



ECOLE INTER-ETATS D'INGENIEURS DE

L'EQUIPEMENT RURAL

OUAGADOUGOU B.P. 7023 BURKINA FASO

MEMOIRE
DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

BERE Albert

ANNEE 1989-1990

-----●-----
CONTRIBUTION AUX CALCULS
DE TERRASSEMENT EN VOIRIE
RURALE, MISE EN OEUVRE
DE PROGRAMMES DE CALCULS.

Mention :

E. I. E. R.	
Enregistré à l'université	
le _____	07/7/90

Encadrement
H. FREITAS

"Il n'y a point de technique s'il n'y a d'outil, instrument ou machine ; mais ces objets, fabriqués de façon à régler l'action, et qui sont comme des méthodes solidifiées, ne font pas eux-mêmes la technique, qui est un genre de pensée."

P. ALAIN

R E M E R C I E M E N T S

A mes parents qui des décennies durant, n'ont ménagé aucun effort pour la réussite scolaire de chacun de leurs enfants. L'amour filial, le soutien moral et matériel, les sacrifices qu'ils ont toujours nourri ou consentis à notre égard sont à la base de notre pente percée.

Avec mes frères et soeurs, nous ne saurons leur exprimer la profondeur et l'intensité de notre GRATITUDE.

A mes frères et soeurs, j'adresse ma gratitude pour les conseils prodigués par-ci, les soutiens et les aides reçues par-là.

J'adresse mes vives remerciements à tous ceux qui m'ont encadré, m'ont prodigué conseils et encouragements et ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation du présent document. Ils ont toute ma reconnaissance.

J'adresse mes remerciements aux élèves des trois promotions en général, à ceux de la dix-neuvième promotion en particularités dont le contact, l'esprit de familiarité, les conseils... n'ont pas manqué de m'impressionner et de m'enrichir.

R E S U M E

Les principaux objectifs de l'étude menée dans le présent document s'énoncent en quelques mots : calculs des cubatures et mouvement des terres. Le chemin pour y parvenir est assez tortueux, voir fastidieux ; cependant il comporte des étapes enrichissantes surtout quand l'on fait appel à la nouvelle science informatique en pleine expansion, pour surmonter certaines difficultés. Pour faciliter la compréhension de l'approche informatique, nous avons jugé utile - sans vouloir développer le cours de voirie - de rappeler les différentes étapes, d'évoquer succinctement les difficultés et les méthodes classiques de résolution, d'explicitier certaines formules que nous envisageons informatiser et au besoin de réorganiser les termes pour faciliter cette tâche. Cette démarche présente le double intérêt de permettre au lecteur intéressé de s'imprégner et de comprendre les notions élémentaires de voirie et de faciliter la compréhension de la méthodologie informatique qui, d'une manière ou d'une autre, s'inspire des méthodes classiques. Les résultats, qui sont probants, allègent la tâche des Ingénieurs et témoignent de l'efficacité de la nouvelle science informatique, envahissante parce que séduisante et attrayante.

Ayant évité de confiner le développement du sujet sur le volet informatique, nous entendons éviter que le contenu de ce document soit ridicule par comparaison à des programmes très performants, écrits par des experts dans des langages plus évolués et plus puissants que le BASIC.

Nous souhaitons que ce document puisse servir d'outil de travail pour ceux qui voudront comprendre quelques notions élémentaires de voirie et qu'il donne du goût aux personnes qui voudront faire leurs premiers pas en informatique dont le langage par excellence pour les débutants demeurent le BASIC, en raison de sa simplicité.

Que le lecteur veuille bien excuser les imperfections qui sont dûes à une rédaction un peu hâtive.

// ABLE DES MATIERES

<u>INTRODUCTION</u>	PAGES
A) PRESENTATION ET ANALYSE DU PROBLEME	2
I CALCULS DES CUBATURES	2
I.1. Calculs des surfaces au niveau des profils en travers	2
I.2. Calculs des terrasses.....	3
II MOUVEMENT DES TERRES.....	5
B) APPROCHE INFORMATIQUE : PROGRAMME.....	10
I SAISIES DES DONNEES.....	10
I.1. Saisies des données du profil en long.....	10
I.2. Saisies des données des profils en travers.....	11
I.2.1. Données du terrain naturel.....	11
I.2.2. Données du projet.....	11
II PROGRAMME : DEMARCHE - METHODOLOGIE.....	13
II.1. Profils fictifs - longueurs d'application : démarche informatique.....	13
II.1.1 Profils fictifs.....	13
II.1.2. Longueurs d'application.....	14
II.2. Calculs des surfaces : Méthodologie.....	17
II.2.1 Classification - Superposition des deux profils.....	18
Démarche informatique.....	18
II.2.1.1 Classification des points dans l'ordre croissant des distances cumulées (abscisses).....	18
II.2.1.1. Conception d'un tableau de synthèse.....	23
II.3. Cubatures - Mouvement des terres.....	27
II.3.1 Cubatures.....	27
II.3.2 Mouvements des terres.....	
II.4. Ordinogrammes de certaines étapes.....	
III RESULTATS.....	28
CONCLUSION GENERALE	
BIBLIOGRAPHIE.....	29
ANNEXES	

II INTRODUCTION

D'une manière générale, avant l'adoption et l'exécution d'un projet il convient d'analyser différentes variantes techniques, de procéder à une étude de faisabilité et d'établir un avant projet dont on essaiera de dresser une évaluation financière. Ainsi, pour un projet de tracé de route, l'établissement de l'avant-projet suppose la connaissance, plutôt la détermination de facteurs parmi lesquels nous citerons l'avant-métré, élément déterminant qui retiendra notre attention dans la suite du présent document.

Par les renseignements qu'il fournit l'avant mètre joue un rôle déterminant dans l'évaluation financière d'un avant projet de route, mais son établissement par des méthodes classiques demeure long, minutieux et fastidieux. En effet les calculs d'avant-métré utilisent une pléthore de données fournies par les relevés du profil en long et des multiples profils en travers de la route. Dans le souci d'alléger la tâche de l'ingénieur ou du topographe, nous allons essayer d'informatiser certaines étapes en mettant en oeuvre des programmes de calculs. Cela présentera le double intérêt de dispenser le projeteur de certains calculs fastidieux et de mettre très rapidement à sa disposition les résultats des traitements des données.

Dans la suite de notre étude, nous aborderons d'abord les principes et les méthodes de calculs afin que le lecteur puisse s'imprégner des méthodes classiques de résolution des différents problèmes. Soulignons que la démarche adoptée est indispensable pour la compréhension du programme, qui n'invente pas une nouvelle méthode de résolution mais au contraire s'inspire des démarches suivies dans les méthodes classiques. Par la suite, le programme sera explicité de même que la méthodologie d'approche adoptée pour résoudre certains problèmes en lieu et place de l'esprit humain.

Nous concluons l'étude par la présentation et l'interprétation des résultats, l'analyse de la fiabilité du programme, ses limites et les éventuels perfectionnements qu'on pourra y apporter.

A) PRESENTATION ET ANALYSE DU PROBLEME

Le but de la présente étude est dans un premier temps, d'établir un programme informatique capable, à partir de la saisie d'un minimum de données nécessaires, ^{de} procéder aux calculs de cubatures, puis à l'étude du mouvement des terres. Les objectifs - bien que d'importance capitale sont restreints, mais les étapes pour y parvenir sont nombreuses et délicates.

Avant d'aboutir au programme proprement dit, nous allons évoquer et expliquer brièvement les étapes et les principes de calculs. Cette démarche permettra de comprendre plus facilement le programme qui n'est qu'une informatisation des calculs de ces diverses étapes.

I CALCULS DES CUBATURES

C'est la détermination du volumes de terre compris entre le terrain naturel et le projet, défini par le profil en long (longueur d'application) et les profils en travers (surfaces remblais ou déblais). Le volume de remblai ou de déblai est supposé concentré au profil correspondant.

I.1 CALCULS DES SURFACES AU NIVEAU DES PROFILS EN TRAVERS

Il s'agit là du premier noeud que nous tenterons de dénouer. La règle classique consiste à dresser les quelques profils-types projet et à chaque point caractéristique où l'on fait un relevé du profil en travers naturel, de superposer à celui-ci le profil projet type et de déterminer et cumuler séparément les surfaces de déblais et celles de remblais.

Pour ce faire, plusieurs méthodes (1) sont proposées, parmi lesquelles on peut citer le planimétrage, la roulette de Dupuit, les règles spéciales de Toulon et de Paulin, des abaques, la méthode de division en surfaces élémentaires (trapèzes et triangles à base (s) verticale (s))...

Ce sont des méthodes longues et fastidieuses.

Pour faciliter la détermination de ces ^U surfaces, nous adopterons la méthode de division en surfaces élémentaire qui se prête mieux à une informatisation. La méthodologie sera détaillée au chapitre consacré au programme.

(1) : voir bibliographie

Ouvrages de R. Allegret pour approfondissement.

I.2 CALCULS DES TERRASSES

La terrasse est le volume engendré par un profil en travers dans son déplacement le long de l'axe longitudinal du profil en long. Pour la détermination des volumes de terrassements, on se contente de méthodes approchées dont la précision des résultats est suffisante pour l'évaluation de l'avant-métré.

La méthode la plus employée est celle de la moyenne des aires. C'est cette méthode que nous utiliserons dans la conception du programme. Elle consiste à l'évaluation des volumes de terres compris entre deux profils, en faisant le produit de la moyenne des surfaces de chacun d'eux par la distance partielle les séparant.

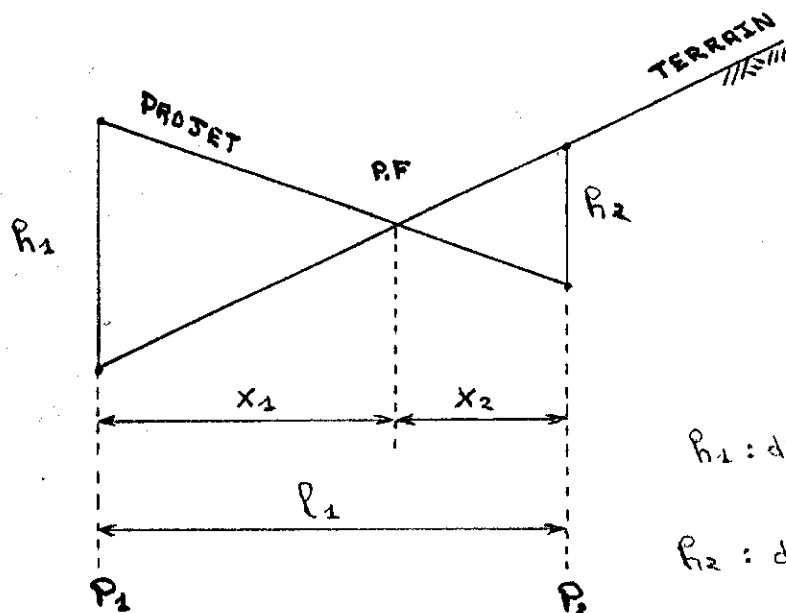
Précisons que l'on tient compte des profils fictifs, auxquels on attribue une surface de déblai nulle et une surface de remblai nulle.

Sous un autre angle, on aboutit aux mêmes résultats en faisant le produit de la surface d'un profil par la moyenne des distances partielles le séparant des deux profils qui lui, sont immédiatement voisins. On n'oubliera pas de prendre en compte les profils fictifs. Cette démarche met en évidence la notion de longueur d'application.

NOTION DE PROFIL FICTIF

Sur le profil en long, si entre deux profils réels consécutifs, le profil projet coupe le terrain naturel, la ligne d'intersection est appelé profil fictif. Il est nécessaire de déterminer les distances partielles X_1 et X_2 qui le séparent des deux profils réels.

(voir schéma ci-dessous)



P.F. : Profil Fictif

$$X_1 = \frac{R_1}{(R_1 + R_2)} \cdot L_1$$

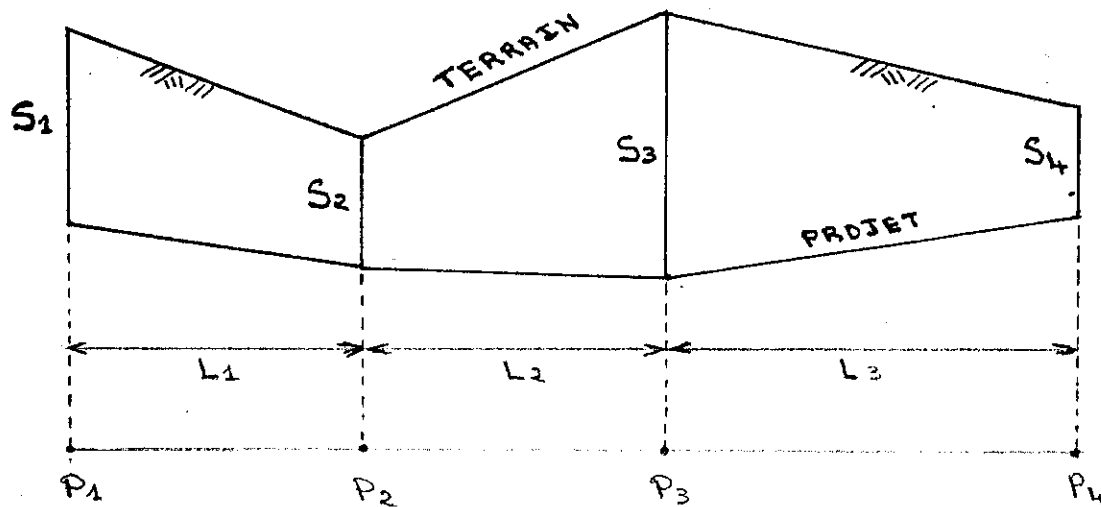
$$X_2 = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)} \cdot L_1$$

R_1 : différence de cotes en valeur absolue en P_1

R_2 : différence de cotes en valeur absolue en P_2

Exemples de calculs de surfaces.

a) Portion de profil en long ne comportant pas de profil fictif



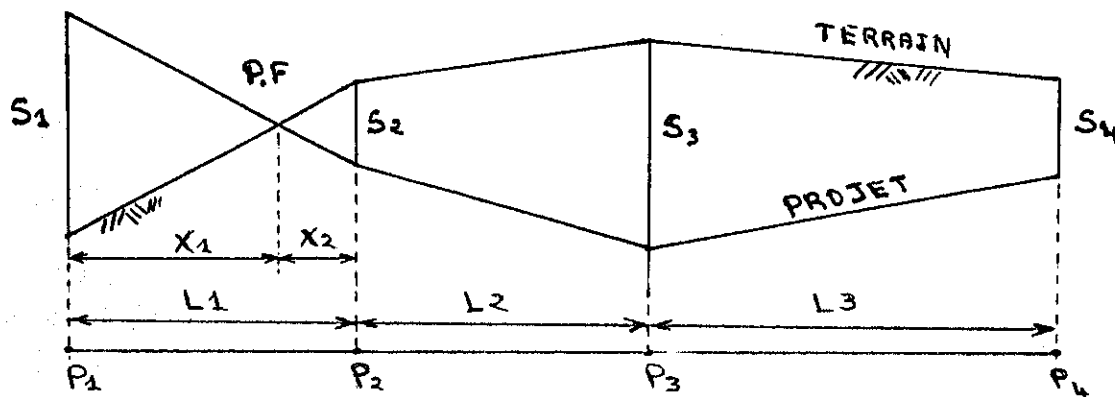
Soient S_1, S_2, S_3, S_4 des surfaces de même nature (déblais ou remblais) déterminées par les calculs et le cumul des surfaces élémentaires au niveau des profils respectifs P_1, P_2, P_3, P_4 . Selon la méthode de la moyenne des aires, le volume entre les profils P_1 et P_4 s'écrira de la manière suivante :

$$V = \frac{(S_1 + S_2)}{2} \times L_1 + \frac{(S_2 + S_3)}{2} \times L_2 + \frac{(S_3 + S_4)}{2} \times L_3$$

Formule que l'on peut réécrire de la manière suivante :

$$V = S_1 \frac{L_1}{2} + S_2 \frac{(L_1 + L_2)}{2} + S_3 \frac{(L_2 + L_3)}{2} + S_4 \frac{L_3}{2}$$

La formule (2) met en évidence la longueur d'application relative à chaque profil. Portion de profil en long comportant un profil fictif.



$$L_1 = X_1 + X_2$$

S_1, S_2, S_3, S_4 demeurent des surfaces de même nature (déblais ou remblais) déterminées par l'étude des profils en travers respectivement aux profils P_1, P_2, P_3 et P_4 .

On constate l'existence d'un profil fictif entre les profils réels P_1 et P_2 . Les distances horizontales X_1 et X_2 se déterminent à l'aide des

formules déjà vues. Les hauteurs h_1 et h_2 représentent respectivement les différences des cotes projet et terrain en valeur absolue au point P_1 et au point P_2 .

L'on sait déjà qu'à tout profil fictif, on attribue une surface de déblai nulle et une surface de remblai nulle.

Le volume entre les profils P_1 d'une part et P_4 d'autre part s'écrit de la manière suivante :

$$V = \frac{(S_1 + 0)}{2} X_1 + \frac{(0 + S_2)}{2} X_2 + \frac{(S_2 + S_3)}{2} L_2 + \frac{(S_3 + S_4)}{2} L_3$$

Formule dont la réorganisation des termes donne :

$$V = S_1 \frac{X_1}{2} + 0 \frac{(X_1 + X_2)}{2} + S_2 \frac{(X_2 + L_2)}{2} + S_3 \frac{(L_2 + L_3)}{2} + S_4 \frac{L_3}{2}$$

$$V = S_1 \frac{X_1}{2} + S_2 \frac{(X_2 + L_2)}{2} + S_3 \frac{(L_2 + L_3)}{2} + S_4 \frac{L_3}{2}$$

Comme on le constate, au profil fictif dont la surface est supposée nulle on attribue une certaine longueur d'application $\frac{(X_1 + X_2)}{2}$ sur laquelle on suppose

que déblais et remblais se compensent.

Les formules (2) et (4) sont identiques à la différence près que l'une s'applique à une portion comportant un profil fictif.

Pour la suite des calculs, nous utiliserons la formule (4) et c'est elle que nous informatiserons. Les longueurs d'application qu'elle met en évidence déterminent aisément à l'aide des données figurant sur le profil en long. Les détails de l'approche informatique seront donnés dans le chapitre consacré au programme.

II MOUVEMENT DES TERRES

Les volumes de déblais et de remblais déterminés précédemment sont supposés concentrés aux profils correspondants.

Si la qualité des terres provenant des déblais est bonne, il est logique de réutiliser celles-ci en remblais. Dans ce cas, dans un profil donné, les déblais seront destinés en priorité aux remblais de ce même profil. Ce n'est qu'en cas d'existence d'excédent de déblais après comblement des remblais que l'on peut envisager l'évacuation de l'excédent vers des profils déficitaires ou des lieux de dépôts.

L'évacuation des déblais excédentaires présente plusieurs cas de figures constituant chacun une solution possible mais n'entraînant pas les mêmes dépenses. En effet à chaque solution - déterminée graphiquement par une épure que l'on explicitera - correspond une distance moyenne de transport donnée. Or, le coût de transport des terres est lié à des paramètres eux-mêmes dépendant directement de la distance de transport :

- La quantité de carburant nécessaire consommée par les engins pour assurer le transport. .../...

- La rémunération des conducteurs et des ouvriers qui sont souvent payés selon le nombre d'heures de travail.
- Les dépenses de location ou d'amortissement des engins dont le coût horaire d'utilisation varie avec le type d'engin.
- Le respect du délai d'exécution qui dépend de la vitesse d'avancement des travaux.

Compte tenu de tous ces facteurs, l'étude du mouvement des terres se fixe pour but de rechercher la distance moyenne la plus courte, donc la plus économique. Pour parvenir à ce but, plusieurs méthodes ont été établies parmi lesquelles les plus utilisées sont celle de Bruckner et celle de Lalanne.

La méthode de Lalanne - qui est la plus sollicitée - est une simplification de celle de Bruckner. En raison de sa simplicité, c'est elle que nous retiendrons dans la présente étude et qui fera l'objet d'informatisation dont l'approche sera explicitée dans le chapitre consacré au programme.

Comme celle de Bruckner, la méthode Lalanne est basée sur un procédé graphique. La détermination de la ligne la plus économique de transport - laquelle fournit la distance moyenne - se fait avec une épure à laquelle on joint un tableau. Dans ce tableau on reportera les caractéristiques des profils, les résultats de l'épure permettant de déterminer :

- La distance moyenne selon le type de transport utilisé
- La distance moyenne générale

Enfin, connaissant le coût moyen de transport selon le type d'engin ou le coût moyen général de transport, on évalue les dépenses ~~pièces~~ liées au volet terrassements, puis on procède, connaissant les autres dépenses à l'évaluation financière du projet avant financement.

Revenant aux distances moyennes, on peut déterminer soit la distance moyenne liée au type d'engin ou la distance moyenne générale :

- Distance moyenne liée au moyen de transport
soient des volumes $V_1, V_2, \dots, V_n$ transportés par ~~scrapers~~ à des distances respectives $D_1, D_2, \dots, D_n$

La distance moyenne liée au scraper s'exprimera comme suit :

$$dm = \frac{V_1 D_1 + V_2 D_2 + \dots + V_n D_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n}$$

- distance moyenne générale
soient des volumes V_b, V_c, V_s transportés à des distances D_b, D_c, D_s respectivement par brouettes, camions, scrapers

$$dg = \frac{V_b d_b + V_c D_c + V_s d_s}{V_b + V_c + V_s}$$

On évalue donc le coût des transports qu'on intégrera aux autres dépenses pour procéder à l'évaluation financière d'avant-projet.

Pour le mouvement des terres, on tiendra compte du fait qu'un volume de terres à transporter est supérieur à celui des fouilles d'ou elles proviennent à cause du phénomène de foisonnement.

Le foisonnement f varie de 0 (sables,.....) à $1/3$ (argiles).

1 m³ de fouille _____ (1 + f) m³ de terres à transporter.

Avant d'aborder quelques cas simples de l'épure de L^aanne, soulignons que l'étude du mouvement des terres constitue un chapitre trop vaste pour être étudié de manière exhaustive dans ce modeste document. En effet, pour peu que l'on fasse varier un paramètre ou que l'on en introduise un (envisagement de zone d'emprunt...) le schéma se complique, or le temps imparti ne nous permet pas d'envisager la résolution de ces différents cas.

Exemple d'épure sans zone d'emprunt hors axe.

Les mouvements se limitent à des transports le long de l'axe.

Soient le tableau suivant comportant les résultats des calculs de cubature et une épure correspondant.

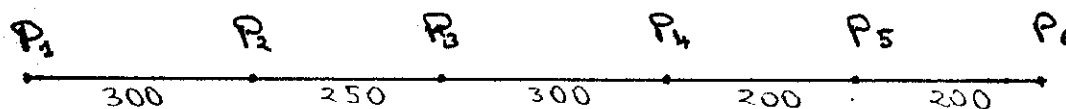
Résultats de calculs de cubature

PROFIL	DEBLAI CUBE (M ³)	REMBLAI CUBE (M ³)	DIFFERENCE D - R (M ³)	EXCEDENT DE DEBLAIS (M ³)	DEFICIT A COMBLER (M ³)
P.1	150	50	100	+ 100	0
P.2	100	400	- 300	0	- 300
P.3	125	25	100	+ 100	0
P.4	125	250	- 125	0	- 125
P.5	350	0	350	+ 350	0
P.6	75	150	- 75	0	- 75
TOTAUX				+ 550	- 500

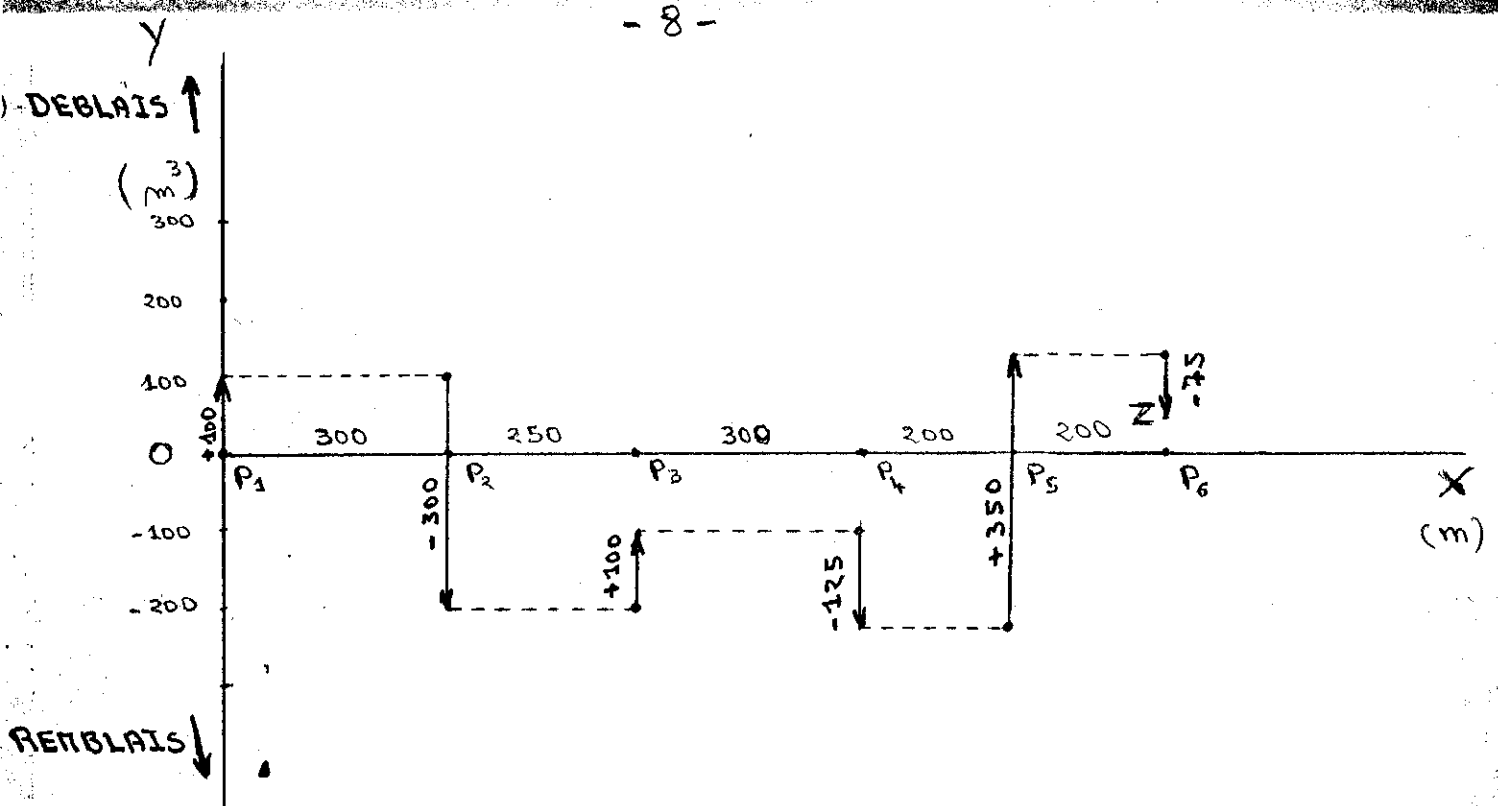
Comme on le constate les résultats des calculs de cubatures déterminent les cubes de déblais et de remblais en chaque profil renseignent sur les profils excédentaires ou déficitaires et sur les quantités manquantes ou en excès.

Pour illustration, nous allons dresser l'épure correspondant au tableau ci-dessus.

Distances partielles entre les différents profils (en m)



N.B : Dans l'étude du mouvement des terres, on ne fait pas des profils fictifs, ceux-ci n'ayant d'influence que dans les calculs des terrassements.



1) Axe des X : entre deux profils consécutifs, on indique la distance partielle (ou ligne de terre) les séparant

2) Axe des Y : On y indique les cubes de déblais ou de remblais mais de manière cumulative, et non comme sur une échelle absolue.

Autrement dit, à partir du bout de la flèche précédente, on mène une horizontale jusqu'au point situé sur la verticale passant par le point (profil) suivant. De ce point, on cumule soit le déblai excédentaire en ce profil (sens vers le haut) s'il est excédentaire, soit le remblai excédentaire (manque de terres à apporter) en ce profil (sens vers le bas) s'il est déficitaire.

OBSERVATIONS :

OX Est appelée ligne de terre. C'est une ligne de transport possible, mais pas nécessairement la plus économique.

L'enveloppe des lignes de transport est comprise entre la ligne de terre et l'horizontale passant par l'extrémité Z de la flèche au dernier profil.

Pour toute ligne de transport considérée, les mouvements des terres se font de la gauche vers la droite, au dessus de la ligne et de la droite vers la gauche en dessous de la ligne.

RECHERCHE DE LA LIGNE DE TRANSPORT LA PLUS ECONOMIQUE

METHODOLOGIE :

Le transport se fait des profils excédentaires en déblais vers les profils déficitaires en terre pour remblais.

L'examen de la formule de la distance moyenne ($dm = \frac{\sum Vi Di}{\sum Vi}$) montre que le dénominateur est constant et que c'est la somme des moments $\sum Vi Di$ que l'on doit chercher à minimiser.

Pour obtenir le minimum du terme $\sum Vi Di$ sur l'épure, on cherche le minimum des surfaces des rectangles délimités par la ligne de répartition, c'est-à-dire l'horizontale considérée au travers de la l'épure.

METHODE PRATIQUE

On considère deux horizontales voisines :

D'une part, on calcule et on cumule les surfaces des rectangles inférieurs délimités par l'horizontale supérieure on obtient une somme S_1 . D'autre part, on calcule et on cumule les surfaces des rectangles supérieures délimités par l'horizontale inférieure on obtient une somme S_2 . On compare les sommes S_1 et S_2 , la ligne donnant lieu à la plus petite somme est meilleure que l'autre et comme ligne de transport, elle sera préférée à l'autre parce qu'étant plus économique.

Pour la suite, on maintient cette ligne et on la compare à une autre ligne que l'on choisira judicieusement et on répètera l'opération jusqu'à obtenir la ligne la plus économique.

Donc en retrospective on mène les opérations suivantes :

- 1) Faire varier la ligne entre la ligne de terre et l'horizontale passant par l'extrémité Z de la flèche au dernier point sur l'épure.
- 2) Comparer les horizontales selon la méthode indiquée ci-dessus.
- 3) La comparaison se fait en allant de la ligne de terre (première ligne de transport possible) vers l'horizontale passant par Z (dernière ligne de transport possible).
- 4) Les variantes suivantes deviennent inutiles (non intéressantes) lorsque la comparaison avec une horizontale au dessus de la précédente, donne un résultat moins économique que cette dernière.

Pour plus d'approfondissement sur l'étude des épures, nous renvoyons le lecteur aux ouvrages indiqués dans la bibliographie, notamment ceux de R. Allegret.

Maintenant que le lecteur s'est imprégné des différentes étapes permettant les calculs de cubatures et l'étude du mouvement des terres (étapes décisives car elles illustrent les étapes même du programme que nous nous proposons d'établir et facilitent sa compréhension), nous l'invitons à découvrir dans les pages suivantes l'approche informatique adoptée pour la résolution des problèmes cruciaux rencontrés sur le parcours.

B) PPROCHE INFORMATIQUE : PROGRAMME

I) SAISIES DES DONNEES

Introduction

Le lancement du programme présente un menu à l'écran, offrant au manipulateur le choix entre plusieurs opérations à effectuer. Mais soulignons - ce qui est tout à fait logique - que certaines opérations ne peuvent s'effectuer avant que d'autres ne le soient. Il convient donc de préciser l'ordre de déroulement des opérations.

Avant toute chose, l'exécution du programme doit commencer par la saisie des données, à moins que le programme n'ait déjà fait l'objet d'une utilisation préalable, auquel cas il convient de procéder à l'initialisation des fichiers avant la saisie des nouvelles données. Précisons qu'en raison du nombre pléthorique de données à saisir et à traiter, nous avons fait appel aux fichiers qui sont mieux indiqués pour résoudre un tel problème. Le programme est écrit en GWBASIC.

I.1 Saisies des données du profil en long

Entre autres, le profil en long comporte des renseignements tels que la côte du terrain naturel et la côte de calage du projet, de l'axe de la route aux endroits où ont été établis des relevés de profils en travers.

Rappelons que le programme effectue des opérations à partir de certaines données qu'on doit lui fournir. Ainsi, on saisira les données indispensables tout en se limitant à celles qui sont nécessaires.

Le traitement des données du profil en long doit aboutir à la détermination des profils fictifs et des longueurs d'application. Les données nécessaires sont les distances cumulées, les distances partielles, les côtes terrain naturel et projet de l'axe au niveau de chaque point où est établi un profil en travers et dans une moindre mesure le numéro de référence du profil.

A cet effet il est créé un fichier appelé "PROLONG" dont chaque enregistrement doit comporter les paramètres ci-dessus cités d'un point sur le profil en long. L'enregistrement sur le fichier est référencé par le numéro du point ce dernier étant lui même référencé par le numéro du profil en travers qui est établi en ce point.

La démarche informatique pour la détermination des profils fictifs et des longueurs d'application sera explicitée dans la partie consacrée aux traitements des données.

Toutes mes excuses aux membres du
jury qui constateront quelques
feuilles blanches n'ayant pu être saisies,
mais que j'entends combler avant la
soutenance, Lors de l'apuelle, j'insisterai
sur ces parties et fournirai
les éléments manquants.

I.1 Saisies des données des profils en travers

Les données des profils en travers doivent permettre la détermination des surfaces de déblai et de remblai au droit de chacun de ces profils. La méthode classique consiste à faire sur le terrain, aux endroits caractéristiques des relevés de profils en travers du terrain naturel, puis de superposer à ceux-ci des profils-types projet à la même échelle en respectant la côte projet de calage de l'axe de la route en ce point.

Dans la présente approche, chaque profil en travers est partagé en deux par l'axe de la route. Pour chaque demi-profil - qui va de l'axe de la route (origine 0) vers l'un des talus - les saisies et les calculs des surfaces se font indépendamment de l'autre demi-profil.

La méthode de décomposition en surfaces élémentaires - que nous envisageons informatiser - exige que le topographe supprime les surfaces légèrement ondulées, ~~et~~ restreigne le nombre de points et ramène la coupe du terrain à une ligne brisée qui se rapproche le plus possible du terrain naturel. Considérant l'axe comme origine (0), il relevera les distances cumulées et les côtes des points anguleux.

Cette simplification du profil en ligne brisée est aussi recommandée pour le profil projet.

I.2.1 Demi-profil en travers : données du terrain naturel.

Compte tenu du fait que le terrain naturel est imprévisible et capricieux, l'opérateur doit faire la saisie des paramètres de celui-ci à chaque demi-profil. Les données sont enregistrées dans un tableau désigné sous le nom de "TBT".

I.2.2 Demi-profil en travers : données du projet

En général la coupe du profil projet est définie par des paramètres fixes. Mais l'on peut rencontrer des variations à certains endroits (rétrécissement possible au niveau d'un pont, élargissement au niveau d'une courbure, prévision suppression ou modification de fossé sur une certaine distance...)

L'opérateur a le choix entre enregistrement des distances cumulées, des côtes des points anguleux (paramètres variables) et la spécification uniquement de la côte projet de l'axe, les caractéristiques des autres points devant être déduites par le programme grâce des paramètres fixes enregistrés au préalable et conservés.

Dans tous les cas, enregistrés ou déduits, les éléments indispensables seront, comme ceux du terrain naturel placés dans un tableau appelé "TBP".

Pour terminer, signalons que l'opérateur doit indiquer la dénivelée, aussi bien après le dernier point projet qu'après le dernier point terrain naturel, ceci pour permettre la détermination de la crête du talus au cas où le profil terrain ne serait pas suffisamment large ou ne comporterait pas de point assez reculé pour permettre une interpolation.

II PROGRAMME : DEMARCHE - METHODOLOGIE

Introduction

Après la saisie des données, il convient de procéder à leurs traitements. Comme nous l'avons vu, certaines données sont saisies et conservées dans des fichiers. Le traitement de ces données suppose la maîtrise de certaines notions sur la gestion des fichiers. Après traitement, les résultats sont, soit conservés dans le même fichier soit transférés à un autre fichier. D'autres par contre sont saisies dans des tableaux, le traitement aura lieu dans des tableaux de synthèse et seuls les résultats utiles seront transférés et conservés dans des fichiers. Il est prévu d'autres fichiers (cubature, épure...) dans lesquels les traitements ne portent plus sur les données mais plutôt sur des résultats. En ce qui concerne ces derniers, bien que leur accès soit possible à partir du menu, aucune opération ne pourra s'effectuer tant que tous les éléments nécessaires ne seront pas transférés. Un système de verrouillage empêchera tout calcul, enverra un message à l'opérateur et ramène la gestion du programme au menu.

Cependant l'ordre de traitements peut ne présenter aucune importance si les opérations ne nécessitent des données ni des résultats préalables ou d'un autre fichier... Pour exemple, le calcul des surfaces peut se faire indépendamment de celui des profils ^{fictifs} et des longueurs d'application

II.1 Profils fictifs - Longueurs d'application : Démarche informatique

II.1.1 Profils fictifs

Le fichier PROLONG comportant les données du profil en long ouvert, en chaque point - qui correspond à un enregistrement - on fait la différence (COTE PROJET - COTE TERRAIN) et l'on conserve le résultat algébrique dans l'un des champs de l'enregistrement, prédéfini et réservé à cet effet.

Ensuite on considère tous les couples de points (profils) consécutifs et l'on compare les deux différences calculées ci-dessus. Si l'une est négative alors que l'autre est positive ou vice versa, donc il existe un profil fictif entre les deux profils considérés. Pour le calcul des distances horizontales X_1 et X_2 , voir chapitre A) I

En programmation, ce ne sont pas les valeurs algébriques des différences que l'on compare, mais plutôt leurs signes $SGN(1)$

Soient deux profils (points sur profil en long) consécutifs P_i et P_{i+1}

En P_i soit $h_1 = \text{COTE PROJET} - \text{COTE TERRAIN}$

En P_{i+1} soit $h_2 = \text{COTE PROJET} - \text{COTE TERRAIN}$

~~Entre P_i et P_{i+1} il y a profil fictif si l'une ou l'autre des conditions~~

suivantes est remplie :

1) $\text{SGN}(h_1) = +$
 $\text{SGN}(h_2) = -$

2) $\text{SGN}(h_1) = -$
 $\text{SGN}(h_2) = +$

Le calcul des distances horizontales X_1 et X_2 s'obtient facilement par les formules

$$X_1 = \frac{h_1}{(h_1 + h_2)} \cdot d$$

$$X_2 = \frac{h_2}{(h_1 + h_2)} \cdot d$$

NB : * h_1 et h_2 doivent être impérativement pris en valeur absolue dans les formules ci-dessus

* d est la distance partielle séparant les profils réels consécutifs P_i et P_{i+1}

II.1.2 Longueurs d'application

L'approche informatique s'inspire de la méthode explicitée dans le chapitre A) I.

On ouvre le fichier "PROLONG" comportant les données du profils en long. Notons que dans ce fichier, au niveau de chaque enregistrement après la saisie de la côte PROJET et celle de la côte TERRAIN, la différence algébrique ($h = \text{COTE PROJET} - \text{COTE TERRAIN}$) est effectuée et conservée dans une zone (ou rubrique) avant le passage à l'enregistrement suivant.

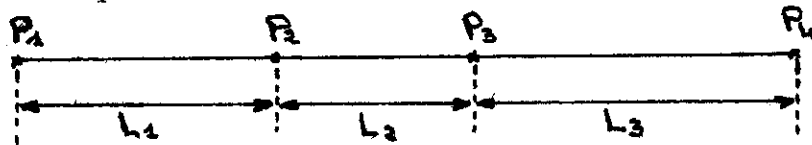
Pour le calcul des longueurs d'application, le fichier PROLONG étant ouvert, pour tout couple de points (profils) consécutifs, les différences respectives h_1 et h_2 sont lues. Avant la lecture un autre fichier

- 1) SGN est une instruction informatique donnant le signe de l'argument numérique
- | | |
|------------|---------------------|
| Si $a > 0$ | $\text{SGN}(a) = +$ |
| Si $a < 0$ | $\text{SGN}(a) = -$ |
| Si $a = 0$ | $\text{SGN}(a) = 0$ |

appelé "PF - LA" (1) est ouvert

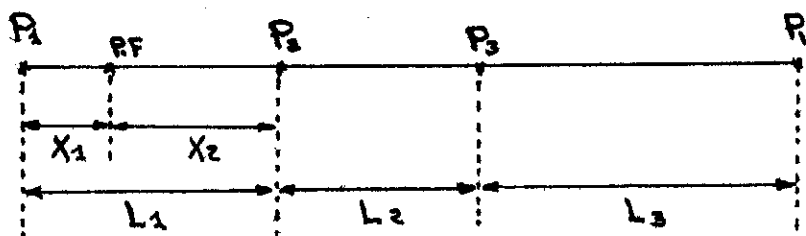
Rappelons les formules mettant en évidence les longueurs d'application explicitées dans le paragraphe A) 1.2 S_1, S_2, S_3, S_4 les surfaces en P_1, P_2, P_3, P_4

1) Inexistence de profil fictif



$$V = S_1 \frac{L_1}{2} + S_2 \left(\frac{L_1 + L_2}{2} \right) + S_3 \left(\frac{L_2 + L_3}{2} \right) + S_4 \frac{L_3}{2}$$

2) Supposons l'existence d'un point fictif entre P_1 et P_2



$$V = S_1 \frac{X_1}{2} + S_2 \left(\frac{X_2 + L_2}{2} \right) + S_3 \left(\frac{L_2 + L_3}{2} \right) + S_4 \frac{L_3}{2}$$

Comme on le constate, hormis les cas des profils extrêmes dont la longueur d'application est la moitié d'un terme, pour tout profil intermédiaire, la longueur d'application est soit la moyenne de la somme de deux termes - qui sont les distances partielles - que l'on connaît tous (inexistence de profil fictif entre les deux profils formant le couple considéré) ; soit la moyenne de la somme de deux termes dont on connaît l'un et dont on sait déterminer l'autre (cas d'existence d'un profil fictif entre les deux profils considérés). Enfin de part et d'autre d'un même profil, il peut exister un profil fictif. Le raisonnement demeure le même, l'on déterminera les deux distances horizontales séparant ce profil des deux profils qui l'encadrent et sa longueur d'application sera la moyenne de la somme des deux.

(1) Le nom "PF - LA" attribué au fichier pourrait s'interpréter comme profils fictifs - Longueurs d'Application.

L'explication ci-dessus va illustrer la méthodologie adoptée pour déterminer les longueurs d'application.

Dans le fichier "PF - LA" créé, pour chaque profil intermédiaire, nous allons réserver deux zones pour enregistrer les termes dont la moyenne des sommes donnera sa longueur d'application. Pour les deux profils extrêmes, nous réservons à chacun d'eux une seule rubrique (zone).

L'affirmation ci-dessus reste fidèle à la méthodologie pour faciliter la compréhension, mais en réalité dans chacune de ces deux zones c'est plutôt la moitié du terme (moitié de la distance partielle en cas d'inexistence de profil fictif, ou moitié de la distance horizontale X_i calculée en cas d'existence de profil fictif) que nous plaçons. Ainsi la sommation postérieure des deux termes donnent directement la longueur d'application correspondant au profil considéré.

la
Pour chaque profil, une fois longueur d'application déterminée, nous ouvrons un autre fichier appelé "CUBATURE" où la longueur d'application est enregistrée dans une zone appartenant à un enregistrement spécifique au profil étudié, ceci dans le but de procéder ultérieurement aux calculs de cubature.

II.2 CALCULS DES SURFACES : METHODOLOGIE

Introduction

Comme nous l'avons déjà souligné la détermination des surfaces de déblais et celles des remblais au niveau de chaque profil constitue l'une des tâches fastidieuses du calcul des cubatures.

Pour résoudre le problème nous procédons comme les méthodes classiques aux calculs par demi-profil en travers. L'un des demi-profil allant de l'axe (origine) vers le talus gauche, l'autre partant de la même origine vers le talus droite. Les calculs se font séparément et indépendamment.

Détermination des surfaces pour un demi-profil : Méthodologie les saisies des données ont déjà été spécifiées. Par rapport aux méthodes classiques le programme donne lieu à des avantages facilitant le travail. Il est simplement souhaitable que le relevé terrain s'étende sur une largeur supérieure à celle du projet, dans le cas contraire, il suffit d'indiquer la déclivité après le dernier point terrain (ce qui suppose qu'après ce point le profil est régulier.

- LE programme se charge de classer les points cotés (point terrain coté au point projet coté) dans l'ordre croissant des distances cumulées depuis l'axe (origine) vers le talus en identifiant chaque point (le profil auquel il appartient (projet, ou terrain) et son numéro d'ordre sur ce profil)

En d'autres termes pour exemple un point identifié comme appartenant au projet et ayant comme numéro d'ordre 5 signifie qu'en ce point dont on connaît la distance cumulée (abscisse depuis) l'axe l'on dispose de la côte projet, l'indice 5 indique qu'il s'agit du 5ème point coté du profil.

Ultérieurement le programme devra déterminer, en ce même point la côte terrain qu'il suppose non fournie puisque les deux relevés sont indépendants. Le même raisonnement s'applique inversement quand on considère un point terrain (point où le programme dispose de la côte terrain et devra déterminer la côte projet en ce point).

Remarque : Le premier point^{projet} et le premier point terrain ont la même abscisse 0 située sur l'axe qui est pris comme origine commune. Mais en ce point les côtes projets et terrain sont en général différentes car la côte de calage de l'axe dépend de contraintes qui n'entrent pas dans le cadre de la présente étude.

II 2.1 CLASSIFICATION SUPERPOSITION DES DEUX PROFILS

Démarche Information

Après la saisie des données des points terrain dans le tableau TBT, la saisie ou la déduction des caractéristiques des points projet et le remplissage du tableau TBP, le programme procède au traitement et conserve. Les résultats dans un fichier résultat crée pour ce demi-profil. Il propose les saisies du même genre pour l'autre demi-profil afin de procéder au traitement des données de celui-ci et de conserve les résultats dans un autre fichier qui lui est réservé.

Après saisies et traitement des données des deux demi-profils composant un même profil en travers, il cumule séparément les surfaces de même nature (déblais d'une part et remblais d'autre part) puis ouvre le fichier " CUBATURE" Et y transfère les résultats qui avec les longueurs d'application permettront les calculs des cubes.

II.2.1.1 CLASSIFICATION DES POINTS DANS L'ORDRE CROISSANT DES DISTANCES CUMULEES

Cette classification des points côtés projet et points côtés terrain dans l'ordre croissant des distances cumulées assimilables à des abscisses avec l'axe comme origine (abscisse 0.00) et l'identification de chaque point classé est un prélude à la superposition du profil projet au profil terrain, afin de procéder aux calculs des surfaces. Pour faciliter la compréhension, il est préférable d'illustrer la démarche par un exemple :

- Soit NP % le nombre de points côtés sur le profil projet
prenons NP % = 6
- Soit NT% le nombre de points côtés sur la coupe du terrain naturel

Prenons NT% = 9

Nous dimensionnons un tableau TBP (6,NP%) Soit toujours 6 lignes quelque soit le cas et NP% colonnes selon le nombre de points. Nous dimensionnons un autre tableau TBT (5 NT%) soit toujours 5 lignes quelque soit le cas et NT% colonnes selon le nombre de points terrain (ici NT% = 9)

...../

Que ce soit dans le tableau TBP ou dans le tableau TBT, les distances cumulées sont enregistrées dans la troisième ligne.

TBP (3,5) J variant de 1 à NP%

TBT (3,5) J variant de 1 à NT%

NB: Tout point sera indicé par un chiffre décimal dont la partie entière sera toujours le chiffre 1, le ou les chiffres après la virgule forme (nt) un nombre indiquant le numéro d'ordre du point sur le profil projet

- Tout point terrain sera indicé aussi par un chiffre décimal dont la partie entière sera toujours 5, le ou les chiffres après la virgule formant un nombre constituant le numéro d'ordre du point sur le profil terrain.

Nous créons un troisième ^{tableau} appelé ROC à deux lignes mais le nombre de colonnes est NP% + NT%

Avec l'instruction DIM ROC (2, NP% + NT%).

Démarche

Dans les premières Lignes du tableau ROC, nous enregistrons d'abord les distances cumulées des points projet que nous glissons dans le tableau TBP. Les distances cumulées dans la première ligne et en dessous de chaque distance cumulée, à la deuxième ligne est enregistrée l'indice d'identification du point.

Après l'enregistrement des distances cumulées projet et des indices d'identification des points, on enregistre dans la suite du tableau ROC les distances cumulées terrain et les indices d'identification des points.

Ces opérations terminées, un programme de tri classe tous les éléments cumulés : abscisses) du tableau ROC dans l'ordre croissant des distances cumulées en assignant à chaque distance cumulée qui se rapporte en fait à un point projet ou terrain son indice d'identification permettant de savoir s'il s'agit d'un point projet (donc en ce point l'on dispose de la côte projet, on déterminera ensuite la côte terrain), ou s'il s'agit d'un point terrain (donc en ce point l'on connaît déjà la côte terrain, on verra ultérieurement comment déterminer la côte projet) et de savoir le numéro d'ordre du point dans le profil auquel il appartient

...../

Exemple concret de la démarche suivie

1) PROJET : NP % = 6 tableau TBP pour PROJET

numéros	1	2	3	4	5	6
distances	:	:	:	:	:	:
partielles	:	:	:	:	:	:
distances cumulées	0.00	2.50	3.00	3.50	4.50	6.00
longueur de projet	:	:	:	:	:	:
longueur naturelle	:	:	:	:	:	:
longueur de côte	:	:	:	:	:	:
éclatés	:	:	:	:	:	:

2) TERRAIN : NT % = 9 Tableau TBT pour terrain

numéros	1	2	3	4	5	6	7	8	9
distances	:	:	:	:	:	:	:	:	:
partielles	:	:	:	:	:	:	:	:	:
distances cumulées	0.00	0.90	0.95	1.50	4.00	5.20	5.90	6.20	7.00
longueur	:	:	:	:	:	:	:	:	:
éclatés	:	:	:	:	:	:	:	:	:

3) TABLEAU ROC : Enregistrement distances cumulées et indices
PROJET d'abord puis distances cumulées et indices terrain

$$NP \% + NT \% = 6 + 9 = 15$$

DIM ROC(2,15)

PROJET						TERRAIN NATUREL								
0.00	2.50	3.00	3.50	4.50	6.00	0.00	0.90	0.95	1.50	4.00	5.20	5.90	6.20	7.20
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9

...../

4) TABLEAU ROC : Classement des distances cumulées par ordre croissant
avec indice d'identification du point correspondant

0.00	0.00	0.90	0.95	1.50	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.20	5.90	6.00	6.20	7.0
1	5.5	5.2	5.3	5.4	1.2	1.3	1.4	5.5	1.5	5.6	5.7	1.6	5.8	5.9

...../

Comme nous le constatons après classement dans le tableau ROC nous obtenons l'agencement des points avec des indices d'identification dans l'ordre croissant des distances cumulées? C'est une étape décisive pour réaliser la superposition des deux profils. Par ailleurs et ils permettent de déterminer par interpolation la côte manquante.

Pour exemple :

- 1) L'indice 1.5 se rapporte au 5ème point sur les données du profil projet, l'on sait qu'en ce point, la côte projet est connue, il reste à déterminer la côte terrain correspondante.
- 2) L'indice 5.3 se rapporte au 3ème point sur les données du profil terrain. En ce point, la côte terrain est fournie le programme devra déterminer la côte projet correspondante par interpolation en identifiant les abscisses (distances cumulées) et les côtes des deux points projet encadrant ce point terrain projet car il dispose des abscisses (distances cumulées) de tous les points.

Remarque : Après classification, on aurait pu fusionner les deux premières colonnes pour n'en faire qu'une. En effet le premier point projet et le premier point terrain, ont la même abscisse 0.00 mais avec éclatement les indices d'identification présentent un avantage lors des interpolations des côtes marquantes.

Avant de poursuivre informons le lecteur intéressé qu'il pourra trouver en annexe un petit programme marchant sur mini-ordinateurs de poche PC, un exemple de programme permettant de réaliser les opérations explicitées. :

- Enregistrements indépendant dans deux tableaux différents.
- Transfert des précédents enregistrements dans un tableau de synthèse.
- Classement par ordre croissant avec les indices.

Il y trouvera également un autre petit programme permettant l'identification complète d'un point dans ce tableau de synthèse, ce qui permet de recopier des caractéristiques concernant ce point dans le tableau d'origine auquel il appartient.

.../

CONCEPTION D'UN TABLEAU DE SYNTHÈSE

L'agencement dans l'ordre des points cotes et leur identification dans le tableau vont nous permettre de dresser un tableau de synthèse nommé TAS dans lequel nous acheverons la superposition du profil projet au profil terrain en déterminant les éléments nécessaires à cet effet.

NP% étant le nombre de points cotés projet spécifié et NT% le nombre de points cotés terrain naturel, nous dimensionnerons le tableau TAS% à 13 lignes et :
 $NP\% + NT\% + 1$ colonnes

Du tableau procédant ROC comportant les distances cumulées, on effectue le transfert de ces distances dans les cases de la troisième ligne du tableau de synthèse TAS en respectant l'ordre ; simultanément à chaque abscisse (distance cumulée) transférée, l'indice d'identification du point correspondant est transféré à la deuxième ligne de ce tableau, dans la même colonne que l'abscisse transférée.

L'objectif poursuivi est de réunir dans ce tableau de synthèse TAS tous les éléments nécessaires pour le calcul et le cumul des surfaces de déblais d'une part et des surfaces de remblais d'autre part que le demi-profil en travers étudié. Nous procédons par décomposition en figures élémentaires (trapèzes ou triangles à base(s) verticale(s) et à hauteur horizontale). Or, comme nous l'avons déjà souligné, l'application de cette méthode exige que le topographe élimine les surfaces ondulées et ramène la coupe à une ligne brisée dont il indiquera la distance cumulée et la cote de tout point anguleux se rapprochant le plus possible du profil réel. Ceci est recommandé aussi bien pour le profil projet que pour le profil terrain naturel. Ainsi entre deux points consécutifs cotés sur le projet ou sur le terrain naturel le profil est supposé régulier, c'est-à-dire rectiligne. Ceci étant respecté, la division en surfaces élémentaires est automatiquement réalisée si en tout anguleux dont déjà l'une des cotes (soit cote projet, soit cote terrain) est nécessairement connue l'on détermine la cote manquante. Ainsi la division en surfaces élémentaires est parfaitement réalisée si en tout point dont la cote terrain est connue on détermine la cote projet correspondante et inversement. C'est dans cet objectif que le tableau de synthèse TAS est créé.

...../

Sachant que dans le tableau de synthèse TAS, les cases de la troi-

sième ligne contiennent déjà les distances cumulées et celles de la deuxième ligne les indices d'identification des points correspondants, il reste à transférer les paramètres connus, puis à déduire ou calculer les éléments faisant défaut pour le calcul des surfaces. Les opérations à mener sont les suivantes :

1) Transferts des paramètres nécessaires figurant déjà sur les tableaux des donnees (TBP ou TBT).

Pour ce faire, le programme interprète les indices contenus dans les cases de la deuxième ligne du tableau de synthèse TAS. Il décortique l'indice, détermine le tableau (TBP ou TBT) où se trouve le point, détermine son numéro l'ordre dans ce tableau et transfère les données utiles de cette adresse au tableau de synthèse. En fait, la donnée utile à transférer est la côte. S'il s'agit d'une côte projet, elle est transférée à la colonne requise mais à la ligne 4 du tableau de synthèse. En revanche s'il s'agit d'une côte terrain elle est transférée à la colonne toujours à la colonne requise mais à la ligne 7 du tableau de synthèse.

Cette opération se poursuit jusqu'au dernier point enregistré dans le tableau de synthèse.

2) Détermination des côtes manquantes

La deuxième opération consiste à créer encore une boucle où de nouveau, les indices des cases de la deuxième ligne sont décortiqués.

D'abord le programme recherche les points terrain cotés.

En chacun de ces points où la côte terrain est connue, il s'arrête et détermine par interpolation la côte projet correspondante. Pour ce faire, il est d'abord crée une boucle ouverte :

- De ce point terrain, la boucle regresse vers l'axe à la recherche du point coté projet le plus proche dont il enregistrera la côte et l'abscisse.

Ensuite on crée une boucle imbriquée :

Allant de ce point vers le talus à la recherche du premier point coté projet le plus proche dont il enregistrera la côte et l'abscisse (distance cumulée).

...../

Enfin connaissant les deux points cotés projet encadrant ce point terrain et toutes les caractéristiques nécessaires, distances cumulées (abscisses des trois points) le programme détermine par interpolation la côte projet correspondante en ce point. L'opération se repète avec les autres points. Puis, de la même manière, le programme détermine les côtes terrain naturel manquantes

REMARQUE : Une largeur maximale d'aménagement doit être indiquée au delà de laquelle, les calculs deviennent inutiles et dans ce cas, le programme passe à l'étape suivante.

La crête du talus est déterminée soit par interpolation quand cela est possible (rélevé terrain suffisamment large), dans le cas contraire le programme essaie de le faire à l'aide des déclivités sans toutefois aller au delà de la largeur maximale d'aménagement spécifiée.

3) Une fois les opérations précédentes réalisées, sur la largeur utile d'aménagement le programme dispose d'une série de points cotés (côte projet et côte terrain connues en chacun de ces points). Créant une boucle parcourant les points, il calcule en chacun des points la différences, suivantes :

(COTE PROJET - COTE TERRAIN) et conserve le résultat algébrique dans une cellule dans la même colonne.

4) CALCULS DES SURFACES

Notons que la division en surfaces élémentaires est déjà réalisée par les opérations précédentes. Les bases verticales des trapèzes ou des triangles sont tout simplement les différences de côtes (PROJET-TERRAIN) et les hauteurs sont les distances partielles entre les deux points consécutifs.

NB : Comme sur le profil en long, il existe des profils fictifs, il existe sur les profils en travers des cas similaires baptisés points de passage et il convient de connaître les distances horizontales les séparant des points réels voisins. Un point de passage repéré par calculs sur le profil en travers, - comme son nom l'indique marque le passage d'un déblai à un remblai ou vice versa. Quand un point de passage existe, entre deux points, il faut donc déterminer sa position qui constitue une limite pour une surface de remblai contigue à une surface de remblai

Pour le calcul des surfaces, on crée deux cellules de cumuls, l'une pour le cumul des déblais, l'autre pour le cumul des remblais. Il suffit de se référer à un paramètre permettant de distinguer les déblais des remblais /:

Par exemple, de l'axe vers le talus (sans dépasser la largeur maximale d'aménagement spécifiée), on considère successivement deux points consécutifs :

- 1) En l'absence de points de passage deux cas de figures se présentent :
- En l'un des points la différence (COTE PROJET - COTE TERRAIN) est positive donc entre les deux points l'on a un déblai la figure étant un trapèze
 - En l'un des points, la différence (COTE PROJET - COTE TERRAIN) est négative, ce qui indique une surface de remblai matérialisée par un trapèze.
- 2) En cas d'existence d'un point de passage, ou si le profil projet et le profil convergent (soit à l'axe, soit à la crête du talus), on aura une surface triangulaire. Si la base du triangle calculée comme suit (COTE PROJET - COTE TERRAIN) est positive, il s'agit d'une surface de déblai, par-contre si la différence ci-dessus est négative on aura une surface de remblai.
- De l'axe vers le talus, on calcule et on cumule séparément les déblais et les remblais.

Ces résultats qui ne concernent qu'un demi-profil, sont conservés dans un fichier ouvert à cet effet. Le programme vérifie si les calculs sont faits pour l'autre demi-profil.

- Si tel est le cas, il détruit les tableaux prédimensionnés, puis ouvre le fichier cubature à l'enregistrement correspondant au profil étudié et enregistré dans des zones spécifiques la surface totale de déblais résultant du cumul des déblais des demi-profils droite, puis il fait de même pour les remblais.

- Si les calculs de surfaces de l'autre demi-profil ne sont pas encore réalisés, le programme le signale, détruit tous les tableaux prédimensionnés et invite l'opérateur à procéder à la détermination de ces surfaces. Après quoi, il détruira les tableaux prédimensionnés, ouvrira le fichier, CUBATURE pour y enregistrer la surface totale de remblais et la surface totale déblais du profil étudié.

III CUBATURES - MOUVEMENT DE TERRES.

III.1 Fichier cubatures

Il s'agit d'un fichier résultat sur lequel, on mène quand-même quelques opérations. Mais avant toute opération il faudra au préalable y transférer dans les zones réservées à cet effet, la surface totale déblais, la surface totale remblais et la longueur d'application de chaque profil en travers.

Si toutes ces opérations sont accomplies, du menu général on peut commander l'exécution des calculs de cubatures qui sont très simples : surfaceX longueur d'application. Les résultats sont conservés dans le même fichier dans des zones prévues pour cela.

Après les calculs de cubatures, du menu, on peut commander la visualisation des résultats.

Après le transfert de tous les éléments nécessaires on peut procéder à l'étude du mouvement des terres.

CONCLUSION GENERALE

Avant la construction d'une route, on procède à l'établissement d'un avant projet qui doit comporter entre autres des éléments renseignant sur l'importance des travaux de terrassements. Les méthodes classiques pour parvenir à ce but étant assez longues et pénibles, nous avons fait appel à l'informatique — qui convient pour la résolution de problèmes aux données pléthoriques — pour traiter les données et fournir les résultats attendus.

Si les résultats obtenus sont satisfaisants, cela ne signifie nullement que le programme est parfait. La but de connaître les résultats des calculs de cubature et le mouvement des terres est atteint, ce qui permet l'évaluation financière avant financement, la détermination des engins (en nature et en nombre) à mettre sur chantier, le sens des mouvements.

Cependant, on peut noter des limites regrettables du programme :

Le traitement des données restant numérique, l'absence de graphes au niveau des profils en travers ne facilite pas l'exécution des travaux.

De même la recherche de la ligne de transport est régie par des calculs numériques ne permettant pas la visualisation de l'épure.

Par ailleurs, le programme est écrit en BASIC qui est un langage moins performant que d'autres qui disposent de puissantes instructions permettant de réduire l'encombrement en mémoire et d'améliorer le temps d'exploitation.

Si par manque de temps, nous n'avons pu envisager la résolution des problèmes ci-dessus, ce n'est que partie remise car à l'occasion, nous ne manquerons pas d'améliorer le programme afin qu'il réponde le mieux possible aux aspirations des utilisateurs. Ceci suppose par ailleurs l'amélioration du niveau de programmation et nous replonge dans la jeune mais vaste science informatique.

IBLIOGRAPHIE

I PARTIE VOIRIE

A) PUBLICATIONS

- R. ALLEGRET

Cours de projet de tracé et de terrassements (texte)

330 pages

Editions Eyrolles

Paris, 1967

- R. ALLEGRET

Cours de projet de tracé et de terrassements (graphiques)

Editions Eyrolles

Paris, 1967

- G. JEUFFROY

Conception et construction des chaussées (tome 1)

450 pages

Editions Eyrolles

Paris, 1970

- G. JEUFFROY

Conception et construction des chaussées (tome 2)

430 pages

Editions Eyrolles

Paris, 1970

- L. ODIER, R.S MILLARD, PIMENTEL, S.R. MEHRA

Routes dans les pays en voie de developpement

Conception - construction - entretien

175 pages

Editions Eyrolles

Paris, 1968

B) LITTÉRATURE GRISE

POLYCOPIES

- G. RENAULT
Voirie rurale, 170 pages
Documentation E.I.E.R
Ouagadougou, 1979
- P. FRAUDET
Voirie, 160 pages
Documentation E.I.E.R
Ouagadougou, 1981
- DOURTHE
Cours Avant-métré, 50 pages
Documentation E.I.E.R
Ouagadougou, 1980.

II PARTIE INFORMATIQUE

- MS GW-BASIC Guide de l'utilisateur
S.N Logabax PERSONNA 1600
Edition 1985, Paris
- YVES KERGAL
Méthodes de programmation en BASIC , 220 pages
Editions Eyrolles Paris 1987
- C. JOUFFROY , C. LETANG
Les fichiers , 200 pages
DUNOD informatique
BORDAS , Parsi, 1977
- A. DUCRIN
Programmation (tome 1)
Du problème à l'algorithme, 260 Pages
DUNOD informatique
BORDAS, Paris, 1984
- DUCRIN
Programmation
De l'algorithme au programme , 260 Pages
DUNOD informatique
BORDAS, Paris, 1984
- NIRGA
MS-DOS facile, 155 Pages
Collection Marabout, 1985.

A N N E X E S



ANNEXE 1

Programme permettant des saisies de données numériques dans deux tableaux différents, effectuant le transfert de ces données dans un tableau de synthèse, puis procédant à leur classement par ordre croissant dans ce même tableau de synthèse, chaque donnée s'accompagnant d'un indice d'identification. Sur PC de poche.

```

10 : PRINT "NOMBRE DE DONNEES, T1" : INPUT "N = "; N
20 : PRINT "NOMBRE DE DONNEES, T2" : INPUT "P = "; P
30 : DIM T(3,N), Z(3,P), B(2,N+P) : R=N+P : H=N
40 : FOR I=1 TO N : INPUT T(3,I) : NEXT I
50 : FOR I=1 TO P : INPUT Z(3,I) : NEXT I
60 : REM ENREGISTREMENT DANS LE TABLEAU DE SYNTHESE B
70 : FOR I=1 TO N : B(1,I)=T(3,I) : B(2,I)=1+I/10
80 : REM B(2,I) INDICE D'IDENTIFICATION
90 : IF I=10 THEN LET B(2,I)=1.10
00 : IF I>10 THEN LET B(2,I)=1+I/100
10 : NEXT I
20 : FOR I=1 TO P
30 : H=H+1 : B(1,H)=Z(3,I) : B(2,I)=5+I/10
40 : IF I=10 THEN LET B(2,I)=5.10
50 : IF I>10 THEN LET B(2,I)=5+I/100
60 : NEXT I
70 : REM CLASSEMENT
80 : FOR I=1 TO R : FOR J=I TO R
90 : IF B(1,I) <= B(1,J) THEN 220
00 : A=B(1,I) : B(1,I)=B(1,J) : B(1,J)=A
10 : C=B(2,I) : B(2,I)=B(2,J) : B(2,J)=C
20 : NEXT J
30 : NEXT I : REM FIN CLASSIFICATION
40 : PRINT "RESULTATS DE CLASSEMENT"
50 : FOR I=1 TO R : PRINT "ELEMENT "; I; "="; B(1,I)
60 : PRINT "INDICE = "; B(2,I)
70 : NEXT I
80 : PRINT "FIN"
90 : END

```

Sous-programme permettant de décartiquer les indices enregistrés dans les cases de la deuxième ligne du tableau de synthèse TAS et identifiant le point (appartenance au tableau de données PROJET ou au tableau de données TERRAIN, ainsi que le numéro d'ordre du point dans le tableau d'origine)

NB: Les mêmes indices étant contenus dans le tableau de classification ROC, dans les cellules de sa première ligne. La lecture des indices peut aussi se faire dans ce dernier.

Soit R le nombre total de points dont les distances cumulées (abscisses) sont classées dans la première ligne de ROC et les indices d'identification dans la deuxième ligne.

```

200 : REM IDENTIFICATION DES POINTS
210 : FOR J= 1 TO R
220 : P$ = LEFT$(STR$(ROC(2,J)), 1)
230 : Q$ = MID$(STR$(ROC(2,J)), 3, LEN(STR$(ROC(2,J))) - 2)
240 : P% = VAL(P$)
250 : Q% = VAL(Q$)
260 : IF P% = 1 THEN PRINT "POINT PROJET N°"; Q% :
                                GOTO 290
270 : REM P% = 5 DONC POINT TERRAIN
280 : PRINT "POINT TERRAIN N°"; Q%
290 : NEXT J
300 : PRINT "FIN" : END

```