

République du Sénégal



GC. 0224

Ecole Polytechnique de THIES

PROJET DE FIN D'ETUDES

*en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur
de conception en génie civil*

TITRE: Informatisation de l'étude géométrique
des routes

AUTEUR: Tamsir André WADE

DIRECTEUR: El hadj Moustaph MBAYE

Juin 89.

— DEDICACE —

A mon père et à ma mère .

A mes frères et à mes sœurs .

A tous ceux qui me sont chers .

— REMERCIEMENTS —

Pour l'aide et le soutien permanent qu'il a bien voulu nous offrir, nous remercions tout particulièrement notre directeur de projet M^r EL HADJ MOUSTAPH MBAYE.

Nous associons dans ces remerciements les ingénieurs de la D.E.P, particulièrement M^r NDIAGA DIENG, directeur, et M^r Lamine CISSÉ.

Nos remerciements vont également au personnel du centre de calcul, particulièrement à M^r Lamine NDOYÉ pour la qualité de ses conseils et sa disponibilité.

SOMMAIRE

Dans le cadre de ce projet, nous nous proposons de réaliser un système de traitement informatique de l'étude géométrique des routes.

L'essentiel du travail portera sur la conception d'un logiciel de calcul des alignements horizontaux et verticaux d'un projet de routes.

Le programme, écrit en turbo pascal 4.0, devra également permettre de compléter le logiciel réalisé par la Direction générale de travaux publics, à la direction des études et de la programmation, sur les tracés routiers.

Ainsi, une attention particulière sera portée à la gestion des données et aux spécifications et vérifications relatives à la précision de celles-ci.

Le chapitre 1 de notre travail fera l'inventaire des besoins cartographiques d'un projet de routes.

Les normes de conception géométrique des routes seront rappelées au chapitre 2.

Celles-ci seront utilisées dans la conception du programme dont les caractéristiques seront décrites au chapitre 3, et

qui constitue le chapitre 4.

Les tests réalisés sur le programme seront commentés dans le dernier chapitre du projet.

—TABLE DES MATIERES—

Introduction	1
Chapitre 1 : Besoins cartographiques pour une étude de routes	2
1.A Les différentes phases d'une étude de routes	3
1.A.1 La planification	3
1.A.2 Etude de la zone du projet	3
1.A.3 Etude des alternatives	4
1.A.4 La conception	5
1.A.5 Construction et entretien	5
1.B Les seuils de précision	6
1.C Besoins cartographiques aux différentes phases d'une étude de routes	8
Chapitre 2 : Normes de conception géométrique des routes	10
2.A Les alignements horizontaux	11
2.A.1 Données de base	11
2.A.1.a Vitesse de base	11
2.A.1.b Rayons de courbure	11
2.A.1.c Devers maximal	13
2.A.2 Courbes de raccordement	14
2.A.2.a Courbes circulaires	14
2.A.2.b Courbes de transition	16

2.A.3	Raccordement spirale - cercle - spirale	18
2.A.3.a	Éléments du raccordement	18
2.A.3.b	Éléments d'implantation	20
2.B	Alignements verticaux	21
2.B.1	Le choix des pentes	21
2.B.2	Les courbes verticales	22
Chapitre 3 : Informatisation du calcul des éléments géométriques		24
3.A	Module de polygonation	25
3.A.1	Définition du problème	25
3.A.2	Procédures utilisées	26
3.A.3	Algorithme de polygonation	28
3.A.3.a	Description des identificateurs	28
3.A.3.b	Structure des opérations	29
3.B	Module de vue en plan de la route	30
3.B.1	Définition du problème	30
3.B.2	Procédures utilisées	31
3.B.3	Algorithme de vue en plan	33
3.B.3.a	Description des identificateurs	33
3.B.3.b	Structure des opérations	34
3.C	Module de profil en long du terrain	36
3.C.1	Définition du problème	36
3.C.2	Procédures utilisées	36
3.C.3	Algorithme de profil en long du terrain	38

3.C.3.a	Description des identificateurs	38
3.C.3.b	Structure des opérations	39
3.D	Module de profil en long de la route	40
3.D.1	Définition du problème	40
3.D.2	Procédures utilisées	40
3.D.3	Algorithme de profil en long de la route	42
3.D.3.a	Description des identificateurs	42
3.D.3.b	Structure des opérations	44
3.E	Les modèles mathématiques	45
3.E.1	La polygonation	45
3.E.2	Les courbes horizontales	47
3.E.3	La transformation des coordonnées	47
3.E.4	Les courbes verticales	49
3.E.4.a	Courbes convexes	49
3.E.4.b	Courbes concaves	50

Chapitre 4 : Logiciel de calcul des éléments géométriques de la route 52

Chapitre 5 : Présentation des résultats 88

Conclusion 98

Bibliographie 99

— INTRODUCTION —

Les pays Africains sont au jour d'hui confrontés au problème que constituent la faible densité de leur réseau de transport et l'inégalité de sa répartition sur le territoire. Au moment où on parle de plus en plus de la nécessité de l'accroissement, de l'amélioration, et de l'entretien des réseaux routiers et ferroviaires en Afrique, il est donc essentiel, pour notre institution, de se pencher sur la mise en œuvre de techniques modernes de conception et de réalisation des routes.

Ainsi, il nous est apparu fondamental d'opérer une systématisation de l'informatisation des études de conception géométrique des routes.

En effet, la rapidité et la répétitivité des calculs et des tracés informatisés, permettent, par la multiplication des simulations, d'obtenir facilement la localisation du tracé le mieux adapté à l'environnement, le plus économique, le plus sécuritaire, et répondant le mieux aux exigences de confort des usagers.

— CHAPITRE 1 —

Besoins cartographiques pour une étude de routes

Les études de routes nécessitent de nombreuses études topographiques successives tout au long des grandes phases qu'elles comportent :

- La planification ;
- l'étude de la zone du projet ;
- l'étude des alternatives de routes ;
- la conception de la route ;
- la construction de la route ;
- l'entretien de la route.

Ces études topographiques guident les décisions prises à chacune de ces phases et doivent donc acquies avec le plus grand soin. En outre, la disponibilité et le coût d'acquisition des données topographiques augmentant avec leur précision, il importe de définir des seuils de précision des données, nécessaires pour les différentes étapes précitées.

Une réévaluation des besoins cartographiques pourra ainsi être faite à partir des seuils de précision obtenus.

1. A Les différentes phases d'une étude de routes

1. A. 1 La planification

Tout projet de routes s'inscrit dans le cadre d'une planification qui évalue les besoins en fonction de la demande de trafic.

Elle permet de décider de la nécessité de réaliser un projet donné en considérant les contraintes économiques sociales et technologiques.

Des études du trafic actuel et de projection de trafic, à la fin de la période de design devront être effectuées.

Elles permettront, entre autre, de déterminer la classe de la route à construire, sa vitesse de base, ainsi que ses points de départ et d'arrivée.

1. A. 2 Etude de la zone du projet

Cette phase consiste en la reconnaissance d'un large corridor susceptible de contenir toutes les alternatives du projet.

Cette reconnaissance doit fournir des informations qualitatives et quantitatives sur les facteurs déterminant la localisation du tracé de la route :

- l'environnement avant et après la réalisation de la route ;
- l'utilisation actuelle et potentielle des terrains ;
- la topographie, le drainage, et la végétation ;
- la classification et la description des sols ;
- les zones propices à l'érosion ou aux inondations ;

1.A.3 Etude des alternatives

La première partie consiste à déterminer toutes les alternatives possibles de routes.

Ces alternatives sont ensuite comparées pour le choix de celle qui aura le moindre coût de construction et d'utilisation tout en restant conforme aux exigences de qualité.

Chaque alternative est étudiée, comme si elle constituait le projet retenu, en tenant compte des facteurs prépondérants pour la localisation du tracé :

- les pentes et les cubatures ;
- le nombre de voies et leur largeur ;
- les facteurs limitant la capacité de la route ;
- les coûts d'expropriation, d'étude, de construction, de maintenance, et d'utilisation.

1.A.4 La conception

La conception de la route nécessite des études géométriques et structurales basées sur les caractéristiques propres du site du projet.

Les études structurales devront dépendre des caractéristiques du sol et du type de chaussée à réaliser.

Les études géométriques, tant pour les éléments d'implantation des alignements, horizontaux et verticaux, et des profils transversaux, que pour la mise en plan du tracé et les mouvements de terre, sont fortement tributaires des caractéristiques topographiques de la zone.

Ainsi, le choix des pentes de projet, des rayons de courbure, des zones d'emprunt, et de tant d'autres de paramètres, ne saurait se faire sans études topographiques préalables.

1.A.5 Construction et entretien

L'implantation de la route sur le terrain se fera sur la base de levés topographiques.

C'est également sur cette base que les opérations d'entretien seront effectuées.

Ils seront déterminants dans l'évaluation des coûts de terrassement et de transport de terre.

1. B. Les seuils de précision

La précision peut être définie comme l'erreur commise dans la détermination d'une quantité.

Selon l'utilisation qui en est faite, la précision d'une mesure donnée doit s'inscrire dans des limites prédéfinies.

Ces limites, évaluant l'acceptabilité d'une mesure, constituent la précision requise pour la détermination de celle-ci.

Pour des études de routes, on peut utiliser les ordres de précision définis par la "Société Américaine de Photogrammétrie" selon l'erreur admise sur la mesure des distances :

- Le "premier ordre" correspond à des distances horizontales mesurées au 1:25000^e et des erreurs sur les distances verticales de $4.0 \text{ mm } \sqrt{K}$, K étant la longueur en kilomètres du circuit de nivellement.
- Le "second ordre" correspond à des distances horizontales mesurées au 1:10000^e et des erreurs sur les distances verticales de $8.4 \text{ mm } \sqrt{K}$.
- Le "troisième ordre" correspond à des distances horizontales mesurées au 1:5000^e avec des erreurs sur les distances verticales de $12.0 \text{ mm } \sqrt{K}$.

- Le "quatrième ordre" correspond à des distances horizontales mesurées au 1:2500^e et des erreurs sur les distances verticales de $120.0\text{mm}\sqrt{K}$

Ces seuils de précision constituent une évaluation de la tolérance admise dans la détermination des cheminements tant pour la polygonation que pour le nivellement.

1.C. Besoins cartographiques aux différentes

phases d'une étude de routes

Les données topographiques recueillies aux différentes phases d'une étude de routes sont utilisées à des fins diverses et devront donc répondre à des critères de précision spécifiques à chacune de ces phases.

Ainsi, la planification et la reconnaissance de la zone du projet utiliseront des distances relatives, horizontales et verticales, dans le but d'évaluer la position des obstacles naturels et artificiels sur la bande d'intérêt.

Une précision du quatrième ordre suffira pour la détermination des données topographiques relatives à cette phase.

On peut donc préconiser l'utilisation de photographies aériennes et de cartes topographiques d'une échelle allant de 1:50 000 à 1:200 000.

L'étude des alternatives de routes dans sa première phase de recensement de toutes les routes possibles n'exigera, des données topographiques utilisées, qu'une précision du troisième ordre.

Ainsi des cartes topographiques et des photographies aériennes à échelle variant de 1:10 000 à 1:50 000 pourront être utilisées.

Par contre, le choix de la localisation finale du tracé, après comparaison des alternatives, devrait découler d'études topographiques plus précises, du second ordre.

Il faudra, ici, utiliser des cartes topographiques et des photographies aériennes à des échelles variant de 1:2400 à 1:5000.

La précision du premier ordre sera requis pour des données topographiques utilisées au niveau des phases de conception et de construction.

Les cartes topographiques et les photographies aériennes devant être utilisées dans ces phases terminales du projet de route pourront être d'une échelle variant de 1:480 à 1:2500.

— CHAPITRE 2 —

Normes de conception géométrique des routes

La conception géométrique des routes consiste à étudier les éléments nécessaires à la détermination et au tracé des alignements horizontaux et verticaux, et des profils en travers, de la route projetée.

Ces éléments géométriques sont calculés suivant des normes variables, mais découlant des principes fondamentaux universels que sont la sécurité, le confort, l'économie, et l'esthétique.

Ces considérations sont matérialisées par l'adoption de paramètres qui constituent les données de base pour le calcul des alignements de la route.

Ces paramètres varient en fonction des conditions climatiques et topographiques, et leur choix conditionne toute l'étude géométrique de la route.

2.A. Les alignements horizontaux

2.A.1 Données de base

2.A.1.a Vitesse de base

C'est la vitesse la plus élevée à laquelle un véhicule peut circuler, de façon continue, en toute sécurité, sous les conditions météorologiques les plus favorables, et que la densité de la circulation est très peu élevée.

Pour assurer la réalisation des objectifs d'efficacité et de sécurité du projet de routes, on doit tenter d'établir la vitesse de base la plus élevée possible pour permettre d'obtenir le degré de sécurité et de mobilité désiré tout en tenant compte de la qualité de l'environnement, des facteurs économiques et esthétiques, ainsi que des impacts sociaux. Elle est généralement choisie entre 30 et 130 km/h, et influence sur le choix d'autres paramètres tels que les rayons de courbure et les déclivités.

2.A.1.b Rayons de courbure

L'utilisation de courbes circulaires à courbure prononcée occasionne de nombreux inconvénients :

- Impact de la force centrifuge;
- Danger de dérapage et de glissement latéral;

- Visibilité limitée;
- Difficultés de drainage.

Il est donc nécessaire de définir un rayon minimal acceptable en fonction de toute vitesse de base.

Celui-ci dépendra du taux maximal de devers et du frottement latéral à se produire entre la chaussée et les pneus.

Il est calculé par l'équation :

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(e_{\max} + f)}$$

où

R_{\min} = rayon de courbure minimal ;

e_{\max} = taux de devers maximal ;

f = frottement latéral.

Les principes fondamentaux guidant le choix des rayons de courbure sont :

- Il faut autant que possible utiliser un rayon plus grand que le rayon minimal ;
- Il faut tendre vers une unification des rayons de courbure le long de la route.

2.A.1.c Devers maximal

Le devers est défini comme l'inclinaison transversale de la chaussée qui sert à annuler l'effet de la sollicitation centrifuge sur un véhicule circulant dans une courbe circulaire. Il est fonction du type de route, de la vitesse de base, et du rayon de courbure considérés.

Le devers maximal, choisi par le concepteur, et entrant en ligne de compte dans l'évaluation du rayon de courbure minimal, doit être fonction des conditions climatiques, des conditions topographiques, du milieu, et des conditions de trafic (fréquence des véhicules lents, ...).

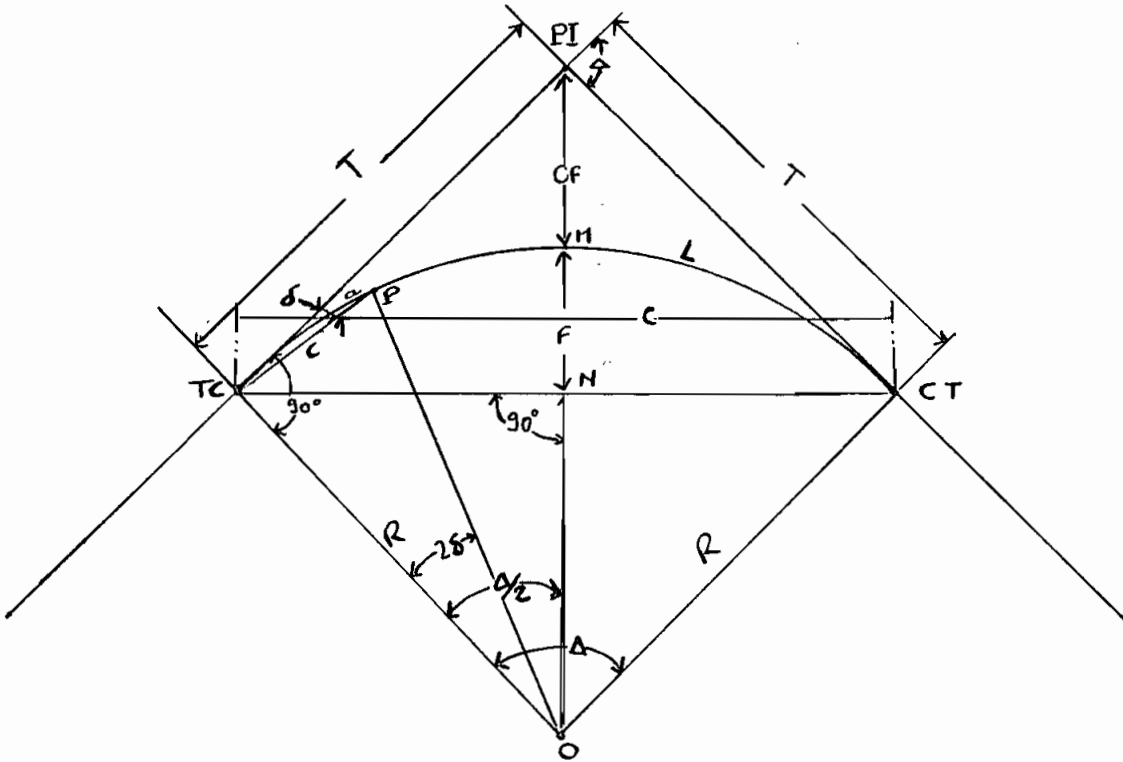
Il n'est utilisé que lorsqu'on a un rayon de courbure minimal, et est d'autant plus réduit que le rayon de courbure est élevé.

2.A.2 Courbes de raccordement

L'alignement horizontal d'une route est constitué d'une succession de lignes droites reliées par des lignes courbes.

En raison des inconvénients liés aux petits rayons de courbure, on utilise des raccordements à courbure progressive, entre la courbe circulaire et les alignements droits, pour assurer une introduction progressive de la force centrifuge.

2.A.2.a Courbes circulaires



* Symboles

TC : Point de raccordement de la tangente avec l'arc de cercle (ou commencement de la courbe).

CT : Point de raccordement de la tangente et de l'arc de cercle (ou fin de la courbe).

R : Rayon de la courbe circulaire

PI : Point d'intersection des tangentes

Δ : Angle de déflexion entre les tangentes (en degrés)

T : Longueur de la tangente

L : Longueur de la courbe selon l'arc

C : Corde principale reliant les points TC et CT.

c : Corde intermédiaire

a : Longueur d'un arc intermédiaire

f : flèche principale

C.f : Contre-flèche principale

S : Angle de déviation entre la tangente et la corde intermédiaire.

O : Centre de courbure de la courbe circulaire

* Relations entre les éléments géométriques

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}$$

$$f = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

$$Cf = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$$

$$C = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$L = \frac{\pi \Delta R}{180}$$

$$c = 2R \sin S$$

$$S = \frac{\pi \Delta}{2L} = \operatorname{Arc} \sin \frac{c}{2R}$$

* Coordonnées rectangulaires

En considérant l'origine des coordonnées au point T.C, l'axe des X selon la droite TC-PI, et l'axe des Y selon la droite TC-O, les coordonnées d'un point P de la courbe circulaire sont données par :

$$X_P = R \sin 2\delta$$

$$Y_P = R(1 - \cos 2\delta)$$

2.A.2.b Courbes de transition

La force radiale s'exerçant sur un véhicule voyageant sur une courbe circulaire est donnée par

$$F = \frac{P}{Rg} \left[\frac{V^2}{Rg} - e \right]$$

où F = force radiale en Newtons ;

P = Poids du véhicule en Newtons ;

V = Vitesse du véhicule en m/sec ;

R = Rayon de courbure en mètres ;

g = Accélération due à la gravité en m/sec² ;

e = Dèvers en m/m .

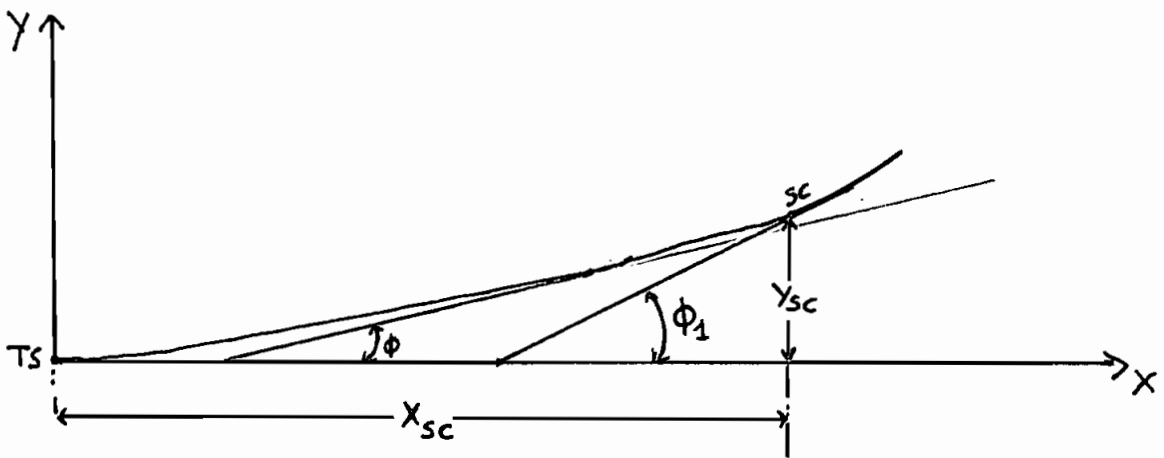
Elle est proportionnelle à la courbure et on peut donc, par diminution uniforme du rayon de courbe, assurer une sollicitation progressive de la force centrifuge.

Pour ce faire, on utilise une courbe de transition dont le rayon de courbure varie de façon inversement proportionnelle à la longueur mesurée depuis le début de la transition.

On utilise généralement la clothoïde (ou spirale) en raison des propriétés suivantes :

- Sa courbure en un point est proportionnelle à la distance de ce point au point de courbure nulle.
- Parcourue à vitesse constante, elle correspond à la trajectoire d'un véhicule dont l'angle de braquage du volant augmente régulièrement.

La spirale est définie par le taux de changement de son rayon, mesuré par une constante A appelée paramètre de la spirale.



Suivant le système de coordonnées ci-dessus, avec origine en T.S, les coordonnées d'un point sur la spirale sont données par :

$$X = l - \frac{l^5}{40 R^2 L_s^2}$$

$$Y = \frac{l^3}{6 R L_s} - \frac{l^7}{336 R^3 L_s^3}$$

T.S : Point de tangence de l'alignement droit et la spirale .

S.C : Point de tangence de la spirale et la courbe circulaire.

L_s : Longueur de la spirale, de T.S à S.C.

l : longueur d'un arc sur la spirale, à partir de T.S .

r : Rayon de la spirale en un point quelconque .

R : Rayon de la courbe circulaire .

θ_s : Angle de la spirale .

T_s : Tangente principale, du T.S au P.I .

T_c : Tangente courte de la spirale .

T_l : Tangente longue de la spirale .

$l.c$: Corde de la spirale de T.S à S.C

Au point S.C on a $l = L_s$ et $r = R$ d'où

$$X_{sc} = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2}$$

$$Y_{sc} = \frac{L_s^2}{6R} - \frac{L_s^4}{336R^3} .$$

A partir de ces coordonnées on peut évaluer les diverses fonctions de raccordement à l'aide des relations géométriques suivantes:

$$p = Y_{sc} - R(1 - \cos \theta_s)$$

$$q = X_{sc} - R \sin \theta_s$$

$$C.f. = (R + p) \frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R$$

$$T_s = (R + p) \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} + q$$

$$T_p = X_{sc} - Y_{sc} \operatorname{cotg} \theta_s$$

$$T_c = \frac{Y_{sc}}{\sin \theta_s}$$

$$L.C. = \sqrt{X_{sc}^2 + Y_{sc}^2}$$

2. A. 3. b Éléments d'implantation

A partir des coordonnées " x_i " et " y_i " d'un point de la spirale, on peut calculer l'angle de déviation φ_i , et la distance de chaînage D_i , permettant l'implantation d'un point de la courbe :

$$\varphi_i = \operatorname{Arc} \operatorname{tg} \left(\frac{y_i}{x_i} \right)$$

$$D_i = \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}$$

2.B. Alignements verticaux

Pour des raisons d'ordre économique et esthétique, le profil longitudinal d'une route doit s'adapter autant que possible au relief du terrain naturel en conservant les pentes les plus faibles.

Le profil doit paraître agréable, sans changement abrupt de pente.

Il doit également répondre à la nécessité d'écouler rapidement des eaux de pluie.

Il sera donc conçu selon des alignements droits reliés par des courbes verticales permettant un changement de pente uniforme entre eux.

2.B.1 Le choix des pentes

Le choix des déclivités du profil longitudinal est fait en considérant les coûts d'opération des véhicules, et les coûts de construction de la route.

La recherche du tracé optimal, économique, esthétique et sécuritaire tiendra compte des observations suivantes :

- Pour des déclivités de 3% ou moins, le comportement des véhicules n'est que très légèrement affecté, tandis que celui des camions ne l'est que pour des pentes assez longues.

- Lors que la pente atteint 5%, les automobilistes n'éprouvent aucune difficulté à circuler, tandis que les camions en éprouvent beaucoup, surtout si la chaussée est glissante.
- Une pente minimale doit être considérée pour assurer de bonnes conditions de drainage ; celle-ci varie généralement entre 0.5% et 0.2% .

2.B.2 Les courbes verticales

Dans le but de maintenir un bon confort pour les occupants des véhicules, on cherche à obtenir une courbe verticale qui permet une introduction graduelle de l'accélération centrifuge. La courbe universellement utilisée est la parabole, en raison de la simplicité des calculs et du fait que la distance de visibilité dans la courbe reste constante sur toute la largeur de la route.

En effet, le taux de changement de pente est donné par la dérivée seconde de l'équation de la parabole, qui est constante.

On définit ainsi un facteur K qui représente la longueur de la courbe équivalent à un changement de pente de 1%.

K est une mesure de la "courbure" de la parabole.

Elle varie suivant la vitesse de base et conditionne le confort, la visibilité et l'esthétique de la route.

La longueur de courbe à adopter pour un raccordement donné dépend de ce paramètre K et des pentes des alignements droits qu'il raccorde.

Ainsi : si la pente de l'alignement amont est P_1 en pourcentage, et celle de l'alignement aval, P_2 , on a la longueur L de la courbe verticale par :

$$L = K (P_1 - P_2).$$

A partir de l'origine des abscisses au point de tangence amont courbe - alignement droit, l'équation de la courbe s'écrit :

$$Z = \frac{P_1 - P_2}{2L} \times X^2$$

d'où on déduit les coordonnées des sommets (haut ou bas) de courbe :

$$X = P_1 \times \frac{L}{P_1 - P_2} ;$$

$$Z = P_1^2 \times \frac{L}{2(P_1 - P_2)}$$

— CHAPITRE 3 —

Informatisation du calcul des éléments géométriques

L'étude des éléments géométriques des routes se prête bien au traitement informatique, en raison de la longueur et de la répétitivité des calculs utilisés.

Ceux-ci pourront être effectués à partir du programme modulaire, en turbo-pascal 4.0 réalisé dans le cadre de ce projet.

Les différents modules, en option, permettent de réaliser les procédures de calcul aboutissant à :

- La compensation de la polygonale et le calcul des coordonnées X et Y de ses sommets ;
- l'étude des alignements horizontaux de la route ;
- l'étude des alignements verticaux de la route .

Ils sont constitués de procédures réalisant les différentes opérations décrites par les algorithmes.

3.A. Module de polygonation

3.A.1 Définition du problème

Le calcul des éléments relatifs au tracé en plan de la route est fait, à partir du cheminement sur la ligne centrale, après compensation et calcul des coordonnées planimétriques de la polygonale.

Cette phase de compensation horizontale, permettant d'obtenir les coordonnées des sommets de la ligne centrale de la route, est réalisée par le module de polygonation qui constitue l'option "A" du programme.

En plus des mesures et levés topographiques, en particuliers les distances entre sommets et les angles de déflexion, le fichier de données du module doit contenir les coordonnées planimétriques et les gisements des points de départ et d'arrivée de la route, le nombre de sommets de la polygonale, et la précision linéaire requise pour les mesures du terrain. Le fichier de résultats obtenu contiendra les gisements et les coordonnées X et Y des sommets de la polygonale, il est obtenu par la procédure décrite dans l'algorithme de polygonation.

3.A.2 Procédures utilisées

Le module de polygonaion est constitué de plusieurs procédures permettant la réalisation des étapes définies par l'algorithme.

- La procédure "Initialiser_fichiers_Polygonaion" permet d'initialiser tous les fichiers contenus dans le module.
- La procédure "Modifier_données_Polygonaion" offre la possibilité d'entrée des données, de modifier des données, et d'ajouter des données, dans le fichier, de manière interactive.
- La procédure "spécifications" calcule l'erreur de lecture angulaire permise et détermine ainsi le type d'appareil, et le mode opératoire, les mieux adaptés.
- La procédure "Calcul_Polygonaion" effectue tous les calculs intermédiaires et aboutit à la création d'un fichier résultat de polygonaion.
- La procédure "Transfert_de_fichier" permet de transcrire le fichier résultat sur un fichier de type text sauvegardé sur disquette.
- La procédure "Afficher_fichier_Polygonaion" affiche à l'écran le fichier de résultat obtenu.

- La procédure " Impression - polygonation " imprime sur papier le fichier de résultats de la polygonation.

3.A.3 Algorithme de polygonation

3.A.3.a Description des identificateurs

Ns max	: Constante	: Nombre maximal de sommets.
Xy dep	: Array [1..2] of Real	: Coordonnées du point de départ.
Xy arr	: Array [1..2] of Real	: Coordonnées du point d'arrivée.
Xy point	: Array [1..2] of Real	: Coordonnées des sommets.
G dep	: Real	: Gisement du point de départ.
G arr	: Real	: Gisement du point d'arrivée.
G point	: Real	: Gisement des sommets.
Ns	: Integer	: Nombre de sommets.
No pt	: Integer	: Numéro du sommet.
Nom	: String [30]	: Nom du projet.
EL	: Real	: Erreur de lecture angulaire.
PL	: Real	: Précision linéaire requise.
Fa	: Real	: Fermeture angulaire.
Fr	: Real	: Fermeture linéaire.
Fichier Dbase	: File	: Fichier de données.
Fichier Mesure	: File	: Fichier des levés topo.
Fichier Rpolygone	: File	: Fichier de résultat.

3.A.3.b Structure des opérations

- Entrée des données .
- Calcul de la précision angulaire requise .
- Choix du mode opératoire pour le levé des angles .
- Répéter pour chaque sommet :
 - Calcul des gisements préliminaires .
- Calcul de la fermeture angulaire .
- Vérifier la validité des mesures d'angles .
- Répéter pour chaque sommet :
 - Calcul des gisements définitifs .
 - Calcul des coordonnées relatives .
- Calcul de la fermeture linéaire .
- Vérifier la validité des mesures de distances .
- Calculer les coordonnées des sommets .
- Afficher les résultats .

3.B. Module de vue en plan de la route

3.B.1 Définition du problème

L'étude des alignements horizontaux de la route est effectuée par l'option "B" du programme. Le module que celle-ci contient offre la possibilité de calculer les coordonnées des points sur les alignements droits, et les courbes de raccordement horizontales, le long de la route.

Les résultats obtenus peuvent donc directement transcrits sous forme de trace de la vue en plan de la route.

En plus des données issues du fichier de résultats de la polygonation, c'est à dire des coordonnées des sommets de la polygonale, il est nécessaire de fournir les rayons de cercle et les paramètres de spirales aux points d'intersection des droites de la polygonale, ainsi que le chaînage de départ du projet.

Le fichier de résultats obtenu contiendra un tableau comprenant les coordonnées des points de la route, l'angle de déflexion en ces points, leur cumulé, ainsi que l'élément (et le paramètre correspondant), de l'alignement horizontal, auquel appartient le point.

3.B.2 Procédures utilisées

Les procédures du module "B" sont celles qui contribuent au calcul des éléments nécessaires au tracé en plan de la route.

- L'entrée des données est assurée par la procédure "Lire-données-courbe-horizontale".
- La procédure "Calcul-éléments-de-base" donne les éléments de raccordement entre alignements droits: points de tangence, longueur de courbe...
- L'unification du système de coordonnées, et la transformation des coordonnées des points de tangence dans ce système, sont effectuées par la procédure "Transformation-linéaire".
- Les coordonnées des points sur les courbes de raccordement sont calculées par la procédure "Calcul-courbe-horizontale".
- Ces coordonnées sont affichées à l'écran, pour chaque courbe horizontale, grâce à la procédure "Afficher-fichier-courbe-horizontale".
- La procédure "Calcul-fichier-résultats" permet de rattacher et de sauvegarder dans un fichier sur disquette tous les éléments nécessaires à l'implantation des alignements horizontaux.

- Le contenu du fichier peut être imprimé sur papier à partir de la procédure "Lecture-impession".

3.B.3 Algorithme de vue en plan

3.B.3.a Description des identificateurs

Npch	: Integer	: Numero du point sur la courbe.
Xych	: Array [1..2] of Real	: Coordonnées d'un point de la courbe.
Position	: String [20]	: Elément auquel appartient le point.
Aich	: Real	: Angle de deflexion d'un point.
Pce	: Integer	: Paramètre du point.
Elit	: String [30]	: Elément du point.
PS1, PS2	: Array [1..Nsmax] of Real	: Paramètres des spirales d'entrée et de sortie.
Rcc	: Array [1..Nsmax] of Real	: Rayon de la courbe circulaire
Ncc	: Array [1..Nsmax] of Real	: Nombre de points sur la courbe circulaire.
Licc	: Array [1..Nsmax] of Real	: Distance entre deux points sur courbe circulaire.

3.B.3.b Structure des opérations

- Répéter pour chaque raccordement
 - Entrée des données.
 - Répéter pour chaque spirale.
 - Calcul de la longueur de la spirale.
 - Calcul de l'angle de la spirale.
 - Calcul de la distance entre deux points sur la spirale.
 - Calcul du point de tangence avec la courbe circulaire.
 - Calcul des fonctions des courbes de raccordement.
 - Calcul de la longueur de la courbe circulaire.
 - Calcul de l'angle de la courbe circulaire.
 - Calcul du nombre de points sur la courbe circulaire.
 - Calculer les coordonnées des points sur les courbes en considérant ~~des~~ systèmes de coordonnées indépendants pour chacune d'elles:

* Spirales d'entrée
et de sortie :

- Origine au point de tangence droite - spirale ;
- Axe des abscisses suivant la droite passant par le sommet de la polygonale ;
- Axe des ordonnées suivant la perpendiculaire dirigée vers l'intérieur de la courbe

- * Courbe circulaire :
 - Origine au point de tangence spirale d'entrée - courbe circulaire
 - Axe des abscisses suivant la tangente au cercle et à la spirale d'entrée
 - Axe des ordonnées suivant la perpendiculaire dirigée vers l'intérieur de la courbe.

- Calculer les angles de déflexion aux différents points.
- Unifier les systèmes de coordonnées, et calculer les coordonnées des points, par la méthode de la transformation linéaire conforme.
- Relier les courbes de raccordement et les alignements droits.
- Créer un fichier-text de sauvegarde, sur disquette, contenant tous les éléments d'implantation et de tracé en plan de la route.
- Imprimer le fichier de résultat si c'est nécessaire.

3.C. Module de profil en long du terrain

3.C.1. Définition du problème

La visualisation, sur un plan, du profil en long du terrain naturel est un aspect important de l'étude des alignements verticaux.

Il permet d'apprécier rapidement les avantages et inconvénients des différents choix possibles pour le tracé du profil en long de la route.

Ce module, option "C" du programme est donc constitué d'un ensemble de procédures de gestion de fichiers permettant l'entrée des données, et leur sauvegarde dans un fichier sur disquette.

Ces données comportent, outre les identificateurs de projet et de fichiers, la cumulée, la côte, et le numéro des points le long du profil du terrain.

3.C.2 Procédures utilisées

La gestion des fichiers est assurée par :

- La procédure "Initialiser - fichier - terrain" qui initialise l'ensemble des fichiers du module ;
- La procédure "Modifier - fichiers - terrain" permettant la modification, l'entrée, ou l'ajout de données ;
- La procédure "Transfert - fichier - terrain" transcrit les

données dans un fichier de type texte sauvegardé
sur disquette;

- La procédure "Impression-fichier-terrain" permet l'impression de ce fichier.

3.C.3 Algorithme de profil en long du terrain

3.C.3.a Description des identificateurs

NP	: String [20]	: Nom du projet .
NTR	: String [20]	: Nom du tronçon de route.
NF	: String [20]	: Nom du fichier de sauvegarde.
LECT	: String [20]	: Identificateur du lecteur de disquettes.
NL2	: Integer	: Nombre de point le long du profil.
PR1	: Integer	: Numéro du premier point.
CD	: Real	: Cumulé de départ.
CF	: Real	: Cumulé du second profil.
Xyter	: Array [1..2] of Real	: Coordonnées d'un point du profil.
FichierTerrain	: File	: Fichier d'entrée des données.
Fterrain	: Fichier texte	: Fichier de sauvegarde des données.

3.C.3.b Structure des opérations

- Initialisation des fichiers
- Entrée des données du terrain
- Modifier les données si nécessaire
- Ajouter des données si nécessaire
- Écrire les données dans le fichier de sauvegarde
- Imprimer le fichier de sauvegarde

3.D. Module de profil en long de la route

3.D.1 Définition du problème

L'option "D" du programme permet l'étude du profil en long de la route.

Elle offre la possibilité de calculer les coordonnées des points le long du profil, sur les alignements droits et sur les courbes verticales de raccordement.

Un ensemble de procédures permet une manipulation flexible des fichiers de données contenant les identificateurs des fichiers de sauvegarde et du projet, le nombre de droites sur le profil, les coordonnées des sommets, et la position de ce sommet sur le profil (haute ou basse).

Les calculs effectués par ce module permettront d'obtenir les fichiers de résultats, contenant les éléments d'implantation des courbes verticales et des alignements droits, et sauvegardés sur disquette.

3.D.2 Procédures utilisées

Les procédures du module "D" permettent le calcul des alignements verticaux en vue de leur implantation et du tracé du profil en long de la route.

- La procédure "Initialiser - Fichiers route" initialise l'ensemble des fichiers utilisés par le module.

- La procédure " Modifier - fichier - route " permet d'effectuer les opérations d'entrée, de modification, ou d'ajout de données.
- La procédure " Transfert - fichier - route " sauvegarde les données dans un fichier de type texte.
- La procédure " Impression - fichier - route " permet l'impression de ce fichier.
- La procédure " Calcul - courbe - verticale " réalise les calculs de longueur de courbe, de pentes longitudinales, et de coordonnées des points sur la courbe.
- La procédure " Calcul - fichier - route " donne les éléments nécessaires à l'implantation des alignements verticaux, et crée les fichiers de résultats contenant les coordonnées de points le long du profil, les coordonnées des points de départ et d'arrivée du projet, le nombre de droites, et les caractéristiques des courbes, c'est à dire leur rayon, leur flèche et la longueur de la tangente.
- La procédure " Impression - profil - long " permet l'impression du fichier de résultats.

3.D.3 Algorithme de profil en long de la route

3.D.3.a Description des identificateurs

NP	: String [20]	: Nom du projet.
NTR	: String [20]	: Nom du tronçon.
NF	: String [20]	: Nom du fichier de données.
NLE	: Integer	: Nombre de points-sommets.
PR1	: Integer	: Nombre de droites
Xyrte	: Array [1..2] of Real	: Coordonnées des points du profil.
Fichier Mroute	: Fichier FILE	: Fichier d'entrée des données
F Route	: Fichier_texte	: Fichier de sauvegarde des données.
POS	: String [20]	: Position du sommet.
Xdep, Zdep	: Real	: Coordonnées du point de départ.
Xarr, Zarr	: Real	: Coordonnées du point d'arrivée.
RW	: Integer	: Rayon de la courbe.
ADGW	: Real	: Pente à l'amont de la courbe.
ADDW	: Real	: Pente à l'aval de la courbe.
XPW/, ZPW	: Real	: Coordonnées du sommet de la courbe.
FW/	: Real	: Flèche de la courbe
LTGW	: Real	: Longueur de l'alignement droit en amont.
LTDW	: Real	: Longueur de l'alignement droit en aval.
TW	: Real	: Longueur des tangentes à la courbe.
Kcourbe	: Integer	: Paramètre de la courbe
Lcourbe	: Real	: Longueur de la courbe.

F profil	: Fichier Texte	: Fichier de sauvegarde des résultats.
NR	: String [20]	: Nom du fichier de résultats
Vbase	: Integer	: Vitesse de base du projet
NCourbe	: String [20]	: Nature de la courbe

3.D.3.b Structure des opérations

- Initialiser les fichiers
- Entrer les données de la route
- Sauvegarder les données
- Imprimer les données
- Entrer la vitesse de base du projet
- Calculer les pentes des alignements droits
- Pour chaque sommet, répéter :
 - Déterminer la nature de la courbe
 - Déterminer le paramètre de la courbe
 - Calculer la longueur de la courbe
 - Calculer les coordonnées du sommet et des points de tangence avec les alignements droits.
 - Calculer la longueur des alignements droits en aval et en amont de la courbe.
 - Calculer la longueur des tangentes à la courbes
- Relier les courbes verticales aux alignements droits et sauvegarder les résultats du profil en long de la route sur disquette.
- Imprimer le fichier de résultats obtenu.

3.E Les modèles mathématiques

Les méthodes de calcul et les modèles mathématiques employés dans cette étude sont ceux qui nous ont semblés les mieux adaptés au traitement informatique. C'est donc des considérations pratiques, liées au soucis d'accélération des calculs inhérent au choix de l'informatique, qui ont guidé le choix des méthodes de polygonation, de calcul de courbes et de transformation de coordonnées. Cependant, les exigences de précision et de normes ont également constitué des contraintes importantes dans ce choix.

3.E.1 La polygonation

Les cheminement réalisés par levés topographiques constituent des polygonales ouvertes.

Celles-ci seront exécutées en mode goniométrique et devront dans la mesure du possible être reliées à des points d'appui à coordonnées connues fixes.

Cette méthode permettra d'obtenir des mesures assez précises, et le calcul et la compensation de la polygonale seront effectués comme suit :

Soient α_i = angle mesuré au sommet i (azimuth)

$d_{i,i+1}$ = distance mesurée entre les sommets i et $i+1$

$G_{i,i+1}$ = gisement calculé entre les sommets i et $i+1$

F_a = fermeture angulaire obtenue

f_x = fermeture linéaire en X

f_y = fermeture linéaire en Y

F_r = fermeture linéaire relative obtenue

L = longueur du cheminement

$\Delta X_{i,i+1}$ et $\Delta Y_{i,i+1}$ = variation des coordonnées

X_i, Y_i = coordonnées du sommet i .

Gisements:

$$G_{i,i+1} = G_{i-1,i} + \alpha_i \mp 200 \text{ (gr)}$$

G_{arr} = gisement connu du point d'arrivée et n le nombre de sommets de la polygonale

$$f_a = G_{n,n+1} - G_{arr} \quad \bar{\alpha} \text{ comparer à la précision angulaire requise.}$$

$$G_{i,i+1} \text{ corrigé} = G_{i,i+1} - \frac{f_a}{n} \times i$$

Coordonnées:

$$\Delta X_{i,i+1} = d_{i,i+1} \sin G_{i,i+1} \text{ corrigé}$$

$$\Delta Y_{i,i+1} = d_{i,i+1} \cos G_{i,i+1} \text{ corrigé}$$

$$f_x = \sum_{i=1}^n \Delta X_{i,i+1} - [X_{dep} + X_{arr}]$$

$$f_y = \sum_{i=1}^n \Delta Y_{i,i+1} - [Y_{dep} + Y_{arr}]$$

$$F_r = \frac{\sqrt{f_x^2 + f_y^2}}{L} \quad \bar{\alpha} \text{ comparer à la précision}$$

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i,i+1} - \frac{f_x}{L} \sum_{j=1}^i d_{j,j+1} \quad \bar{\alpha} \text{ linéaire requise.}$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i,i+1} - \frac{f_y}{L} \sum_{j=1}^i d_{j,j+1}$$

3. E. 2 Les courbes horizontales

Les raccordements entre alignements droits sont, ici, réalisés par une courbe circulaire encadrée de deux courbes de transition.

Les courbes de transition utilisées sont les spirales, cependant, lorsqu'elles ne sont pas jugées nécessaires, il est possible de les supprimer en leur adjoignant un paramètre $A = 0$.

Dans le calcul des éléments d'implantation, l'outil informatique rend aisé le calcul des coordonnées des points sur les courbes qui permettent une implantation facile et flexible à partir d'un point quelconque.

Les coordonnées de ces points sont obtenus dans le système général utilisé pour tout le projet, à partir des coordonnées des sommets et des points de tangence, par la méthode de la transformation linéaire conforme.

3. E. 3 La transformation des coordonnées

La transformation de coordonnées X, Y en coordonnées E, N est réalisée par transformation linéaire conforme, les points de contrôle étant constitués par les sommets de la polygonale et les points de tangence entre courbes et alignements droits. Nous disposerons, pour chaque courbe, de 2 points de contrôle (points de tangence, c'est à dire début et fin de la courbe).

La transformation linéaire conforme suppose que les systèmes plans de coordonnées soient reliés par un facteur d'échelle, une rotation et deux translations.

On définit donc des paramètres de transformation a, b, T_E , et T_N respectivement pour le facteur d'échelle, l'angle de rotation, la translation en E et la translation en N.

Ainsi, pour tout point de contrôle on a la relation entre ses coordonnées (X_A, Y_A) et (E_A, N_A) donnée par:

$$3.E.3(a) \begin{cases} a X_A - b Y_A + T_E = E_A \\ b X_A + a Y_A + T_N = N_A \end{cases}$$

Ce système d'équation pour deux points de contrôle peut s'écrire sous forme matricielle:

$$3.E.3(b) \begin{bmatrix} X_1 & -Y_1 & 1 & 0 \\ Y_1 & X_1 & 0 & 1 \\ X_2 & -Y_2 & 1 & 0 \\ Y_2 & X_2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a \\ b \\ T_E \\ T_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ N_1 \\ E_2 \\ N_2 \end{bmatrix}$$

Cette équation matricielle $[A][X] = [L]$ constituant un système d'équations linéaires sera résolu, par triangulation et substitution inverse, pour obtenir l'inconnue $[X]$.

A partir de ces paramètres a, b, T_E , et T_N , tout point de la courbe verra ses coordonnées transformées dans le système général par application des équations du système 3.E.3 (a).

3.E.4 Les courbes verticales

L'équation permettant le calcul des coordonnées d'un point de la courbe verticale, $Y = \frac{A}{2L} X^2$, situe bien la nécessité de déterminer la longueur L de celle-ci.

La longueur de la courbe est fonction de la visibilité, du confort, du drainage, et de l'esthétique. $L = KA$.

Les relations permettant la prise en compte de ces facteurs sont fonction du type de courbe (concave ou convexe).

3.E.4.a courbes convexes (saillantes)

* Visibilité :

La condition de visibilité fondamentale est que nulle part la distance de visibilité ne devrait être plus petite que la distance de visibilité d'arrêt S .

$$S = \frac{V}{3.6} \times 31.8V + \frac{V^2}{254f}$$

où, V = vitesse de base (km/h)

f = frottement latéral

Ainsi la longueur de la courbe dépendra de la distance de visibilité d'arrêt nécessaire : $K = \frac{S^2}{538}$.

* Confort :

La condition de confort veut que l'accélération verticale subie par les passagers d'un véhicule doit rester dans des limites acceptables (0.3 m/sec² au maximum).

$$D'où \quad K = \frac{V^2}{389} .$$

* Esthétique :

Par expérience, on démontre que des bonnes conditions d'esthétique sont obtenues si la longueur de la courbe exprimée en mètres est au moins égale à la vitesse de base exprimée en km/h.

* Drainage

Pour éviter les accumulations d'eau sur la chaussée, il faut minimiser la longueur de la partie de la courbe verticale où la pente longitudinale est près de zéro.

Ce critère limite la longueur de la courbe verticale

$$L_{MAX} = \frac{15A}{\text{pente minimale}}$$

En ce sens, il s'oppose aux autres critères guidant la détermination de L.

3.E.4. b Courbes concaves (ventrantes)

Les conditions de drainage, de confort et d'esthétique sont semblables à celles des courbes convexes.

Le critère déterminant reste cependant la visibilité.

On considère va ici la visibilité donnée par l'éclairage des phares de nuit donnant le paramètre K :

$$K = \frac{S^2}{200(h_3 + S \tan \alpha)} \quad \text{si } S < L$$

$$K = \frac{2S}{A} - \frac{200(h_3 + S \tan \alpha)}{A^2} \quad \text{si } S > L$$

CHAPITRE 4

Logiciel de calcul des
éléments géométriques
de la route.

```

PROGRAM TAW_IEGR1;
  USES Crt,Printer;
  CONST
    Nsmax = 100;
  TYPE
    Dbase = Record
      ns : Integer;
      xydep : Array [1..2] of Real;
      xyarr : Array [1..2] of Real;
      pl : Real;
      Gdep : Real;
      Garr : Real;
    END;
    Mesures = Record
      Anghor : Real;
      Disthor : Real;
      Nopt : Integer;
    END;
    Rpolygone = Record
      Npoint : Integer;
      Gpoint : Real;
      xypoint : Array [1..2] of Real;
    END;
    Resch = Record
      Nptch : Integer;
      Aich : Real;
      Xych : Array [1..2] of Real;
      Position : String[20];
    end;
    Mterrain = Record
      Nopro : Integer;
      Xyter : Array [1..2] of Real;
    End;
    Mroute = Record
      NUpr : Integer;
      Xyrte : Array [1..2] of Real;
      Pos : String [20];
    End;
  Fichier_text = Text;

```

VAR

```
FichierDbase : File of Dbase;
FicheDbase : Dbase;
FichierMesures : File of Mesures;
FicheMesures : Mesures;
FichierRpolygone : File of Rpolygone;
FicheRpolygone : Rpolygone;
FichierResch : File of Resch;
FicheResch : Resch;
FichierMterrain : File of Mterrain;
FicheMterrain : Mterrain;
FichierMroute : File of Mroute;
FicheMroute : Mroute;
FichierSortie,Fplan,Fterrain,Froute : Fichier_text;
I,J,Fiche,Nbs,Pce,CU1,CU2,nbp : Integer;
NomFichier,Nom,NFS,NRS,NTS,NDS,Elt,NFT,ndp : String[30];
Suite,IMP,Quest,MODE,OPTION : Char;
PS1,PS2,RCC,Asp1,Asp2,Licc,Ncc,Rayon : Array [1..Nsmax] of Integer;
dx,dy,Gpre,angle,abscisse,ordonnee,Chpi,Aad : Array [1..Nsmax] of Real;
Dhpar,dh,fx,fy,fa,fr,el,pa,R,PAS,CUM,Ept,Npt,Tet : Real;
Longsp,Angsp,Lisp,Xsc,Ysc,p,q : Array [1..2,1..Nsmax] of Real;
Cft,TL,TC,TS,Corde,L : Array [1..2,1..Nsmax] of Real;
MatA : Array [1..4,1..5] of Real;
Para : Array [1..4] of Real;
Eabc,Nord,Etsp,Ntsp,Espc,Nspc,Ecsp,Ncsp,Csom : Array [1..Nsmax] of Real;
Espt,Nspt,Xspc,Yspc,Pente1,Pente2,Angcc : Array [1..Nsmax] of Real;
Longcc,Xtsp,Ytsp,Xspt,Yspt,Xcsp,Ycsp : Array [1..Nsmax] of Real;
FactA,FactB,FactE,FactN : Array [1..Nsmax,1..3] of Real;
NP,NTR,NF,LECT : String[20];
NL2,PR1 : Integer;
CD,CF : Real;
```

{#i a:taw2pfe}

{#i a:taw3pfe}

```

PROCEDURE Initialiser_fichiers_polygonation;
BEGIN
clrscr;
Write ('Fichier donnees de base : ');
Readln (NomFichier);
Assign (FichierDbase,NomFichier);
Rewrite (FichierDbase);
WITH FicheDbase DO
BEGIN
ns := 0;
xydep[1] := 0;
xydep[2] := 0;
xyarr[1] := 0;
xyarr[2] := 0;
pl := 0;
Gdep := 0;
Garr := 0;
END;{ with }
Close (FichierDbase);
ClrScr;
Write ('Fichier de mesures : ');
Readln (NomFichier);
Assign (FichierMesures,NomFichier);
Rewrite (FichierMesures);
WITH FicheMesures DO
BEGIN
Anghor := 0;
Disthor :=0;
For I := 1 TO Nsmax DO
BEGIN
Npt := I;
Write (FichierMesures,FicheMesures);
END;{ for }
END;{ with }
Close (FichierMesures);
ClrScr;
Write ('Fichier de resultats : ');
Readln (NomFichier);
Assign (FichierRpolygone,NomFichier);
Rewrite (FichierRpolygone);
WITH FicheRpolygone DO
BEGIN
Gpoint := 0;
xypoint[1] := 0;
xypoint[2] := 0;
FOR I := 1 TO Nsmax DO
BEGIN
Npoint := I;
Write (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
END;{ for }
END;{ with }
Close (FichierRpolygone);
END;{ Initialiser_fichiers_polygonation }

```

```

PROCEDURE Modifier_donnees_polygonation;
BEGIN
Write ('FICHER DONNEES DE BASE : ');
Readln (NomFichier);
Assign (FichierDbase,NomFichier);
Reset (FichierDbase);
ClrScr;
WITH FicheDbase DO
BEGIN
  Writeln ('Nombre de sommets inscrit dans la fiche : ',ns);
  Write ('Entrer le nombre de sommets : ');
  Readln (ns);
  Writeln ('Coordonnees de depart dans la fiche : ',xydep[1]:10:3,
',xydep[2]:10:3);
  Write ('Entrer les coordonnees de depart : ');
  Readln (xydep[1],xydep[2]);
  Writeln ('coordonnees darrivee dans la fiche : ',xyarr[1]:10:3,
',xyarr[2]:10:3);
  Write ('Entrer les coordonnees darrivee : ');
  Readln (xyarr[1],xyarr[2]);
  Writeln ('gisement de depart dans la fiche : ',Gdep:10:4);
  Write ('Entrer le gisement de depart : ');
  Readln (Gdep);
  Writeln ('gisement darrivee dans la fiche : ',Garr:10:4);
  Write ('Entrer le gisement darrivee : ');
  Readln (Garr);
  Writeln ('Precision lineaire exigee : (1/L : L = ?) ',pl:8);
  Write ('Entrer la precision lineaire exigee : ');
  Readln (pl);
  nbs := ns;
  Str(nbs,nds);
END; {with }
Write (FichierDbase,FicheDbase);
ClrScr;
Close (FichierDbase);
Write ('Fichier DE MESURES : ');
Readln (NomFichier);
Assign (FichierMesures,NomFichier);
Reset (FichierMesures);
Write ('Entrer le numero du point (0=fin) : ');
Readln (Fiche);
WHILE Fiche IN [1..nbs] DO
BEGIN
  Seek (FichierMesures,Fiche-1);
  Read (FichierMesures,FicheMesures);
  WITH FicheMesures DO
  BEGIN
    Writeln ('Angle inscrit dans la fiche : ',Anghor:10:4);
    Write ('Entrer langle mesure : ');
    Readln (Anghor);
    Writeln ('Distance inscrite dans la fiche : ',Disthor:10:3);
    Write ('Entrer la distance mesuree : ');
    Readln (Disthor);
    NPT := Fiche;
  
```



```
END;{ with }
Seek (FichierMesures,Fiche-1);
Write (FichierMesures,FicheMesures);
ClrScr;
Write ('Entrer le numero du sommet (0=fin) :');
Readln (Fiche);
END;{ while }
Close (FichierMesures);
END;{ Modifier_donnees_et_mesures }
```

```

PROCEDURE Specifications; {pa en milligrades , el en milligrades }
BEGIN
pa := ARCTAN(1/FicheDbase.pl)*200000/3.1416;
el := pa-5/3.24;
IF el >= 30/3.24 THEN Writeln ('Lecture en cercle a gauche sur T1,T2,ouT16 ')
else
BEGIN
  IF el >= 6/3.24 THEN Writeln ('Lecture CD_CG T16 ')
  else
  BEGIN
    IF el >= 3/3.24 THEN Writeln ('Lecture CD_CG T1 ')
    else
    BEGIN
      IF el >= 0.5/3.24 THEN Writeln ('Lecture CD_CG T2 ')
      else Writeln ('Utiliser un appareil de haute precision ');
    END; { el<3 }
  END; { el<6 }
END; { el<30 }
END; {Specifications}

```

```

PROCEDURE Calcul_polygonation;
BEGIN
Reset (FichierDbase);
Reset (FichierMesures);
Write ('FICHER DE RESULTATS : ');
Readln (NomFichier);
Assign (FichierRpolygone,NomFichier);
Reset (FichierRpolygone);
With FicheDbase DO
BEGIN
Fiche := 1;
Seek (FichierMesures,Fiche-1);
Read (FichierMesures,FicheMesures);
With FicheMesures DO
angle[1] := Anghor;
Gpre[1] := ABS(Gdep+angle[1]-200);
Writeln (Gpre[1]:8:4);
FOR I := 2 TO nbs DO
BEGIN
Fiche := I;
Seek (FichierMesures,Fiche-1);
Read (FichierMesures,FicheMesures);
With FicheMesures DO
angle[I] := Anghor;
Gpre[I] := Gpre[I-1] + angle[I];
IF Gpre[I] >= 200 THEN Gpre[I] := Gpre[I] - 200
else Gpre[I] := Gpre[I] + 200;
Writeln (Gpre[I]:8:4);
END;{ for }
fa := (Gpre[ns] -Garr)*1000;
Writeln;Writeln;
Writeln (fa:8:4,' ',pa:8:4);
IF ABS(fa) > ABS(pa) THEN Writeln ('Reprendre les mesures :precisi
insuffisante ')
else
BEGIN
dh := 0;
J := 1;
FOR I := 1 TO nbs DO
BEGIN
Fiche := I;
Seek (FichierMesures,Fiche-1);
Read (FichierMesures,FicheMesures);
With FicheMesures,FicheRpolygone DO
BEGIN
dh := Disthor + dh;
Gpoint := Gpre[I]-fa*I/(ns*1000);
Write (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
END;(*with*)
J := J+1;
END;{ for }
dx[1] := 0;

```

```

dy[1] := 0;
FOR J := 1 TO nbs DO
BEGIN
  Fiche := J;
  Seek (FichierRpolygone,Fiche-1);
  Read (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
  Seek (FichierMesures,Fiche-1);
  Read (FichierMesures,FicheMesures);
  With FicheMesures,FicheRpolygone DO
  BEGIN
    dx[J+1] := Disthor*SIN(Gpoint*0.01571);
    dy[J+1] := Disthor*COS(Gpoint*0.01571);
    Writeln (Gpoint:10:4,' ',dx[J+1]:10:4,' ',dy[J+1]:10:4);
  END; {with}
END; {for}
fx := Xyarr[1]-Xydep[1];
fy := Xyarr[2]-Xydep[2];
FOR I := 1 TO nbs DO
BEGIN
  fx := fx - dx[I+1];
  fy := fy - dy[I+1];
END; { for }
Writeln (fx:10:4,' ',fy:10:4);
fr := sqrt(sqr(fx)+sqr(fy))/dh;
Writeln;
Writeln (fr:10:4,' ',dh/pl:10:4);
IF fr > dh/pl THEN Writeln ('Mesures imprecises : a reprendre :')
else
BEGIN
  Dhpar := 0;
  J := 2;
  FOR I :=1 TO nbs DO
  BEGIN
    Fiche := I;
    Seek (FichierMesures,Fiche-1);
    Read (FichierMesures,FicheMesures);
    With FicheMesures DO
      Dhpar := Dhpar + Disthor;
    J := J+1;
  END; { for }
  Close (FichierRpolygone);
  Reset (FichierRpolygone);
  With FicheRpolygone DO
  BEGIN
    Npoint := 1;
    Xypoint[1] := xydep[1];
    Xypoint[2] := xydep[2];
    Gpoint := Gpre[1]-fa/(nbs*1000);
    Write (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
    abcisse[1] := Xypoint[1];
    ordonnee[1] := Xypoint[2];
  END; {with}
  FOR I := 2 to nbs do

```

```

BEGIN
  abcisse[I] := abcisse[I-1] + dx[I] - fx*Dhpar/dh;
  ordonnee[I] := ordonnee[I-1] + dy[I] - fy*Dhpar/dh;
  Fiche := I;
  With FicheRpolygone DO
  BEGIN
    Npoint := Fiche;
    Xypoint[1] := abcisse[I];
    Xypoint[2] := ordonnee[I];
    Gpoint := Gpre[I]-fa*I/(nbs*1000);
    Write (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
  END;{with}
  END;{for}
  END;{ if fr<=pl }
  END;{ if fa<=pa }
  END;{ with }
  Close (FichierRpolygone);
  Close (FichierMesures);
  Close (FichierDbase);
  END;{ Calcul_polygonaion }

```

```

PROCEDURE Afficher_fichier_polygonaion;
BEGIN
  Reset (FichierRpolygone);
  FOR I := 1 TO nbs DO
  BEGIN
    Fiche := I;
    Seek (FichierRpolygone,Fiche-1);
    Read (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
    With FicheRpolygone DO
      Writeln ('POINT : ',I:3,' G = ',Gpoint:8:4,' X = ',xypoint[1]:9:2,' Y
',xypoint[2]:8:2);
    END;{ for }
  Close (FichierRpolygone);
END;{ Afficher_fichier_polygonaion }

```

```

PROCEDURE Impression_polygonation;
Begin
clrscr;
Reset (FichierRpolygone);
Writeln (lst,' pa = ',pa:10:4,' **** fa = ',fa:10:4);
Writeln (lst,' fx = ',fx:10:4,' **** fy = ',fy:10:4);
FOR I := 1 TO nbs DO
Writeln ('point = ',I:3,' **** dx = ',dx[I]:10:4,' **** dy
',dy[I]:10:4);
Writeln;Writeln;
FOR I := 1 TO nbs DO
BEGIN
With FicheRpolygone DO
BEGIN
Read (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
Write (lst,' Pt : ',I:3);
Write (lst,' G = ',Gpoint:8:4);
Write (lst,' X = ',Xypoint[1]:9:2);
Writeln (lst,' Y = ',Xypoint[2]:8:2);
END;{with}
END;{for}
Close (FichierRpolygone);
Writeln (lst); Writeln (lst);
Reset (FichierSortie);
Reset (FichierRpolygone);
Writeln (lst,'**PT** *****X***** *****Y***** **PS1** **R** **PS2** ');
For I := 1 to nbs do
begin
Read (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
With FicheRpolygone do
Begin
Readln (FichierSortie);
Writeln (lst,I:3,' ',Xypoint[1]:9:2,' ',Xypoint[2]:8:2,'
',PS1[I]:5,' ',RCC[I]:5,' ',PS2[I]:5);
End;{with}
END;{for}
Close (FichierRpolygone);
Close (FichierSortie);
END;{procedure impression_polygonation}

```

```

PROCEDURE Transfert_de_fichier;
BEGIN
  NFS := 'b:' + Nom + nds + '.DON';
  NRS := 'b:' + Nom + nds + '.RES';
  Assign (FichierSortie,NFS);
  Rewrite (FichierSortie);
  Reset (FichierRpolygone);
  FOR I := 1 TO nbs DO
  Begin
    Writeln ('*****');
    Write ('Parametre spirale entree sommet ',I:3,' ? ');
    Readln (PS1[I]);
    Asp1[I] := PS1[I];
    Write ('Rayon courbe circulaire sommet ',I:3,' ? ');
    Readln (RCC[I]);
    Rayon[I] := RCC[I];
    Write ('parametre spirale sortie sommet ',I:3,' ? ');
    Readln (PS2[I]);
    Asp2[I] := PS2[I];
    Read (FichierRpolygone,FicheRpolygone);
    With FicheRpolygone do
    begin
      Eabc[I] := Xypoint[1];
      Nord[I] := Xypoint[2];
      W r i t e l n
(FichierSortie,I:3,Xypoint[1]:8:2,Xypoint[2]:7:2,PS1[I]:5,RCC[I]:5,PS2[I]:5);
      end;{with}
    END;{for}
  Close (FichierRpolygone);
  Close (FichierSortie);
  END;{Procedure transfert_de_fichier}

```



```
PROCEDURE Initialiser_fichier_terrain;
```

```
BEGIN
```

```
  Write ('Nom du projet : ');  
  Readln (NP);  
  Write ('Nom du tronçon : ');  
  Readln (NTR);  
  Write ('Nom du fichier : xxx.ter : ');  
  Readln (NF);  
  Write ('Lecteur A/B : ');  
  Readln (LECT);  
  Write ('Nombre de points : ');  
  Readln (NL2);  
  Write ('Numero du 1xprofil : ');  
  Readln (PR1);  
  Write ('Cumulee du 1xprofil : ');  
  Readln (CD);  
  Write ('Cumulee du 2xprofil : ');  
  Readln (CF);  
  NFT := 'B:' + NP + '.DAT';  
  Assign (FichierMterrain,NFT);  
  Rewrite (FichierMterrain);  
  WITH FichierMterrain DO
```

```
  BEGIN
```

```
    Xyter[1] := 0;
```

```
    Xyter[2] := 0;
```

```
    For I := 1 TO Nsmx DO
```

```
      BEGIN
```

```
        Npt := I;
```

```
        Write (FichierMterrain,FichierMterrain);
```

```
      END; { for }
```

```
  END; { with }
```

```
  Close (FichierMterrain);
```

```
END; {Initialiser_fichier_terrain}
```

```

PROCEDURE Modifier_fichier_terrain;
BEGIN
Assign (FichierMterrain,NFT);
Reset (FichierMterrain);
Write ('Entrer le numero du point (0=fin) : ');
Readln (Fiche);
WHILE Fiche IN [1..NL2] DO
BEGIN
Seek (FichierMterrain,Fiche-1);
Read (FichierMterrain,FicheMterrain);
WITH FicheMterrain DO
BEGIN
Writeln ('Cumulee : ',Xyter[1]:9:3,' **** Elevation : ',Xyter[2]:6:2);
Write ('Voulez_vous modifier ? : ');
Readln (MODE);
If (mode = 'o') OR (mode = 'O') THEN
Begin
Write ('Entrer les coordonnees : ');
Readln (Xyter[1],Xyter[2]);
NPT := Fiche;
Seek (FichierMterrain,Fiche-1);
Write (FichierMterrain,FicheMterrain);
end;{if}
end;{with}
Write ('Entrer le numero du sommet (0=fin) : ');
Readln (Fiche);
END;{ while }
Close (FichierMterrain);
END;{ Modifier_fichier_terrain }

```

```

PROCEDURE Transfert_fichier_terrain;
BEGIN
  NTS := 'b:' + NF + '.TER';
  Assign (Fterrain,NTS);
  Rewrite (Fterrain);
  Writeln (Fterrain,' Nom du projet           :      ',NF);
  Writeln (Fterrain,' Nom du tron/on          :      ',NTR);
  Writeln (Fterrain,' Nom du fichier           :      ',NF);
  Writeln (Fterrain,' Lecteur                   :      ',LECT);
  Writeln (Fterrain,' Nombre de points         :      ',NL2);
  Writeln (Fterrain,' Numero du 1xprofil       :      ',PR1);
  Writeln (Fterrain,' Cumulee du 1xprofil      :      ',CD);
  Writeln (Fterrain,' Cumulee du 2xprofil      :      ',CF);
  Reset (FichierMterrain);
  FOR I := 1 TO NL2 DO
  Begin
    Read (FichierMterrain,FicheMterrain);
    With FicheMterrain do
      Writeln (Fterrain,I:4,Xyter[1]:9:2,Xyter[2]:7:2);
    END;{for}
  Close (FichierMterrain);
  Close (Fterrain);
END;{Procedure transfert_fichier_terrain}

```

```

PROCEDURE Impression_fichier_terrain;
BEGIN
  Writeln (1st); Writeln (1st);
  Reset (Fterrain);
  Reset (FichierMterrain);
  Writeln (1st,' NOM DU FICHIER :          ',LECT,' : ',NF);
  Writeln (1st);
  W      r      i      t      e      l      n      (      l      s      t      ,
-----');
  Writeln (1st,' F I C H I E R   T E R R A I N ');
  Writeln (1st);
  Writeln (1st,' Nom du projet           :          ',NF);
  Writeln (1st,' Nom du tron/on           :          ',NTR);
  Writeln (1st,' Nom du fichier            :          ',NF);
  Writeln (1st,' Lecteur                     :          ',LECT);
  Writeln (1st,' Nombre de points           :          ',NL2);
  Writeln (1st,' Numero du 1xprofil          :          ',PR1);
  Writeln (1st,' Cumulee du 1xprofil         :          ',CD);
  Writeln (1st,' Cumulee du 2xprofil         :          ',CF);
  W      r      i      t      e      l      n      (      l      s      t      ,
-----');
  Writeln (1st,'      NUMERO PROFIL          CUMULEE          COTE
');
  W      r      i      t      e      l      n      (      l      s      t      ,
-----');
  For I := 1 to NL2 do
  begin
    Read (FichierMterrain,FicheMterrain);
    With FicheMterrain do
    Begin
      Readln (Fterrain);
      Writeln (1st,'          ',I:4,'          ',Xyter[1]:9:2,'
',Xyter[2]:7:2);
      End;{with}
    END;{for}
    Writeln (1st);
    Writeln (1st);
    W      r      i      t      e      l      n      (      l      s      t      ,
-----');
  Close (FichierMterrain);
  Close (Fterrain);
END;{procedure impression_fichier_terrain}

```

```

PROCEDURE Initialiser_fichier_route;
BEGIN
  Write ('Nom du projet : ');
  Readln (NP);
  Write ('Nom du tron/on : ');
  Readln (NTR);
  Write ('Nom du fichier : ');
  Readln (NF);
  Write ('Nombre de points : ');
  Readln (NL2);
  Write ('Nombre de droites : ');
  Readln (PR1);
  NFT := 'B:' + NP + '.DRO';
  Assign (FichierMroute,NFT);
  Rewrite (FichierMroute);
  WITH FicheMroute DO
  BEGIN
    Xyrte[1] := 0;
    Xyrte[2] := 0;
    Pos := '';
    For I := 1 TO Nsmx DO
    BEGIN
      Nupr := I;
      Write (FichierMroute,FicheMroute);
    END;{ for }
  END;{ with }
  Close (FichierMroute);
END;{Initialiser_fichier_route}

```

```

PROCEDURE Modifier_fichier_route;
BEGIN
Assign (FichierMroute,NFT);
Reset (FichierMroute);
Write ('Entrer le numero du point (0=fin) : ');
Readln (Fiche);
WHILE Fiche IN [1..NL2] DO
BEGIN
  Seek (FichierMroute,Fiche-1);
  Read (FichierMroute,FicheMroute);
  WITH FicheMroute DO
  BEGIN
    Writeln ('Cumulee : ',Xyrte[1]:9:3,' **** Elevation : ',Xyrte[2]:6:2
    ***Position : ',Pos);
    Write ('Voulez_vous modifier ? : ');
    Readln (MODE);
    If (mode = 'o') OR (mode = 'O') THEN
    Begin
      Write ('Entrer les coordonnees puis la position : ');
      Readln (Xyrte[1],Xyrte[2],Pos);
      Nupr := Fiche;
      Seek (FichierMroute,Fiche-1);
      Write (FichierMroute,FicheMroute);
    end;(if)
  end;(with)
  Write ('Entrer le numero du sommet (0=fin) : ');
  Readln (Fiche);
END;( while )
Close (FichierMroute);
END;( Modifier_Fichier_route )

```

```

PROCEDURE Transfert_fichier_route;
BEGIN
  NTS := 'b:' + NF + '.COT';
  Assign (Froute,NTS);
  Rewrite (Froute);
  Writeln (Froute,' Nom du fichier           :      ',NF);
  Writeln (Froute,' Nom du projet           :      ',NP);
  Writeln (Froute,' Nom du tronçon           :      ',NTR);
  Writeln (Froute,' Nombre de droites       :      ',PR1);
  Writeln (Froute,' Nombre de points       :      ',NL2);
  Reset (FichierMroute);
  FOR I := 1 TO NL2 DO
  Begin
    Read (FichierMroute,FicheMroute);
    With FicheMroute do
      Writeln (Froute,I:4,Xyrte[1]:9:2,Xyrte[2]:9:2,Pos);
    END;{for}
  Close (FichierMroute);
  Close (Froute);
END;{Procedure transfert_fichier_route}

```

```

PROCEDURE Impression_fichier_route;
BEGIN
  Writeln (1st); Writeln (1st);
  Reset (Froute);
  Reset (FichierMroute);
  Writeln (1st,' NOM DU FICHIER :          b:',NF);
  Writeln (1st);
  W      r      i      t      e      l      n(      l      s      t      ,
----- ');
  Writeln (1st,' F I C H I E R   R O U T E   ');
  Writeln (1st);
  Writeln (1st,' Nom du fichier          :          ',NF);
  Writeln (1st,' Nom du projet           :          ',NP);
  Writeln (1st,' Nom du tron/on            :          ',NTR);
  Writeln (1st,' Nombre de droites          :          ',PR1);
  Writeln (1st,' Nombre de points           :          ',NL2);
  Writeln (1st);
  Writeln (1st);
  W      r      i      t      e      l      n(      l      s      t      ,
----- ');
  Writeln (1st,'   NUMERO PROFIL           CUMULEE           COTE           POSITI
');
  W      r      i      t      e      l      n(      l      s      t      ,
----- ');
  For I := 1 to NL2 do
  begin
    Read (FichierMroute,FicheMroute);
    With FicheMroute do
    Begin
      Readln (Froute);
      Writeln (1st,'          ',I:4,'          ',Xyrte[1]:9:2,'
',Xyrte[2]:9:2,'          ',Pos);
      End;{with}
    END;{for}
  W      r      i      t      e      l      n(      l      s      t      ,
----- ');
  Close (FichierMroute);
  Close (Froute);
END;{procedure impression_fichier_route}

```



```

PROCEDURE Lire_donnees_courbe_horizontale;

VAR
  I : Integer;
  Apr1, Apr2 : Array [1..Nsmax] of Real;

BEGIN
  ClrScr;
  Write ('ENTRER LE CHAINAGE DE DEPART : ');
  Readln (Chpi[1]);
  FOR I := 1 TO Nbs DO
  Begin
    Writeln ('**', Eabc[I]:9:2, '***', Nord[I]:9:2);
    Writeln ('Pas sur courbe circulaire ? ');
    Readln (Licc[I]);
  end; {for}
  FOR I := 2 TO Nbs-1 DO
  Begin
    If Nord[I] = Nord[I-1] then APR1[I] := 1.5708
    ELSE APR1[I] := ArcTan(ABS((Eabc[I]-Eabc[I-1])/(Nord[I]-Nord[I-1])));
    If Nord[I] = Nord[I+1] then APR2[I] := 1.5708
    ELSE APR2[I] := ArcTan(ABS((Eabc[I]-Eabc[I+1])/(Nord[I]-Nord[I+1])));
    Aad[I] := APR1[I] + APR2[I];
    Chpi[I] := Chpi[I-1] + (Eabc[I] - Eabc[I-1])/sin(APR1[I]);
    Writeln ('*****');
    Writeln;
    Writeln (Chpi[I]:6);
  end; {for}
  Chpi[Nbs] := Chpi[Nbs-1] + (Eabc[Nbs]-Eabc[Nbs-1])/SIN(APR2[Nbs-1]);
  Writeln (Chpi[Nbs]:6);
END; {Lire_donnees_courbe_horizontale}

```

```
PROCEDURE Calcul_element_de_base;
```

```
VAR
```

```
  I,J : Integer;  
  L1,L2 : Real;
```

```
BEGIN
```

```
  ClrScr;
```

```
  for J := 2 to Nbs-1 do
```

```
  begin
```

```
    R := Rayon[J];
```

```
    Longsp[1,J] := Asp1[J]/R;
```

```
    Longsp[2,J] := Asp2[J]/R;
```

```
    FOR I := 1 TO 2 DO
```

```
    BEGIN
```

```
      L[I,J] := Longsp[I,J];
```

```
      Angsp[I,J] := L[I,J]/(2*R);
```

```
      Lisp[I,J] := L[I,J]/10;
```

```
      L1 := Longsp[I,J];
```

```
      L2 := sqr(Longsp[I,J]);
```

```
      Xsc[I,J] := L1-L1*L2/(40*sqr(R));
```

```
      Ysc[I,J] := L2/(6*R)-sqr(L2)/(336*R*sqr(R));
```

```
      p[I,J] := Ysc[I,J]-R*(1-COS(Angsp[I,J]));
```

```
      q[I,J] := Xsc[I,J]-R*SIN(Angsp[I,J]);
```

```
      Cft[I,J] := (R+p[I,J])/COS(Aad[J]*3.1416/360)-R;
```

```
      (R+p[I,J])*SIN(Aad[J]*3.1416/360)/COS(Aad[J]*3.1416/360)+q[I,J];
```

```
      TL[I,J] := Xsc[I,J]-Ysc[I,J]/(SIN(Angsp[I,J])/COS(Angsp[I,J]));
```

```
      TC[I,J] := Ysc[I,J]/SIN(Angsp[I,J]);
```

```
      Corde[I,J] := SQRT(sqr(Xsc[I,J])+sqr(Ysc[I,J]));
```

```
    END; {FOR}
```

```
    Angcc[J] := Aad[J]-Angsp[1,J]*180/3.1416-Angsp[2,J]*180/3.1416;
```

```
    Longcc[J] := 3.1416*R*Angcc[J]/180;
```

```
    IF TRUNC(Longcc[J]/Licc[J]) = Longcc[J]/Licc[J] THEN
```

```
      Ncc[J] := TRUNC(Longcc[J]/Licc[J])
```

```
    ELSE
```

```
      Ncc[J] := TRUNC(Longcc[J]/Licc[J])+2;
```

```
    IF Ncc[J] <= 2 then Ncc[J] := 1;
```

```
  End; {for}
```

```
END; {PROCEDURE calcul_element_de_base}
```

```
PROCEDURE calcul_courbe_horizontale;
```

```
VAR
```

```
  I,K : Integer;  
  L11,L12,L21,L22 : Real;
```

```
begin
```

```
  Write ('Fichier de resultats courbe horizontale : ');  
  Readln (NomFichier);  
  Assign (FichierResch,NomFichier);  
  Rewrite (FichierResch);  
  FOR I := 2 TO 10 DO  
    BEGIN  
      With FicheResch DO  
        BEGIN  
          Position := 'A1';  
          Nptch := I;  
          L11 := (I-1)*Lisp[1,J];  
          L12 := sqr((I-1)*Lisp[1,J]);  
          Xych[1] := L11-L11*sqr(L12)/(40*sqr(R)*sqr(L[1,J]));  
          Xych[2] := L11*L12/(6*R*L[1,J])-L11*L12*sqr(L12)/(336*R*sqr(R)*L[1,J]*sqr(L[1,J]));  
          Aich := Arctan(Xych[2]/Xych[1])*180/3.1416;  
        end; {with}  
        Write (FichierResch,FicheResch);  
      END; {FOR}  
      IF Longcc[J]/Licc[J] = TRUNC(Longcc[J]/Licc[J]) THEN  
        BEGIN  
          FOR I:= 11 TO 10+Ncc[J] DO  
            BEGIN  
              With ficheResch do  
                begin  
                  Position := 'R';  
                  Nptch := I;  
                  Aich := 180*Licc[J]*(I-10)/(3.1416*R);  
                  Xych[1] := R*SIN(Aich*3.1416/180);  
                  Xych[2] := R*(1-COS(Aich*3.1416/180));  
                End; {with}  
                Write (FichierResch,FicheResch);  
              END; (*FOR*)  
            END(*IF*)  
          ELSE  
            BEGIN  
              With FicheResch do  
                Begin  
                  Position := 'A1..R';  
                  Nptch := 11;  
                  Aich := Angcc[J]/(2*(Ncc[J]-2));  
                  Xych[1] := R*SIN(Aich*3.1416/180);  
                  Xych[2] := R*(1-COS(Aich*3.1416/180));  
                End; {with}  
                Write (FichierResch,FicheResch);  
              FOR I := 12 TO Ncc[J]+9 DO
```

```

BEGIN
  With FicheResch do
  Begin
    Position := 'R';
    Nptch := I;
    Aich := 180*Licc[J]*(I-11)/(3.1416*R)+Angcc[J]/(2*(Ncc[J]-2));
    Xych[1] := R*SIN(Aich*3.1416/180);
    Xych[2] := R*(1-COS(Aich*3.1416/180));
  end; {with}
  Write (FichierResch,FicheResch);
END; (*FOR*)
With ficheResch do
begin
  Position := 'R..A2';
  Nptch := 10+Ncc[J];
  Aich :=Angcc[J]-Angcc[J]/(2*(Ncc[J]-2));
  Xych[1] := R*SIN(Aich*3.1416/180);
  Xych[2] := R*(1-COS(Aich*3.1416/180));
end; {with}
Write (FichierResch,FicheResch);
END; (*ELSE*)
FOR I := 11+Ncc[J] TO 19+Ncc[J] DO
BEGIN
  K := I-Ncc[J]-10;
  L21 := L[2,J]-K*Lisp[2,J];
  L22 := sqr(L[2,J]-K*Lisp[2,J]);
  With FicheResch do
  Begin
    Position := 'A2';
    Nptch := I;
    Xych[1] := L21-L21*sqr(L22)/(40*sqr(R)*sqr(L[2,J]));
    X y c h [ 2 ]
    L21*L22/(6*R*L[2,J])-L21*L22*sqr(L22)/(336*R*sqr(R)*L[2,J]*sqr(L[2,J]));
    Aich := Arctan(Xych[2]/Xych[1])*180/3.1416;
  End; {with}
  Write (FichierResch,FicheResch);
END; {for}
CLOSE (FichierResch);
END; {procedure calcul_courbe_horizontale}

```

```

PROCEDURE Afficher_Fichier_Courbe_Horizontale;

VAR
  I : Integer;

BEGIN
  ClrScr;
  Reset (FichierResch);
  Write ('** COURBE **      ** N°POINT **      ** ABCISSE **      ** ORDONNEE **
** ANGLE **');
  While not EOF(FichierResch) DO
    BEGIN
      Read (FichierResch,FicheResch);
      With FicheResch DO
        Writeln (Position:12,Nptch:4,Xych[1]:14:4,Xych[2]:14:4,Aich:10:4);
    END; {While}
  CLOSE (FichierResch);
END; {procedure Afficher_fichier_courbe_horizontale}

```

```
PROCEDURE Transformation_lineaire;
```

```
VAR
```

```
  I,K,KK,JJ,NN,REP,M,V,H : Integer;  
  T,SOM : Real;
```

```
BEGIN
```

```
  ClrScr;
```

```
  Reset (FichierSortie);
```

```
  For I := 2 to Nbs-1 do
```

```
  Begin
```

```
    If Nord[I]>Nord[I-1] then
```

```
      Pente1[I] := ArcTan((Nord[I-1]-Nord[I])/(Eabc[I-1]-Eabc[I]))
```

```
      E l s e P e n t e 1 [ I ] := 3 . 1 4 1 6 -
```

```
ABS(ArcTan((Nord[I-1]-Nord[I])/(Eabc[I-1]-Eabc[I])));
```

```
    If Nord[I+1]>Nord[I] then
```

```
      Pente2[I] := ArcTan((Nord[I+1]-Nord[I])/(Eabc[I+1]-Eabc[I]))
```

```
      E L S E P e n t e 2 [ I ] := 3 . 1 4 1 6 -
```

```
ABS(ArcTan((Nord[I+1]-Nord[I])/(Eabc[I+1]-Eabc[I])));
```

```
    Etsp[I] := COS(Pente1[I])*(Chpi[I]-TS[1,I])+Eabc[I-1];
```

```
    Ntsp[I] := SIN(Pente1[I])*(Chpi[I]-TS[1,I])+Nord[I-1];
```

```
    Espt[I] := -COS(Pente2[I])*(Chpi[I]+TS[2,I])+Eabc[I+1];
```

```
    Nspt[I] := SIN(Pente2[I])*(Chpi[I]+TS[2,I])+Nord[I+1];
```

```
    Espc[I] := Xsc[1,I]*COS(Pente1[I])+Eabc[I-1];
```

```
    Nspc[I] := Ysc[1,I]*SIN(Pente1[I])+Nord[I-1];
```

```
    Ecsp[I] := -Xsc[2,I]*COS(Pente2[I])+Eabc[I+1];
```

```
    Ncsp[I] := Ysc[2,I]*SIN(Pente2[I])+Nord[I+1];
```

```
    Xtsp[I] := 0;
```

```
    Ytsp[I] := 0;
```

```
    Xspt[I] := 0;
```

```
    Yspt[I] := 0;
```

```
    Xspc[I] := Xsc[1,I];
```

```
    Yspc[I] := Ysc[1,I];
```

```
    Xcsp[I] := Xsc[2,I];
```

```
    Ycsp[I] := Ysc[2,I];
```

```
  FOR K := 1 TO 4 DO
```

```
  Begin
```

```
    FOR H := 1 TO 5 DO
```

```
      MatA[K,H] := 0;
```

```
  End; {for}
```

```
  MatA[1,3] := 1; MatA[2,4] := 1; MatA[3,3] := 1; MatA[4,4] := 1;
```

```
  For V := 1 to 3 do
```

```
  begin
```

```
    REP := V;
```

```
    IF REP = 1 THEN
```

```
    BEGIN
```

```
      MatA[1,5] := Etsp[I]; MatA[2,5] := Ntsp[I];
```

```
      MatA[3,5] := Espc[I]; MatA[4,5] := Nspc[I];
```

```
      MatA[3,1] := Xspc[I]; MatA[3,2] := -Yspc[I];
```

```
      MatA[4,1] := Yspc[I]; MatA[4,2] := Xcsp[I];
```

```
    End; {IF rep = 1 }
```

```
    IF REP = 2 THEN
```

```
    BEGIN
```

```
      MatA[1,5] := Espc[I]; MatA[2,5] := Nspc[I];
```

```

    MatA[3,5] := Ecsp[I]; MatA[4,5] := Ncsp[I];
    MatA[3,1] := Xcsp[I]; MatA[3,2] := -Ycsp[I];
    MatA[4,1] := Ycsp[I]; MatA[4,2] := Xcsp[I];
End; {IF rep = 2 }
IF REP = 3 THEN
BEGIN
    MatA[1,5] := Espt[I]; MatA[2,5] := Nspt[I];
    MatA[3,5] := Ecsp[I]; MatA[4,5] := Ncsp[I];
    MatA[3,1] := Xcsp[I]; MatA[3,2] := -Ycsp[I];
    MatA[4,1] := Ycsp[I]; MatA[4,2] := Xcsp[I];
End; {IF rep = 3 }
for K := 1 to 4 do
Begin
    H := K;
    for KK := k+1 to 4 do
    If ABS(MatA[H,K]) < ABS(MatA[KK,K]) THEN H := KK;
    for KK := 1 to 5 do
    Begin
        If H <> K then
        Begin
            T := MatA[H,K];
            MatA[H,K] := MatA[KK,K];
            MatA[KK,K] := T;
        End; {IF}
    End; {for}
    for H := K+1 to 4 do
    begin
        for KK := 1 to 5 do
            MatA[H,KK] := MatA[H,KK] - MatA[H,K]*MatA[KK,K]/MatA[KK,K];
        End; {for}
    End; {for}
End; {for}
Para[4] := MatA[4,5]/MatA[4,4];
For H := 1 to 3 do
Begin
    K := 4-H;
    SOM := 0;
    NN := 4-K;
    for JJ := 1 to NN do
    begin
        M := K+JJ;
        SOM := SOM + MatA[KK,M]*Para[M];
    end; {for}
    Para[K] := (MatA[KK,5]-SOM)/MatA[KK,K];
end; {for}
FactA[I,V] := Para[1];
FactB[I,V] := Para[2];
FactE[I,V] := Para[3];
FactN[I,V] := Para[4];
end; {for}
end; {for}
Close (fichierSortie);
END; {procedure transformation_lineaire}

```

```
PROCEDURE Calcul_fichier_resultats;
```

```
VAR
```

```
  I,W : Integer;  
  Emin,Emax,Nmin,Nmax,Ech : Real;
```

```
BEGIN
```

```
  Write ('ENTRER LE PAS SUR LIGNE DROITE : ');
```

```
  Readln (PAS);
```

```
  If J = 2 THEN
```

```
  begin
```

```
    Cum := Chpi[1];
```

```
    CU1 := Trunc(Cum);
```

```
    CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
```

```
    Tet := Pentel[2]*180/3.1416;
```

```
    Pce := 0;
```

```
    Elt := 'DR.  ';
```

```
    For W := 2 to Nbs do
```

```
    begin
```

```
      If Eabc[W] < Eabc[W-1] Then Emin := Eabc[W] Else Emin := Eabc[W-1];
```

```
      If Eabc[W] > Eabc[W-1] Then Emax := Eabc[W] Else Emax := Eabc[W-1];
```

```
      If Nord[W] < Nord[W-1] Then Nmin := Nord[W] Else Nmin := Nord[W-1];
```

```
      If Nord[W] > Nord[W-1] Then Nmax := Nord[W] Else Nmax := Nord[W-1];
```

```
    end; {for}
```

```
    If (Nmax-Nmin) > (Emax-Emin) then Ech := (Nmax-Nmin)/0.09  
      else Ech := (Emax-Emin)/0.18;
```

```
    Writeln (Fplan,Emin,Nmin,Emax,Nmax,Eabc[1],Nord[1],Ech);
```

```
    Write (Fplan,' ',CU1:6,' ',CU2:2);
```

```
    Write (Fplan,' ',Eabc[1]:9:2,' %',Nord[1]:9:2,' ');
```

```
    Writeln (Fplan,Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
```

```
    Write (1st,' ',CU1:6,' ',CU2:2);
```

```
    Write (1st,' ',Eabc[1]:9:2,' %',Nord[1]:9:2,' ');
```

```
    Writeln (1st,Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
```

```
    Cum := Cum + pas;
```

```
    While Cum < Chpi[J]-TS[1,J] do
```

```
    Begin
```

```
      If Pentel[J]<1.5708 then
```

```
      begin
```

```
        Ept := Eabc[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*COS(Pentel[J]);
```

```
        Npt := Nord[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*SIN(Pentel[J]);
```

```
      end{if}
```

```
      else
```

```
      begin
```

```
        Ept := Eabc[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*COS(3.1416-Pentel[J]);
```

```
        Npt := Nord[J-1]-(Cum-Chpi[J-1])*SIN(3.1416-Pentel[J]);
```

```
      end; {else}
```

```
      Tet := Pentel[J]*180/3.1416;
```

```
      Elt := 'DR.  ';
```

```
      Pce := 0;
```

```
      Write (Fplan,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
```

```
      Writeln (Fplan,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
```

```
      Write (1st,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
```

```
      Writeln (1st,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
```

```
      cum := cum + pas;
```



```

    End; {while}
End{If}
Else
begin
    Cum := Chpi[J-1]+TS[2,J-1];
    Cum := Cum+Pas;
    CU1 := Trunc(Cum);
    CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
    While Cum < Chpi[J]-TS[1,J] do
    Begin
        If Pentel[J]<1.5708 then
        begin
            Ept := Eabc[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*COS(Pentel[J]);
            Npt := Nord[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*SIN(Pentel[J]);
        end{if}
        else
        begin
            Ept := Eabc[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*COS(3.1416-Pentel[J]);
            Npt := Nord[J-1]-(Cum-Chpi[J-1])*SIN(3.1416-Pentel[J]);
        end; {if}
        Tet := ABS(Pentel[J])*180/3.1416;
        Elt := 'DR. ';
        Pce := 0;
        Write (Fplan, ' ',CU1:6, ' . ',CU2:2, ' ',Ept:9:2, ' %',Npt:9:2);
        Writeln (Fplan, ' ',Tet:5:2, ' ',Elt:5, ' ',Pce:4);
        Write (lst, ' ',CU1:6, ' . ',CU2:2, ' ',Ept:9:2, ' %',Npt:9:2);
        Writeln (lst, ' ',Tet:5:2, ' ',Elt:5, ' ',Pce:4);
        cum := cum + pas;
    End; {While}
end; {else}
Cum := Chpi[J]-TS[1,J];
CU1 := Trunc(Cum);
CU2 :=Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
If Pentel[J]<1.5708 then
begin
    Ept := Eabc[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*COS(Pentel[J]);
    Npt := Nord[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*SIN(Pentel[J]);
end{if}
else
begin
    Ept := Eabc[J-1]+(Cum-Chpi[J-1])*COS(3.1416-Pentel[J]);
    Npt := Nord[J-1]-(Cum-Chpi[J-1])*SIN(3.1416-Pentel[J]);
end; {if}
Tet := Pentel[J]*180/3.1416;
Elt := 'DR.A1';
Pce := 7777;
Write (Fplan, '>>',CU1:6, '>>.',CU2:2, '>>>>',Ept:9:2, '>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (Fplan, '>>>>>> ',Tet:5:2, '>>>>>>>>',Elt:5, ' >>>> 777',Pce:4);
Write (lst, '>>',CU1:6, '>>.',CU2:2, '>>>>',Ept:9:2, '>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (lst, '>>>>>> ',Tet:5:2, '>>>>>>>>',Elt:5, ' >>>> 777',Pce:4);
Reset (FichierResch);
With FicheResch do
begin
    For I := 1 to 9 do

```

```

begin
  Read (FichierResch,ficheResch);
  Cum := Cum+Lisp[1,J];
  CU1 := Trunc(Cum);
  CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
  Ept := FactA[J,1]*Xych[1]-FactB[J,1]*Xych[2]+FactE[J,1];
  Npt := FactA[J,1]*Xych[2]+FactB[J,1]*Xych[1]+FactN[J,1];
  Elt := 'A1';
  Pce := Asp1[J];
  if Pentel[J]>Pente2[J] then Tet := Aich + Pentel[J]*180/3.1416
  Else Tet := Pentel[J]*180/3.1416-Aich;
  Write (Fplan,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
  Writeln (Fplan,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
  Write (1st,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
  Writeln (1st,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
End;{for}
Read (FichierResch,ficheResch);
Cum := Cum+Lisp[1,J];
CU1 := Trunc(Cum);
CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
Ept := FactA[J,1]*Xych[1]-FactB[J,1]*Xych[2]+FactE[J,1];
Npt := FactA[J,1]*Xych[2]+FactB[J,1]*Xych[1]+FactN[J,1];
Elt := 'A1..R';
Pce := 7777;
if Pentel[J]>Pente2[J] then Tet := Angsp[1,J] + Pentel[J]*180/3.1416
Else Tet := Pentel[J]*180/3.1416-Angsp[1,J];
Write (Fplan,'>>',CU1:6,'>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (Fplan,'>>>>>> ',Tet:5:2,'>>>>>>>>',Elt:5,' >>>> 777',Pce:4);
Write (1st,'>>',CU1:6,'>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (1st,'>>>>>> ',Tet:5:2,'>>>>>>>>',Elt:5,' >>>> 777',Pce:4);
IF Trunc(Ncc[J])<>NCC[J] then
Begin
  Read (FichierResch,FicheResch);
  Cum := Cum+(Longcc[J]-Licc[J]*ABS(Ncc[J]-2))/2;
  CU1 := Trunc(Cum);
  CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
  Ept := FactA[J,2]*Xych[1]-FactB[J,2]*Xych[2]+FactE[J,2];
  Npt := FactA[J,2]*Xych[2]+FactB[J,2]*Xych[1]+FactN[J,2];
  Elt := 'R';
  Pce := Rayon[J];
  if Pentel[J]>Pente2[J] then Tet := Aich + Tet
  Else Tet := Tet - Aich;
  Write (Fplan,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
  Writeln (Fplan,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
  Write (1st,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
  Writeln (1st,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
  if ncc[J]<>1 then
  begin
    for I := 2 to Ncc[J] do
    Begin
      Read (FichierResch,FicheResch);
      Cum := Cum+Licc[J];
      CU1 := Trunc(Cum);
      CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
    End;
  end;
end;

```

```

Ept := FactA[J,2]*Xych[1]-FactB[J,2]*Xych[2]+FactE[J,2];
Npt := FactA[J,2]*Xych[2]+FactB[J,2]*Xych[1]+FactN[J,2];
Elt := 'R';
Pce := Rayon[J];
if Pentel[J]>Pente2[J] then Tet := Aich + Angsp[1,J] +
Pentel[J]*180/3.1416
Else Tet := Pentel[J] - Angsp[1,J] - Aich;
Write (Fplan,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' ',Npt:9:2);
Writeln (Fplan,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
Write (lst,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' ',Npt:9:2);
Writeln (lst,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
End;{for}
end;{if}
Read (FichierResch,ficheResch);
Cum := Cum+(Longcc[J]-Licc[J]*ABS(Ncc[J]-2))/2;
CU1 := Trunc(Cum);
CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
Ept := FactA[J,2]*Xych[1]-FactB[J,2]*Xych[2]+FactE[J,2];
Npt := FactA[J,2]*Xych[2]+FactB[J,2]*Xych[1]+FactN[J,2];
Elt := 'R..A2';
Pce := 7777;
if Pentel[J]>Pente2[J] then Tet := Angsp[1,J] + Pentel[J]*180/3.1416
+Angcc[J]
Else Tet := Pentel[J]*180/3.1416 - Angsp[1,J] - Angcc[J];
Write (Fplan,'>>>',CU1:6,'>>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (Fplan,'>>>>>>',Tet:5:2,'>>>>>>>>',Elt:5,'>>>> 777',Pce:4);
Write (lst,'>>>',CU1:6,'>>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (lst,'>>>>>>>>',Tet:5:2,'>>>>>>>>>>',Elt:5,'>>>> 777',Pce:4);
End{if}
else
begin
for I := 1 to Ncc[J] do
begin
Read (FichierResch,FicheResch);
Cum := Cum+Licc[J];
CU1 := Trunc(Cum);
CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
Ept := FactA[J,2]*Xych[1]-FactB[J,2]*Xych[2]+FactE[J,2];
Npt := FactA[J,2]*Xych[2]+FactB[J,2]*Xych[1]+FactN[J,2];
Elt := 'R';
Pce := Rayon[J];
if Pentel[J]>Pente2[J] then Tet := Aich + Angsp[1,J] +
Pentel[J]*180/3.1416
Else Tet := Pentel[J] - Angsp[1,J] - Aich;
Write (Fplan,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' ',Npt:9:2);
Writeln (Fplan,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
Write (lst,' ',CU1:6,' ',CU2:2,' ',Ept:9:2,' ',Npt:9:2);
Writeln (lst,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
End;{for}
Read (FichierResch,ficheResch);
Cum := Cum+Licc[J];
CU1 := Trunc(Cum);
CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
Ept := FactA[J,2]*Xych[1]-FactB[J,2]*Xych[2]+FactE[J,2];

```

```

Npt := FactA[J,2]*Xych[2]+FactB[J,2]*Xych[1]+FactN[J,2];
Elt := 'R..A2';
Pce := 7777;
if Pente1[J]>Pente2[J] then Tet := Angsp[1,J] + Pente1[J]*180/3.1416
+Angcc[J]
Else Tet := Pente1[J]*180/3.1416 - Angsp[1,J] - Angcc[J];
Write (Fplan,'>>',CU1:6,'>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (Fplan,'>>>>>>' ,Tet:5:2,'>>>>>>>>',Elt:5,' >>>> 777',Pce:4);
Write (1st,'>>',CU1:6,'>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (1st,'>>>>>>' ,Tet:5:2,'>>>>>>>>',Elt:5,' >>>> 777',Pce:4);
end;{else}
While not EOF(FichierResch) do
begin
Read (FichierResch,ficheResch);
Cum := Cum+Lisp[2,J];
CU1 := Trunc(Cum);
CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
Ept := FactA[J,3]*Xych[1]-FactB[J,3]*Xych[2]+FactE[J,3];
Npt := FactA[J,3]*Xych[2]+FactB[J,3]*Xych[1]+FactN[J,3];
Elt := 'A2';
Pce := Asp2[J];
if Pente1[J]>Pente2[J] then Tet := Aich + Pente1[J]*180/3.1416 + Angsp[1,J]
+ Angcc[J]
Else Tet := Pente1[J]*180/3.1416-Angcc[J]-Angsp[1,J]-Aich;
Write (Fplan,' ',CU1:6,' .',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
Writeln (Fplan,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
Write (1st,' ',CU1:6,' .',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
Writeln (1st,' ',Tet:5:2,' ',Elt:5,' ',Pce:4);
End;{WHILE}
Cum := Cum+Lisp[2,J];
CU1 := Trunc(Cum);
CU2 := Trunc(100*(Cum-Trunc(Cum)));
Ept := Eabc[nbs];
Npt := Nord[nbs];
Elt := 'A2.DR';
Pce := 7777;
if Pente1[J]>Pente2[J] then Tet := Angsp[1,J] + Pente1[J]*180/3.1416
Else Tet := Pente1[J]*180/3.1416-Angsp[1,J];
Write (Fplan,'>>',CU1:6,'>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (Fplan,'>>>>>>' ,Tet:5:2,'>>>>>>>>',Elt:5,' >>>> 777',Pce:4);
Write (1st,'>>',CU1:6,'>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
Writeln (1st,'>>>>>>' ,Tet:5:2,'>>>>>>>>',Elt:5,' >>>> 777',Pce:4);
end;{*with*}
Close (FichierResch);
End;{Procedure Calcul_fichier_resultats}

```

```

PROCEDURE Lecture_impression;

VAR
  I,J : Integer;

begin
  ClrScr;
  Reset (Fplan);
  Writeln (1st,'NOM DU PROJET : ',Nom);
  Writeln (1st,' TABLEAU DES COORDONNEES ');
  Writeln (1st); Writeln (1st);
  (1st,'
-----
W           r           i           t           e           l           n
-----
');
  Writeln (1st,'          CUMULEE          X          Y          TETA
ELEMENT     PARAMETRE ');
  Writeln (1st,'          M          M          M          DEG.
-          M ');
  (1st,'
-----
W           r           i           t           e           l           n
-----
');
  Writeln (1st);
  readln (Fplan);
  while not EOF(Fplan) do
  begin
    Readln (Fplan);
    If (Elt = 'A1 ') OR (Elt = 'A2 ') OR (Elt = 'R ') OR (Elt = 'DR. ')
  then
    begin
      Write (1st,' ',CU1:6,' .',CU2:2,' ',Ept:9:2,' %',Npt:9:2);
      Writeln (1st,' ',Tet:5:2,' ',Elt,' ',Pce:7);
    end{if}
    else
    begin
      Write (1st,'>>',CU1:6,'>>.',CU2:2,'>>>>',Ept:9:2,'>>>>%',Npt:9:2);
      Writeln (1st,'>>>>>>>',Tet:5:2,'>>>>>>>',Elt,' >>>> 777777');
    end; {else}
  end; {while}
  Close (Fplan);
end; {procedure_lecture_impression}

```

```
{***** MODULE PRINCIPAL IEGR1 : INFO_ROUTE *****}
```

```
BEGIN
```

```
  ClrScr;
```

```
  WRITELN; WRITELN; WRITELN; WRITELN;
```

```
  Writeln ('          **** ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES **** ');
```

```
  Writeln ('          ----- ');
```

```
  Writeln;
```

```
  Writeln ('          ----- PROGRAMME T_A_W - P_F_E ----- ');
```

```
  Writeln;
```

```
  Writeln ('          ----- ');
```

```
  Writeln ('          INFORMATISATION DES ETUDES GEOMETRIQUES DE ROUTES ');
```

```
  Writeln ('          ----- ');
```

```
  Writeln;Writeln;
```

```
  Writeln ('          POLYGONATION ----- A');
```

```
  WRITELN;
```

```
  Writeln ('          VUE EN PLAN DE LA ROUTE ----- B');
```

```
  WRITELN;
```

```
  Writeln ('          PROFIL EN LONG DU TERRAIN ----- C');
```

```
  WRITELN;
```

```
  Writeln ('          DONNEES DE LA ROUTE ----- D');
```

```
  WRITELN;
```

```
  Write ('          OPTION CHOISIE : ');
```

```
  Readln (OPTION);
```

```
  CASE OPTION OF
```

```
    'A' : Begin
```

```
      CLRSCR;
```

```
      Write ('NOM DU PROJET :');
```

```
      Readln (Nom);
```

```
      Write ('AVEZ_VOUS DEJA DES DONNEES ENREGISTREES ? ( O ou N) ');
```

```
      Readln (Quest);
```

```
      IF (Quest = 'N') OR (Quest = 'n') THEN
```

```
Initialiser_fichiers_polygonation;
```

```
      Suite := 'O';
```

```
      REPEAT
```

```
        Modifier_donnees_polygonation;
```

```
        Specifications;
```

```
        Calcul_polygonation;
```

```
        Transfert_de_fichier;
```

```
        Afficher_fichier_polygonation;
```

```
        Write ('VOULEZ_VOUS IMPRIMER LES RESULTATS ?');
```

```
        Readln (IMP);
```

```
        IF (IMP = 'O') OR (IMP = 'o') THEN Impression_polygonation;
```

```
        Write ('Avez - vous une autre polygonale ° traiter (O ou N) ?');
```

```
        Readln (Suite)
```

```
      UNTIL (Suite = 'n') OR (Suite = 'N');
```

```
    END;{case}
```

```
    'B' : BEGIN
```

```
      CLRSCR;
```

```
      Suite := 'O';
```

```
      REPEAT
```

```
        Write ('NOM DU PROJET :');
```

```
        Readln (Nom);
```

```
        Lire_donnees_courbe_horizontale;
```

```
        Calcul_element_de_base;
```

```

Transformation_lineaire;
Assign (Fplan,NRS);
Rewrite (Fplan);
For J := 2 to nbs-1 do
begin
    Calcul_courbe_horizontale;
    Afficher_fichier_courbe_horizontale;
    Calcul_fichier_resultats;
end;{for}
Close (Fplan);
Write ('VOULEZ_VOUS IMPRIMER LES RESULTATS ? ');
Readln (IMP);
IF (IMP = 'o') OR (IMP = 'O') then Lecture_impression;
Write ('Avez - vous une autre vue en plan ° traiter (O ou N) ?')
Readln (Suite)
UNTIL (Suite = 'n') OR (Suite = 'N');
END;{case}
'C' : BEGIN
    CLRSCR;
    Write ('AVEZ_VOUS DEJA DES DONNEES ENREGISTREES ? ( O ou N) ');
    Readln (Quest);
    Suite := 'O';
    REPEAT
        IF (Quest = 'N') OR (Quest = 'n') THEN
Initialiser_fichier_terrain;
        Modifier_fichier_terrain;
        Transfert_fichier_terrain;
        Impression_Fichier_terrain;
        Write ('Avez - vous un autre terrain ° traiter (O ou N) ?');
        Readln (Suite)
    UNTIL (Suite = 'n') OR (Suite = 'N');
    END;{case}
'D' : BEGIN
    CLRSCR;
    Write ('AVEZ_VOUS DEJA DES DONNEES ENREGISTREES ? ( O ou N) ');
    Readln (Quest);
    Suite := 'O';
    REPEAT
        IF (Quest = 'N') OR (Quest = 'n') THEN Initialiser_fichier_route;
        Modifier_fichier_route;
        Transfert_fichier_route;
        Impression_Fichier_route;
        Write ('Avez - vous une autre route ° traiter (O ou N) ?');
        Readln (Suite)
    UNTIL (Suite = 'n') OR (Suite = 'N');
    END;{case}
END;
END.{MODULE PRINCIPAL}

```

— CHAPITRE 5 —

Présentation des résultats

Nous présentons ici les fichiers de données et de résultats créés à partir du programme "TAX/PFE" réalisé dans le cadre de cette étude.

Ces fichiers devront ensuite être exploités par un logiciel de tracé pour obtenir, sous forme graphique, les vues en plan, les profils en long, et les profils en travers du projet.

C'est dans cette optique que les fichiers ont été formés de sorte à être compatibles aux programmes "Tracé", "Profil", et "Prolon" de la Direction des études et de la programmation (D.E.P) de la direction générale des travaux publics du Sénégal.

Ces programmes permettent respectivement l'obtention des tracés de la vue en plan du projet, des profils en travers et des cubatures de terre, et des profils en long du terrain naturel et du projet.

Ils nécessitent, en plus d'un ordinateur I.B.M ou compatible, et d'une imprimante, l'utilisation d'une table traçante.

**** ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES ****

----- PROGRAMME T_A_W - P_F_E -----

INFORMATISATION DES ETUDES GEOMETRIQUES DE ROUTES

FICHER DE DONNEES : POLYGONATION

NOMBRE DE SOMMETS : 9
COORDONNEES DE DEPART : 860032.24 123128.81
COORDONNEES ARRIVEE : 862454.05 124925.48
GISEMENT DE DEPART : 163.252
GISEMENT ARRIVEE : 85.793
PRECISION LINEAIRE EXIGEE : 1: 10000

POINT	DISTANCE	ANGLE
1	436.04	84.70
2	323.41	194.98
3	490.00	196.02
4	399.85	205.31
5	404.79	217.42
6	339.51	195.28
7	447.10	232.08
8	348.49	201.48
9	0.00	195.27

**** ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES ****

----- PROGRAMME T_A_W - P_F_E -----

INFORMATISATION DES ETUDES GEOMETRIQUES DE ROUTES

FICHER DE RESULTATS : POLYGONATION

** PRECISION ANGULAIRE ** ** FERMETURE ANGULAIRE **

pa = 6.36 mgr **** fa = -3.90 mgr

** PRECISION LINEAIRE ** ** FERMETURE LINEAIRE **

pl = 0.32 m **** fr = 0.02 m

Lecture en cercle a gauche sur T16

POINT	GISEMENT (gr)	ABCISSSE (m)	ORDONNEE (m)
1	G = 47.95	X = 860032.24	Y = 123128.81
2	G = 42.94	X = 860330.52	Y = 123446.87
3	G = 38.96	X = 860532.50	Y = 123699.46
4	G = 44.28	X = 860814.04	Y = 124100.51
5	G = 61.69	X = 861070.26	Y = 124407.48
6	G = 56.97	X = 861403.98	Y = 124636.61
7	G = 89.05	X = 861668.87	Y = 124848.98
8	G = 90.53	X = 862109.40	Y = 124925.48
9	G = 85.79	X = 862454.05	Y = 124925.48

**** ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES ****

----- PROGRAMME T_A_W - F_F_E -----

INFORMATISATION DES ETUDES GEOMETRIQUES DE ROUTES

FICHER DE DONNEES : VUE EN PLAN DE LA ROUTE

POINT	ABCISSSE	ORDONNEE	SPIRALE1	CERCLE	SPIRALE2
1	860032.24	123128.81	0	0	0
2	860330.65	123498.18	100	250	100
3	860532.75	123802.09	100	250	100
4	860814.42	124254.45	100	250	100
5	861070.77	124612.74	100	250	100
6	861404.61	124893.15	100	250	100
7	861669.64	125156.82	100	250	100
8	862110.27	125284.56	100	250	100
9	862455.03	125387.47	0	0	0

2475	.47	860874.22	%124338.03	54.42	DR.	0
2475	.47	860932.41	%124419.36	54.42	DR.	0
2475	.47	860990.60	%124500.68	54.42	DR.	0
2475	.47	861048.79	%124582.01	54.42	DR.	0
>>	2809>>.80>>>>	861068.76>>>>	%124609.93>>>>>>	54.42>>>>>>>>	DR.A1 >>>>	7777777
2809	.84	860978.13	%124482.96	54.42	A1	100
2809	.88	861141.60	%124711.48	54.42	A1	100
2809	.92	861305.06	%124940.00	54.42	A1	100
2809	.96	861468.52	%125168.53	54.42	A1	100
2810	.0	861631.96	%125397.07	54.42	A1	100
2810	.4	861795.38	%125625.62	54.42	A1	100
2810	.8	861958.78	%125854.19	54.42	A1	100
2810	.12	862122.15	%126082.77	54.43	A1	100
2810	.16	862285.49	%126311.38	54.43	A1	100
>>	2810>>.20>>>>	848211.58>>>>	%106863.26>>>>>>	54.42>>>>>>>>	A1..R >>>>	7777777
2830	.20	848153.56	%110001.25	56.52	R	250
>>	2850>>.20>>>>	860873.74>>>>	%124318.21>>>>>>	55.82>>>>>>>>	R..A2 >>>>	7777777
2850	.24	859678.84	%126342.16	55.83	A2	100
2850	.28	859894.58	%126161.10	55.83	A2	100
2850	.32	860110.29	%125980.01	55.82	A2	100
2850	.36	860325.99	%125798.89	55.82	A2	100
2850	.40	860541.67	%125617.77	55.82	A2	100
2850	.44	860757.34	%125436.62	55.82	A2	100
2850	.48	860973.00	%125255.47	55.82	A2	100
2850	.52	861188.65	%125074.31	55.82	A2	100
>>	2850>>.56>>>>	862455.03>>>>	%125387.47>>>>>>	54.42>>>>>>>>	A2.DR >>>>	7777777

2916	.72	861149.99	%124679.28	40.03	DR.	0
2916	.72	861226.56	%124743.60	40.03	DR.	0
2916	.72	861303.14	%124807.91	40.03	DR.	0
2916	.72	861379.71	%124872.23	40.03	DR.	0
>>	3245>>.42>>>>	861401.69>>>>	%124890.69>>>>>>	40.03>>>>>>>>	DR.A1 >>>>	7777777
3245	.46	861319.56	%124821.48	40.03	A1	100
3245	.50	861568.03	%125030.22	40.03	A1	100
3245	.54	861816.50	%125238.97	40.03	A1	100
3245	.58	862064.96	%125447.73	40.03	A1	100
3245	.62	862313.40	%125656.50	40.02	A1	100
3245	.66	862561.83	%125865.30	40.02	A1	100
3245	.70	862810.24	%126074.12	40.02	A1	100
3245	.74	863058.62	%126282.97	40.02	A1	100
3245	.78	863306.98	%126491.85	40.02	A1	100
>>	3245>>.82>>>>	839693.26>>>>	%106902.33>>>>>>	40.03>>>>>>>>	A1..R >>>>	7777777
3265	.82	846606.33	%110882.34	-1.65	R	250
>>	3285>>.82>>>>	861131.01>>>>	%124667.03>>>>>>	38.46>>>>>>>>	R..A2 >>>>	7777777
3285	.86	859824.36	%126992.02	38.45	A2	100
3285	.90	860055.05	%126762.68	38.45	A2	100
3285	.94	860285.71	%126533.32	38.45	A2	100
3285	.98	860516.35	%126303.94	38.46	A2	100
3286	.2	860746.97	%126074.54	38.46	A2	100
3286	.6	860977.58	%125845.12	38.46	A2	100
3286	.10	861208.18	%125615.70	38.46	A2	100
3286	.14	861438.77	%125386.26	38.46	A2	100
>>	3286>>.18>>>>	862455.03>>>>	%125387.47>>>>>>	40.03>>>>>>>>	A2.DR >>>>	7777777

3353	. 6	861478.21	%124966.38	44.85	DR.	0
3353	. 6	861549.11	%125036.91	44.85	DR.	0
3353	. 6	861620.00	%125107.44	44.85	DR.	0
>>	3618>>.36>>>>	861666.28>>>>	%125153.49>>>>	44.85>>>>>>>>	DR.A1 >>>>	7777777
	3618	.40	861661.38	%125148.35	44.85	A1 100
	3618	.44	861917.85	%125403.56	44.85	A1 100
	3618	.48	862174.32	%125658.78	44.85	A1 100
	3618	.52	862430.78	%125914.01	44.86	A1 100
	3618	.56	862687.22	%126169.25	44.86	A1 100
	3618	.60	862943.64	%126424.51	44.86	A1 100
	3618	.64	863200.03	%126679.80	44.86	A1 100
	3618	.68	863456.40	%126935.12	44.86	A1 100
	3618	.72	863712.73	%127190.47	44.87	A1 100
>>	3618>>.76>>>>	833400.15>>>>	% 97506.57>>>>	44.85>>>>>>>>	A1..R >>>>	7777777
	3638	.76	839553.62	%111983.24	47.83	R 250
>>	3658>>.76>>>>	861475.47>>>>	%124932.15>>>>	46.84>>>>>>>>	R..A2 >>>>	7777777
	3658	.80	859322.56	%126092.15	46.85	A2 100
	3658	.84	859671.00	%125991.30	46.85	A2 100
	3658	.88	860019.44	%125890.41	46.84	A2 100
	3658	.92	860367.86	%125789.48	46.84	A2 100
	3658	.96	860716.27	%125688.53	46.84	A2 100
	3659	. 0	861064.68	%125587.56	46.84	A2 100
	3659	. 4	861413.09	%125486.57	46.84	A2 100
	3659	. 8	861761.49	%125385.57	46.84	A2 100
>>	3659>>.12>>>>	862455.03>>>>	%125387.47>>>>	44.85>>>>>>>>	A2.DR >>>>	7777777

3727	.82	861770.23	%125185.98	16.17	DR.	0
3727	.82	861866.27	%125213.83	16.17	DR.	0
3727	.82	861962.32	%125241.67	16.17	DR.	0
3727	.82	862058.36	%125269.51	16.17	DR.	0
>>	4076>>. 6>>>>	862104.69>>>>	%125282.94>>>>	16.17>>>>>>>>	DR.A1 >>>>	7777777
	4076	.10	862061.47	%125270.31	16.17	A1 100
	4076	.14	862452.92	%125383.81	16.17	A1 100
	4076	.18	862844.36	%125497.32	16.16	A1 100
	4076	.22	863235.80	%125610.84	16.16	A1 100
	4076	.26	863627.23	%125724.40	16.16	A1 100
	4076	.30	864018.66	%125837.98	16.16	A1 100
	4076	.34	864410.07	%125951.60	16.16	A1 100
	4076	.38	864801.47	%126065.27	16.16	A1 100
	4076	.42	865192.85	%126178.98	16.15	A1 100
>>	4076>>.46>>>>	808608.95>>>>	%110393.40>>>>	16.17>>>>>>>>	A1..R >>>>	7777777
	4096	.46	830970.44	%115012.07	-3.44	R 250
>>	4116>>.46>>>>	861748.53>>>>	%125179.74>>>>	13.69>>>>>>>>	R..A2 >>>>	7777777
	4116	.50	859321.28	%126322.29	13.68	A2 100
	4116	.54	859712.98	%126205.54	13.68	A2 100
	4116	.58	860104.67	%126088.76	13.68	A2 100
	4116	.62	860496.35	%125971.93	13.68	A2 100
	4116	.66	860888.02	%125855.08	13.69	A2 100
	4116	.70	861279.69	%125738.20	13.69	A2 100
	4116	.74	861671.34	%125621.30	13.69	A2 100
	4116	.78	862063.00	%125504.39	13.69	A2 100
>>	4116>>.82>>>>	862455.03>>>>	%125387.47>>>>	16.17>>>>>>>>	A2.DR >>>>	7777777

**** ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES ****

----- PROGRAMME T_A_W - P_F_E -----

INFORMATISATION DES ETUDES GEOMETRIQUES DE ROUTES

NOM DU FICHIER : B:TAMSIR

FICHIER PROFIL EN LONG DU TERRAIN NATUREL

Nom du projet : TAMSIR
Nom du troncon : TAM1
Nom du fichier : TAMSIR
Lecteur : B
Nombre de points : 10
Numero du 1xprofil : 1
Cumulee du 1xprofil : 0.0E+00
Cumulee du 2xprofil : 1.0E+03

NUMERO PROFIL CUMULEE COTE

1 0.00 100.00
2 1000.00 110.00
3 2000.00 120.00
4 3000.00 120.00
5 4000.00 130.00
6 5000.00 110.00
7 6000.00 120.00
8 7000.00 120.00
9 8000.00 130.00
10 9000.00 100.00

**** ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES ****

----- PROGRAMME T_A_W - P_F_E -----

INFORMATISATION DES ETUDES GEOMETRIQUES DE ROUTES

NOM DU FICHER : b:TAMSIR

FICHER DONNEES : PROFIL EN LONG DU PROJET

Nom du fichier : TAMSIR
Nom du projet : TAMSIR
Nom du troncon : TAM1
Nombre de droites : 9
Nombre de points : 10

NUMERO PROFIL CUMULEE COTE POSITION

1 0.00 100.00 DROITE
2 1000.00 105.00 DROITE
3 2000.00 110.00 DROITE
4 3000.00 115.00 DROITE
5 4000.00 120.00 COURBE
6 5000.00 120.00 DROITE
7 6000.00 120.00 DROITE
8 7000.00 120.00 DROITE
9 8000.00 120.00 DROITE
10 9000.00 120.00 DROITE

— CONCLUSION —

La grande utilisation faite de l'informatique dans le cadre de cette étude nous a permis de nous familiariser avec les techniques de programmation structurée.

Il est cependant certain que le logiciel réalisé doit être amélioré par la conception de nouvelles procédures pour aborder d'autres aspects de l'étude géométrique des routes.

On pourra ainsi étudier les cubatures et mouvements de terre, et chercher à réaliser des procédures de tracé.

En effet, ces aspects sont pris en compte dans notre étude par l'utilisation des programmes de la D.E.P.

Il faudra, en outre, souligner que les normes employées sont Canadiennes, du fait de l'inexistence de normes nationales; cependant, les spécificités locales pourront être prises en compte dans le choix des paramètres et des données de base.

Une meilleure appréciation du travail effectué, pourra être faite par l'introduction de données sur un projet réel qui nous ont été fournies par la D.E.P, mais qui n'ont pu être exploitées dans les limites du temps nous étant imparti.

— BIBLIOGRAPHIE —

- (1) Engineering map accuracy standards and testing ; D.C. Merchant ; A report of "American Society of Civil Engineers" surveying mapping division committee on cartographic surveys ; (1983).
- (2) Map uses scales and accuracies for engineering and associated purposes ; A.S.C.E ; A report of "American Society of Civil Engineers" surveying mapping division committee on cartographic surveys ; (1983).
- (3) Accuracy of highway surveys ; W.T. Pryor ; Paper for the 11th Congress of the International Society for Photogrammetry ; Lausanne ; (1968).
- (4) PAUL .R. WOLF ; Elements of Photogrammetry ; 551 pages ; Mc Graw Hill - Inc ; (1974) .
- (5) LUC GAGNON ; Géométrie Routière ; 107 pages ; Modulo Editeur ; (1980) .
- (6) E.-P. LAUZON et R. DUQUETTE ; Topométrie Générale ; 458 pages ; Editions Ecole Polytechnique de Montréal ; (1983).

- (7) MM. de BUFFEVENT & All ; Manuel sur les routes dans les zones tropicales et désertiques ; 287 pages ; Ministère de la coopération Français ; (1981).
- (8) H. BOUCHAR, F.W. MOFFIT ; SURVEYING ; 754 pages ; International Textbook Company ; (1972).
- (9) GUY PARE & All ; Normes Canadiennes de conception géométrique des routes ; Association Québécoise du transport et des routes ; (1987).
- (10) K. BAAS et P. MANSEAU ; COLIRS DE ROUTES ; Ecole Polytechnique de Montréal ; (1988).
- (11) J.C. BERNARD & All ; Informatique I ; 272 pages ; Ecole Polytechnique de Montréal ; (1988).
- (12) R. SENSAL ; Cours de TOPOMETRIE et TOPOGRAPHIE ; Ecole Polytechnique de THIES ; (1986).