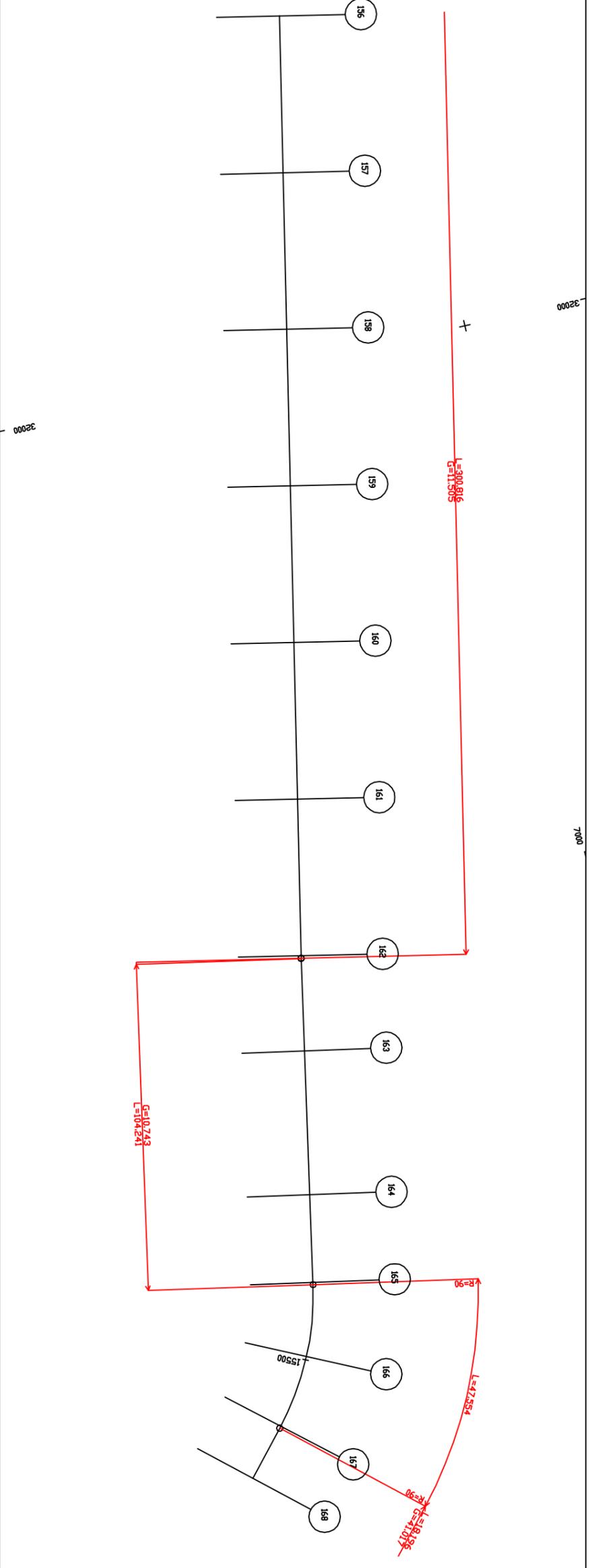
ITES PROJET	PROJET	CES CUMULEES	CES PARTIELLES	TERRAIN	E 13/20	E EN S 1/ 1000	E EN Z 1/ 100	E COMPARAISON
	265.17	15070.80		265.01	156		260	
	265.37	15090.40	50	265.21				
	265.71	15120.80	50	265.52	157			
	266.44	15170.80	50	266.26	158			
	267.26	15220.80	50	267.11	159			
	267.38	15270.80	50	267.85	160			
	268.75	15320.80	50	268.62	161			
	269.37	15370.80	30.33	269.25	162			
	269.77	15401.13	46	269.89	163			
	271.08	15447.13	28	271.30	164			
	272.15	15475.13	23.78	272.42	165			
	272.18	15498.91	23.78	272.43	166			
	272.20	15522.69	18.93	272.29	167			
	272.08	15541.62		272.16	168			



ECHELLE 1/1000

Z

X0=7109.6429  
Y0=31812.9179  
GD=128199



32000

7000

P=0.21%

3989

HE 14/20  
LE EN S 1/ 1000  
LE EN Z 1/ 100  
DE COMPARAISON

TERRAIN	NCS PARTIELLES	NCS CUMULEES	PROJET	VITES PROJET
168	40			L=4733
169	50			
170	50			
171	50			
172	50			
173	12.86			
174	12.86			
175	27.58			
176	30			
177	50			
178	50			
179	50			
180				P=0.21X

260  
-0.22  
ECHELLE 1/1000

-0.14

-0.10

-0.07

-0.05

0.08

0.11

0.15

0.22

0.22

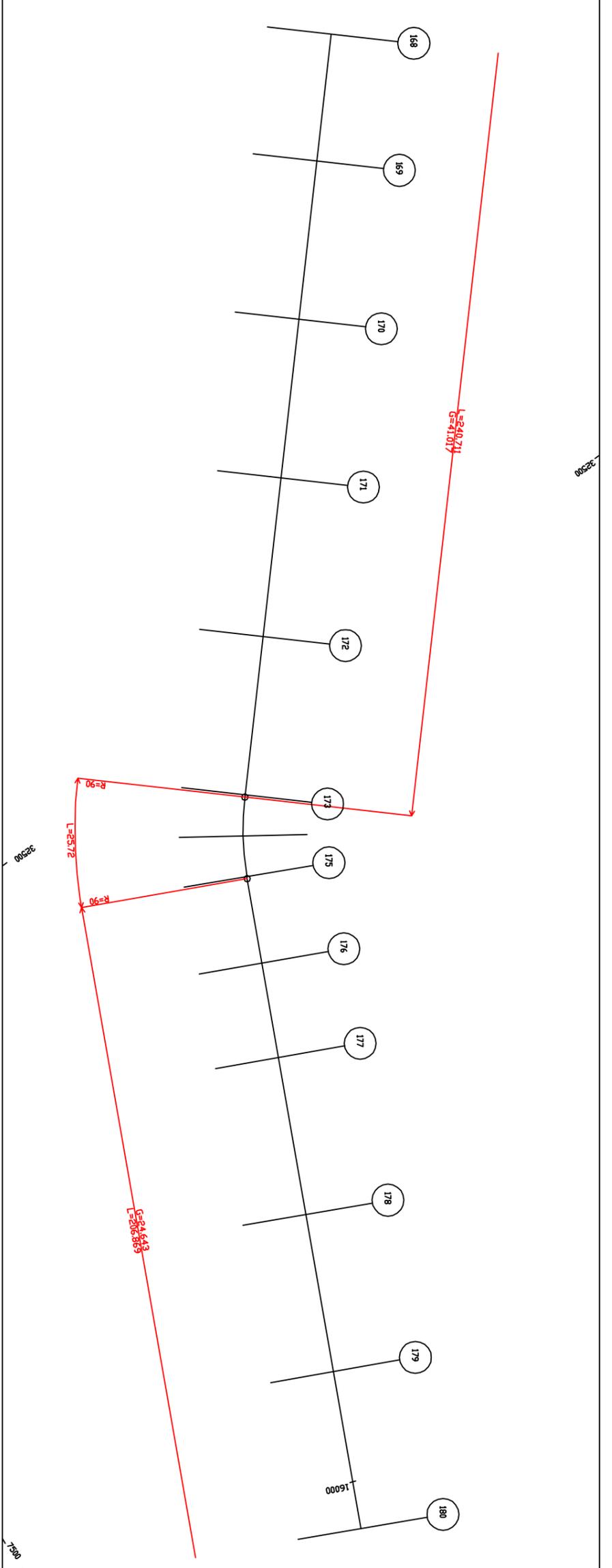
0.23

0.25

0.26

N

X0=71961392  
Y0=322326137  
O0=3435614



32300

CE: L 3989

ANCIENNE 15/20  
HELLE EN S 1/ 1000  
HELLE EN Z 1/ 100  
AN DE COMPARAISON

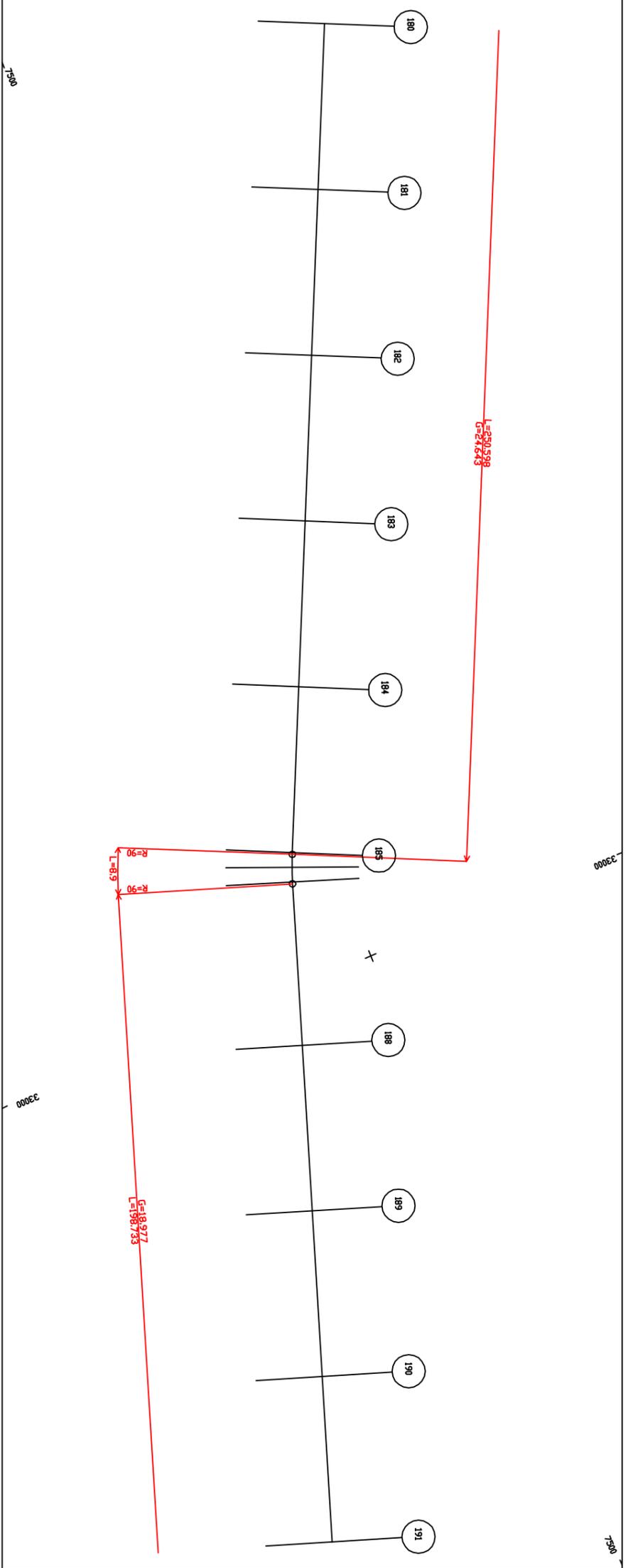
STANCES PARTIELLES	STANCES CUMULEES	STANCES PROJET	STANCES CUMULEES PROJET
268.80	16014.92	269.06	L=458.23
268.30	16064.92	268.56	
267.92	16114.92	268.17	
267.48	16164.92	267.51	
267.13	16214.92	267.34	
266.72	16264.92	266.94	
266.69	16269.37	266.89	4.45
266.62	16273.82	266.83	4.45
266.06	16323.15	266.26	49.33
265.65	16373.15	265.83	
265.11	16423.15	265.29	
264.60	16473.15	264.78	P=0.21x



X0=74726504  
Y0=326422914  
O0=22.48295

ECHELLE 1/1000

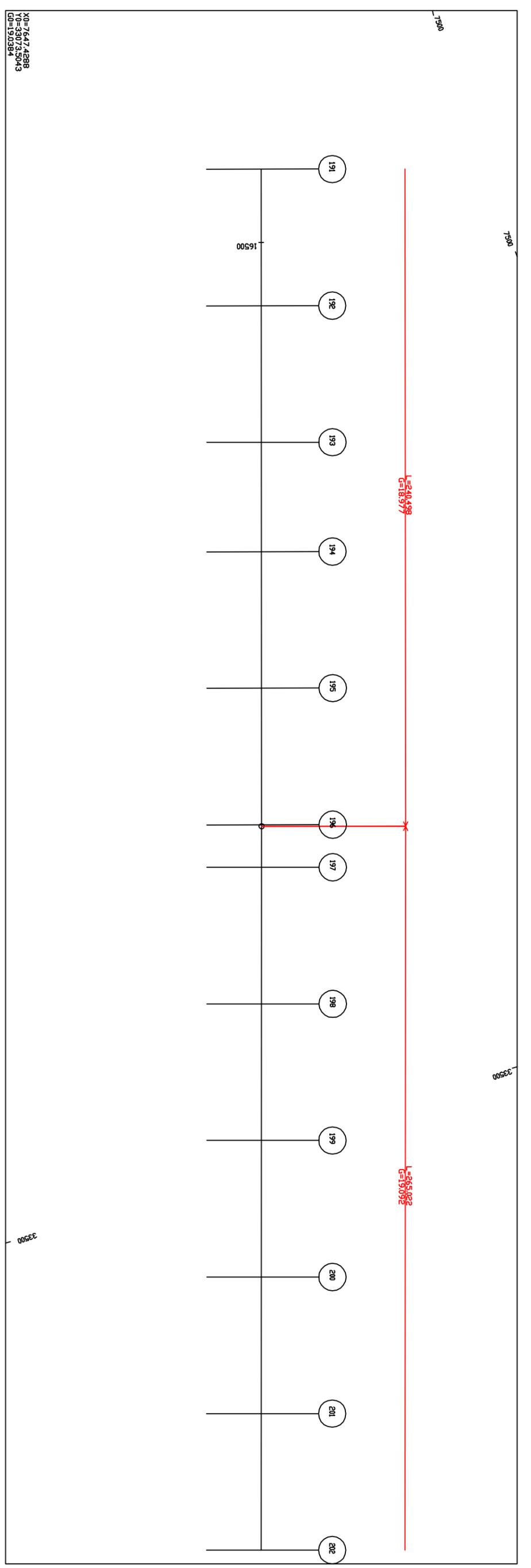
Z



PROJET	CHIFFRES	METRES	PROFONDEUR	PROFONDEUR	PROFONDEUR
264.78	16473.15	264.60	191	260	0.18
264.36	16523.15	264.04	192	50	0.32
264.33	16573.15	264.02	193	50	0.31
264.17	16613.15	263.85	194	40	0.32
264.96	16663.15	263.62	195	50	0.34
263.89	16713.15	263.56	196	50	0.33
263.85	16728.67	263.53	197	13.52	0.32
263.77	16778.67	263.46	198	50	0.31
263.87	16828.67	263.59	199	50	0.28
263.80	16878.67	263.61	200	50	0.26
263.66	16928.67	263.49	201	50	0.27
263.73	16969.12	263.53	202	50	0.20
263.64	16978.67	263.54	202		

ECHELLE 1/1000

Z'Z'

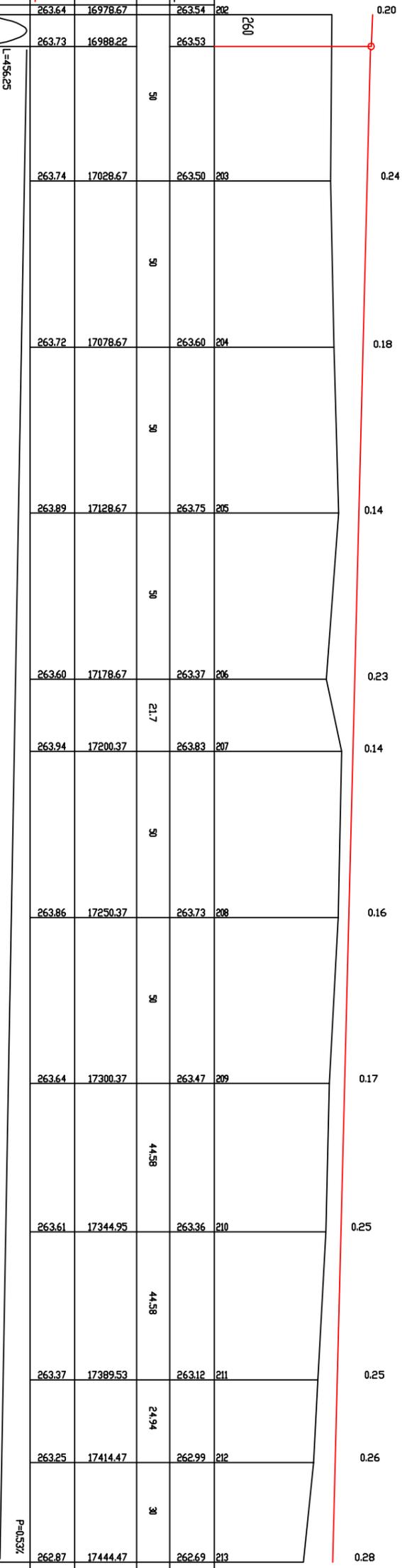


33500

33500

L=3989

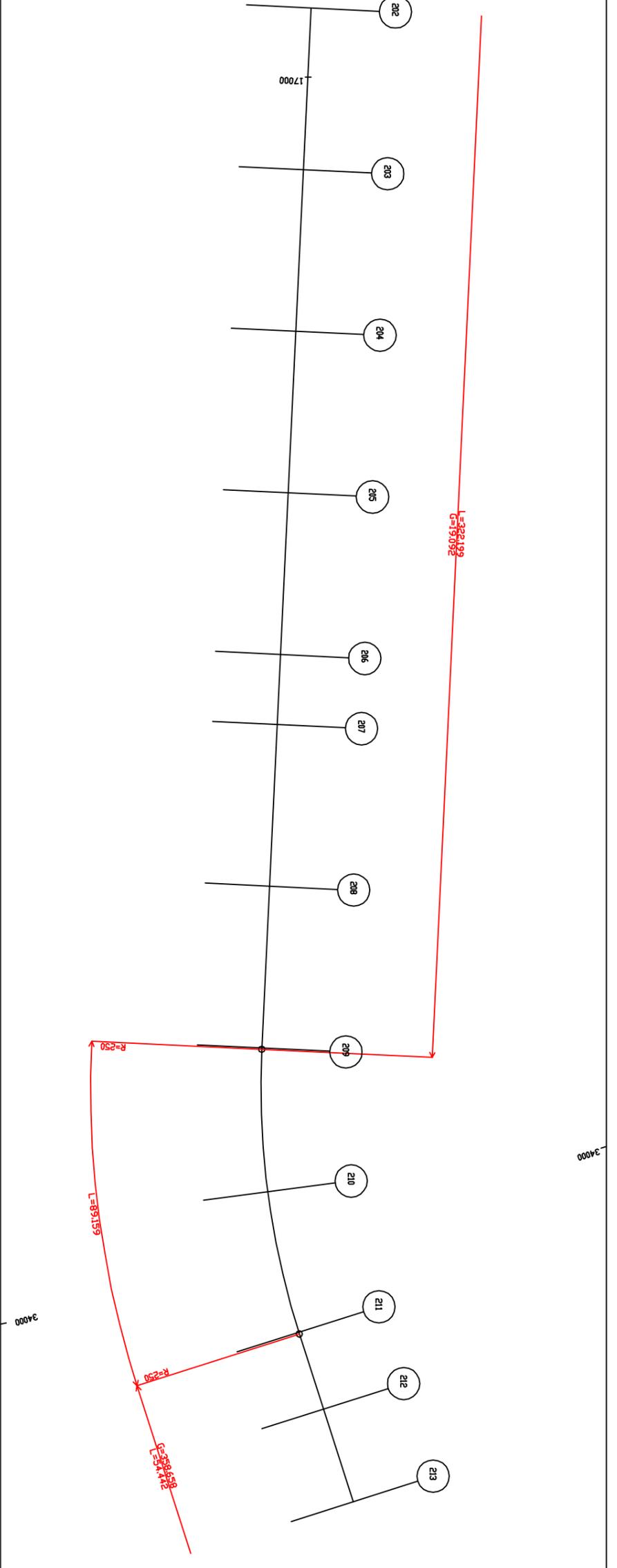
IVITES PROJET	S PROJET	ANCES CUMULEES	ANCES PARTIELLES	S TERRAIN	ICHE 17/20	ILLE EN S 1/ 1000	ILLE EN Z 1/ 100	DE COMPARAISON
	263.64	16978.67		263.54	202		260	
	263.73	16988.22	50	263.53				
	263.74	17028.67	50	263.50	203			
	263.72	17078.67	50	263.60	204			
	263.89	17128.67	50	263.75	205			
	263.60	17178.67	21.7	263.37	206			
	263.94	17200.37	50	263.83	207			
	263.86	17250.37	50	263.73	208			
	263.64	17300.37	44.58	263.47	209			
	263.61	17344.95	44.58	263.36	210			
	263.37	17389.53	24.94	263.12	211			
	263.25	17414.47	30	262.99	212			
	262.87	17444.47		262.69	213			



X0=7817.9575  
Y0=33551.6361  
O0=16.3751

ECHELLE 1/1000

Z17



18/20  
EN S 1/ 1000  
EN Z 1/ 100  
COMPARAISON

ES PROJET	S CUMULEES	S PARTIELLES	RRAIN	
262.87	17444.47	262.69	213	252
262.51	17494.47	262.27	214	
262.02	17544.47	261.78	215	
261.50	17594.47	261.26	216	
261.00	17644.47	260.74	217	
260.33	17694.47	260.06	218	
259.87	17744.47	259.65	219	
259.38	17789.53	259.17	220	
258.87	17836.42	258.59	221	
258.21	17886.42	257.92	222	
257.64	17936.42	257.30	223	

L=491.95

P=0.53%

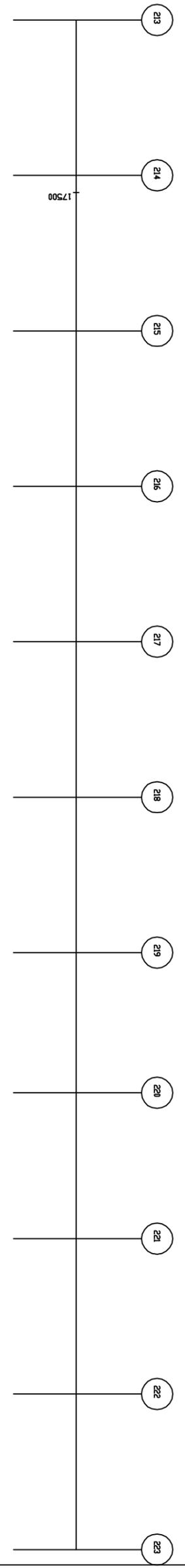


ECHELLE 1/1000

N

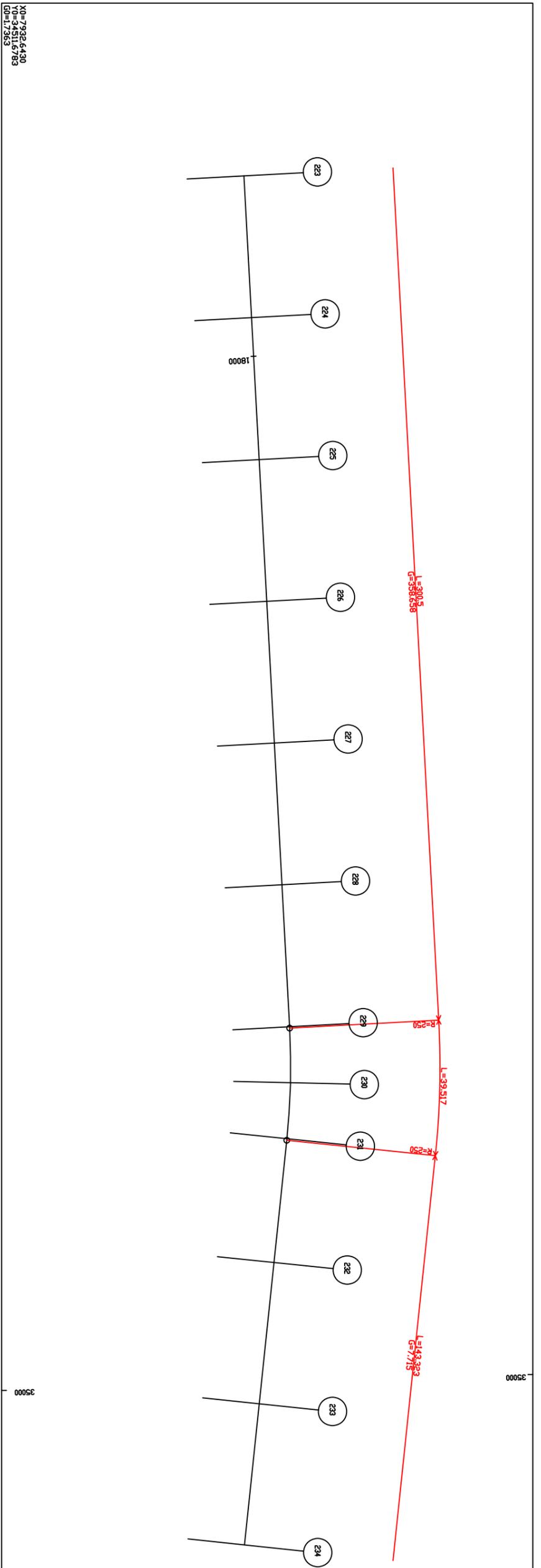
X0=7955.226  
Y0=34027.4483  
G0=358.6582

34500



L=491.95  
G=358.658

34500

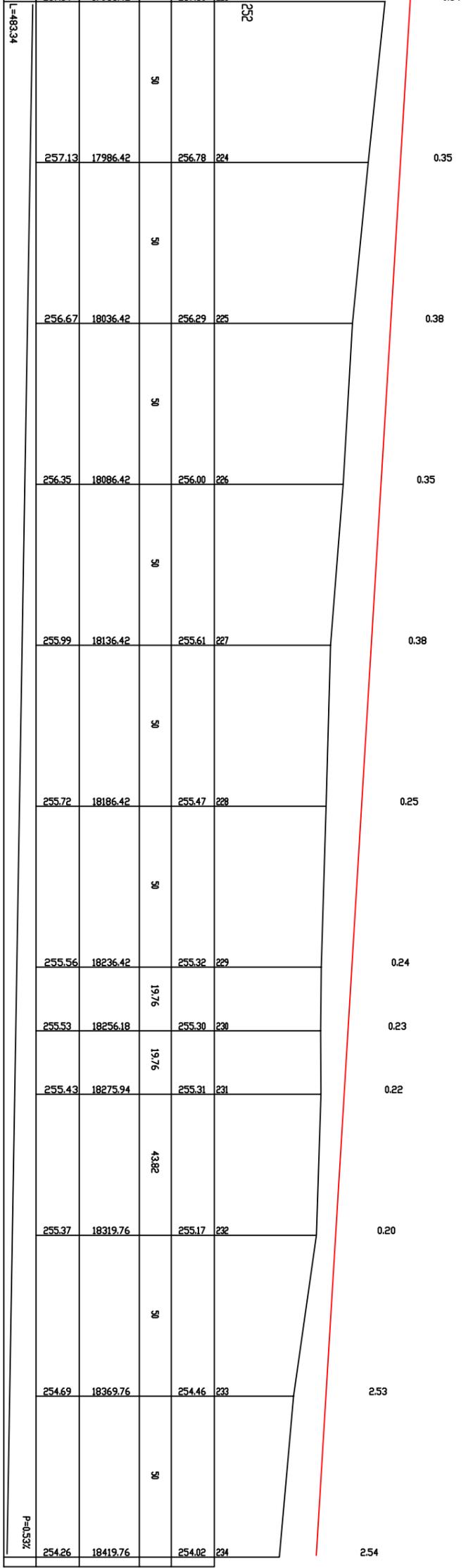


ECHELLE 1/1000

N

PLANCHE 19/20  
 ECHELLE EN S 1/ 1000  
 ECHELLE EN Z 1/ 100  
 PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	DISTANCES PARTIELLES	DISTANCES CUMULEES	COTES PROJET	DECLIVITES PROJET
257.30			257.64	
256.78	50	17936.42	257.13	
256.29	50	18036.42	256.67	
256.00	50	18086.42	256.35	
255.61	50	18136.42	255.99	
255.47	50	18186.42	255.72	
255.32	50	18236.42	255.56	
255.30	19.76	18256.18	255.53	
255.31	19.76	18275.94	255.43	
255.17	43.82	18319.76	255.37	
254.46	50	18369.76	254.69	
254.02	50	18419.76	254.26	



L=48334

P=0.53%

PROJET	CUMULEES	PARTIELLES	RAIN	EN S 1/ 1000	EN Z 1/ 100	COMPARAISON
254.26	18419.76	254.02	234	252	0.24	
254.58	18456.40	254.36	235		0.22	
254.48	18496.40	254.37	236		0.21	
254.73	18534.59	254.54	237		0.19	
254.64	18572.78	254.54	238		0.16	
254.63	18610.97	254.51	239		0.15	
254.61	18649.16	254.43	240		0.15	
254.54	18699.16	254.14	241		0.78	
254.44	18749.16	253.94	242		0.71	
254.39	18799.16	253.69	243		0.70	
254.12	18849.16	253.34	244		0.78	
253.86	18899.16	253.27	245		0.59	

ECHELLE 1/1000

N

