HAL open science

Optimisation de la gestion routière. Utilisation de l'uni longitudinal des chaussées

Dariusz Godlewski

▶ To cite this version:

Dariusz Godlewski. Optimisation de la gestion routière. Utilisation de l'uni longitudinal des chaussées. Interface homme-machine [cs.HC]. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1985. Français. ⟨NNT : ⟩. ⟨tel-00529962⟩

HAL Id: tel-00529962

https://pastel.hal.science/tel-00529962v1

Submitted on 29 Oct 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Autorisation HAL

HAL Authorization

NS 12766 T1(2)

THESE DE DOCTEUR - INGENIEUR

présentée

à

L'ECOLE NATIONALE des PONTS et CHAUSSEES

par

DARIUSZ GODLEWSKI

pour obtenir le grade de

DOCTEUR - INGENIEUR EN GENIE CIVIL

OPTIMISATION DE LA GESTION ROUTIERE

UTILISATION DE L'UNI LONGITUDINAL DES CHAUSSEES

soutenue le 21 juin 1985
devant le jury composé de :

MM.	J. BONNOT	Président
	G. JEUFFROY	Rapporteur
	C. PEYRONNE	Directeur de thèse
	M. BOULET	Examinateurs
	J. CHEVALIER	
	M. RAY	
	R. SAUTEREY	
	A. VIANO	
	B. FAUVEAU	Invités
	J.-C. PARRIAUD	

20

75833

NS 12766(2) X
t.1

THESE DE DOCTEUR - INGENIEUR

présentée

à

L'ECOLE NATIONALE des PONTS et CHAUSSEES

par

DARIUSZ GODLEWSKI

pour obtenir le grade de

DOCTEUR - INGENIEUR EN GENIE CIVIL

OPTIMISATION DE LA GESTION ROUTIERE

UTILISATION DE L'UNI LONGITUDINAL DES CHAUSSEES

soutenue le 21 juin 1985
devant le jury composé de :

MM.	J. BONNOT	Président
	G. JEUFFROY	Rapporteur
	C. PEYRONNE	Directeur de thèse
	M. BOULET	Examinateurs
	J. CHEVALIER	
	M. RAY	
	R. SAUTEREY	
	A. VIANO	
	B. FAUVEAU	Invités
	J.-C. PARRIAUD	

20

E.N.P.C.
DOC02447

A ma mère, à ma femme et à mon fils,
qui ont attendu 2 ans

Dariusz GODLEWSKI

KLODZKA 19

04 - 913 WARSZAWA

POLOGNE

tel. 12.92.02
13.74.70

Que tous ceux qui m'ont aidé à préparer ce mémoire trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mes plus vifs remerciements s'adressent tout particulièrement à M. HIRSCH Directeur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées et à M. FAUVEAU Directeur du Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes qui m'ont permis en tant qu'élève-chercheur de l'Ecole, la préparation de ce mémoire au SETRA;

M. SAUTEREY Directeur Adjoint du SETRA, et plus particulièrement tuteur de cette thèse, pour son accueil au SETRA; ses qualités pédagogiques et scientifiques m'ont laissé un profond souvenir et il a aimablement accepté de participer au jury;

M. JEUFFROY qui a bien voulu examiner avec soin ce travail,

M. BOULET, qui a apporté une contribution notable à ce domaine et qui a aimablement accepté de faire partie du jury,

MM. BONNOT, RAY, CHEVALIER , qui ont bien voulu participer au jury.

Ce travail doit beaucoup à MM. PEYRONNE, JOUBERT, VIANO. C'est à la suite de nombreuses discussions avec eux, que plusieurs idées exprimées ici ont vu le jour. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance. Je tiens à les remercier tous et plus particulièrement M. PEYRONNE qui m'a accueilli au sein de son équipe et qui a accepté les tâches de directeur de thèse et M. VIANO qui m'a accueilli au Laboratoire Regional de l'Ouest Parisien avec beaucoup de gentillesse et de chaleur. Qu'ils trouvent tous ici le témoignage de mes amitiés les plus sincères.

Les personnels du SETRA et de la DIrection de la Recherche de l'ENPC ont très largement facilité le déroulement de ce travail de recherche, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Cette liste serait incomplète si je ne mentionnais mes amis et collègues du SETRA, du LCPC, du LROP, des CETE et des DDI qui m'ont aidé par leurs informations, remarques, suggestions ou simplement leur amitié; je cite tout particuliérement Melle LEROY de la DI du SETRA, GUERITAT du CETE Rouen, CHAGNON de la DCT du SETRA, Mme DANIEL du SI du SETRA et MM. LOUAH et GAMBARD de la DLI du SETRA, GOUVERNEUR de la DI du SETRA, LE BRETON, SAVIN de la DTCS du SETRA, de BOISSOUDY, BRETONNIERE, PEYBERNARD du LCPC, SIFFERT et ELOI du LROP, KOBISCH du LR Saint-Brieuc, MACAZAGA et RICHARD du CETE Bordeaux, CHEVET et RENAULT du CETE Lyon, FOLLIN et AGNELLI du CETE Aix, MESNARD du CETE Nantes et tous les autres, sans oublier le personnel de secrétariat et le service de reproduction qui ont assuré le tirage de ce mémoire.

Resumé

Cette recherche, préparée au Service Technique des Routes et Autoroutes (SETRA), participe à l'établissement d'un modèle français de gestion des chaussées en vérifiant la possiblité de l'introduction de l'uni comme facteur de ce modèle; est consacré, en quasi totalité, à l'APL-72 avec son échelle de notation.

Dans un premier temps, on regroupe des informations sur les appareils de mesure existants en France et à l'étranger ainsi que les divers systèmes de notation liés à l'APL et son exploitation.

La prise en considération de l'uni (APL-72 - notation standard) comme facteur quantitatif de gestion pose d'abord le problème de savoir si l'uni fournit une base comparative pour toutes les données, suffisamment discriminante et stable dans le temps ; c'est le problème de la précision des données.

On examine donc d'abord la précision de l'APL sous sa version standard APL-72, par une analyse du comportement de l'appareil au fil des ans, ainsi que celui de la chaîne de traitement.

Cette analyse a conduit à l'étude des distributions des valeurs réelles en fonction des valeurs mesurées et à des conclusions sur l'exploitation de l'APL-72.

L'évolution de l'uni des chaussées dans le temps pose le problème de la prévision du comportement des chaussées au cours du temps; c'est le problème l'essentiel de la gestion routière. Il a été examiné suivant deux approches différentes : à partir des Sections Témoins du Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien et à partir des données fournies par la Banque des Données Routières qui contient, entre autres, l'ensemble des mesures effectuées sur le réseau national français, dans le cadre de la surveillance de routine.

Dans les deux cas, l'analyse a consisté en une sélection des tronçons convenables et en un traitement statistique. La partie consacrée aux section témoins se caractérise par un nombre de PR introduits dans l'analyse relativement faible, avec comme tronçon de base de comparaison une longueur de 200 m; par contre celle consacrée à la BDR (moins fine mais s'appuyant sur des données plus nombreuses) utilise comme tronçon de base de comparaison une longueur de 1000 m.

Ce chapitre a permis de dégager des formules statistiquement significatives, décrivant l'évolution de l'uni des chaussées en fonction du trafic et de paramètres structuels, tels que les épaisseurs équivalentes ou les déflexions.

On présente enfin une recherche sur la relation entre l'uni des chaussées et la vitesse du trafic. Ce problème, fondamental pour l'étude des coûts des usagers a été abordé en analysant les données obtenues sur 12 sites, pendant une campagne organisée avant et après des travaux de renforcement.

Cette recherche a montré que l'uni de chaussées influence fortement la vitesse et doit être pris en compte dans les analyses de vitesse comme facteur principal au même titre que les autres.

Index des symboles

N	est la note d'uni (des petites, moyennes ou grandes ondes)
E	est l'énergie de l'APL-72 (des petites, moyennes ou grandes ondes)
N_1	est la note initiale des petites ondes
E_1	est l'énergie initiale des petites ondes
H_{eq}	est l'épaisseur équivalente des chaussées
def	est la deflexion des chaussées
v_{moy}	est la vitesse moyenne du trafic
v_{85}	est la vitesse dépassée par 85% des véhicules
a, b, c, d, α, β, γ, δ	sont les constantes
PO	est la gamme des petites ondes
MO	est la gamme des ondes moyennes
GO	est la gamme des ondes grandes

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION 6

1.1. Définition de l'uni des chaussées 6

1.2. Systèmes de gestion routière 7

1.3. Gestion routière en France 8

1.4. Objectif et cadre de l'étude 9

2. RAPPEL SUR LES APPAREILS DE MESURE DE L'UNI 11

2.1. Généralités 11

2.2. Différents appareils de mesure 12

2.2.1. Appareils à référence géométrique simple 13
2.2.2. Appareils à plate-forme inertielle 13
2.2.3. Appareils basés sur la réponse dynamique d'un véhicule 14

2.3. Comparaison des mesures effectuées par les différents appareils 15

2.4. Systèmes de quantification de l'uni des chaussée relevé par l'APL-72 16

2.4.1. Energie et note APL-72 16
2.4.2. Coefficient de planeité (CP) - belge 18
2.4.3. Autres formules fondées sur le signal numérisé 19

2.5. Comparaison de différentes quantifications de l'uni (APL-72) 21

2.5.1. Généralités 21
2.5.2. Analyse de régression 23

2.6. Conclusions sur la notation de l'uni des chaussées 28

3. PRECISION DE LA MESURE DE L'UNI DES CHAUSSEES AVEC L'APL-72

3.1. Généralités 29

3.2. Fonction de transfert de la remorque APL 30

3.2.1. Fonction de transfert de la remorque 32
3.2.2. Enveloppes des fonctions de transfert 33

3.3. Effet du traitement du signal 34

3.3.1. Filtres de la chaîne de traitement 34
3.3.2. Fonction de transfert d'énergie 35
3.3.3. Variations de la fonction de transfert de la chaîne de traitement en fonction de la durée d'alimentation 36
3.3.4. Variations de la fonction de transfert de la chaîne de traitement dans le temps 40

3.4. Effet des conditions de mesure 42

3.4.1. Influence de la précision de mesure de distance 42
3.4.2. Influence de la vitesse de mesure 43
3.4.3. Reproductibilité de la mesure 45

3.5. Estimation de la précision des résultats (mesure et traitement) 46

3.5.1. Méthodologie utilisée 46
3.5.2. Décomposition de l'énergie par gamme de longueur d'onde 48
3.5.3. Erreurs cumulées 50
3.5.4. Relation entre notes mesurées et notes réelles 55

3.6. Conclusions sur la précision de la mesure de l'uni des chaussées avec l'APL-72 60

3.6.1. Utilisation de la remorque APL 60
3.6.2. Système de mesure de l'APL-72 60
3.6.3. Système de traitement des mesures de l'APL-72 62
3.6.4. Précision d'ensemble 62

4. EVOLUTION DE L'UNI DES CHAUSSEES 64

4.1. Généralités 64

4.2. Historique de l'étude et données disponibles pour les sections témoins (ST) 64

4.3. Vérification et validation des données existantes sur les ST 65

4.3.1. Vérification des travaux effectués sur les sections et détermination des sections homogènes du point de vue de la structure 65
4.3.2. Précision de la localisation des tronçons de mesure 68
4.3.3. Fichier de données des sections témoins 73

4.4. Traitement statistique des données des ST 74

4.4.1. Choix du type de formule à étudier 74
4.4.2. Choix des variables explicatives et à expliquer 77
4.4.3. Régressions étudiées et comparaison des formules 80
4.4.4. Formules expliquant l'évolution de l'uni par la notion "énergie" APL-72 83
4.4.5. Formules expliquant l'évolution de l'uni par la notion "note" APL-72 86
4.4.6. Formules faisant intervenir la portance de la structure 90
4.4.7. Remarques sur les formules étudiées 95

4.5. Utilisation des données de la Banque des Données Routières (BDR) 98

4.5.1. Données sur l'uni 98
4.5.2. Données sur la déflexion 100
4.5.3. Données sur les épaisseurs équivalentes 101

4.6. Traitement statistique des données de la BDR 101

4.6.1. Formule utilisant uniquement le facteur uni initial 102
4.6.2. Formule faisant intervenir les épaisseurs équivalentes des structures 104
4.6.3. Formule faisant intervenir la déflexion 106

4.7. Comparaison des résultats obtenus pour les ST et pour la BDR 109

4.8. Conclusions sur l'évolution de l'uni des chaussées 111

5. RELATIONS ENTRE L'UNI DES CHAUSSEES ET LA VITESSE DES VEHICULES 113

5.1. Introduction 113

5.1.1. Généralités 113
5.1.2. Vitesses dans l'analyse routière 114

5.2. Campagne de mesures de vitesses 115

5.2.1. Choix des sections étudiées 115
5.2.2. Principes de mesure 117

5.3. Sélection et quantification des données 118

5.3.1. Limites de débit horaire 118
5.3.2. Trafic des poids lourds et des véhicules légers 121
5.3.3. Uni des sections 124

5.4. Traitement statistique des données 125

5.4.1. Comparaison de la vitesse et de l'uni avant et après renforcement 125
5.4.2. Relation générale vitesse - uni 130
5.4.3. Comparaison des résultats avec la vitesse de base 136

5.5. Conclusions sur la relation uni - vitesse 137

6. CONCLUSIONS GENERALES 139

6.1. Conclusions sur la recherche poursuivie 139

6.1.1. Appareils de mesure 139
6.1.2. Evolution de l'uni des chaussées 140
6.1.3. Relation uni des chaussées et vitesse du trafic 141

6.2. Conclusions sur les recherches à suivre 141

6.2.1. Aspect général, méthodologie et base de mesure 141
6.2.2. Amélioration des mesures et du traitement de l'APL-72 142
6.2.3. Approfondissement des questions abordées dans cette recherche 143
6.2.4. Analyse de l'évolution de l'uni 143
6.2.5. Relation uni des chaussées et vitesse du trafic 144

7. BIBLIOGRAPHIE 145

1. INTRODUCTION

Le niveau de service d'une chaussée intègre une perception de la géométrie de la route, de la qualité de la couche de roulement, de la sécurité, de la qualité des équipements et de la fluidité du trafic.

Dans le cadre de l'entretien routier on s'intéresse surtout à la partie variable dans le temps de ce niveau de service et en particulier, à celle qui est en relation avec l'état de la chaussée.

Les objectifs d'entretien prennent en compte les différents éléments qui entraînent des dépenses pour l'usager et pour la collectivité. On distingue deux familles de coûts : coûts d'intervention sur chaussée et coûts généralisés d'usage. Les premiers comprennent les coûts des réparations localisées ou généralisées (renouvellement des couches de surface, renforcement, etc...) ; les seconds recouvrent tout ce qui est lié à l'utilisation des véhicules ; il peut s'agir de coûts individuels ou de coûts pour la collectivité (coûts de fonctionnement des véhicules, coûts liés aux temps de parcours, coûts des accidents, coûts de l'inconfort...).

Le choix d'objectifs de gestion, s'appuyant sur l'optimisation économique globale nécessite une connaissance des relations entre les paramètres pris en compte.

Partout dans le monde une grande attention est portée à la qualité du service offert aux usagers et l'uni est considéré comme un élément important de cette qualité de service, mais pour la gestion des réseaux routiers, l'uni n'est considéré que comme un indicateur parmi d'autres. Représentatif des caractéristiques fonctionnelles des chaussées, il est souvent complété par des indicateurs plus représentatifs des caractéristiques structurelles.

1.1. Définition de l'uni des chaussées

Dans la bibliographie on trouve deux types de définition de l'uni. La première |53|, de nature plutôt géométrique, précise que l'uni est considéré comme étant l'ensemble des dénivellations d'une surface de chaussée par rapport à son profil longitudinal théorique.

La seconde comprend sous le terme "uni" tous les défauts de surface de la chaussée provoquant les vibrations des véhicules (ou d'éléments de véhicules, roue par exemple) circulant sur la chaussée. Cette dénomination intégre donc tous les aspects de l'uni, tel qu'il est perçu par les usagers.

Ces deux définitions sont liées à deux familles d'appareils de mesure (voir § 2.1) :

- la première famille utilise une base de mesure intermédiaire (en général inertielle ou géométrique).

- la deuxième famille utilise directement pour base de mesure le véhicule qui sert à réaliser les mesures.

On peut cependant remarquer, que l'uni prend parfois une place qui dépasse largement l'objectif initial (aspects géométriques ou leurs effets sur les vehicules) et intervient aussi comme paramètre représentatif important dans de nombreux aspects du comportement des chaussées (structure notamment).

1.2. Systèmes de gestion routière

Il existe actuellement de nombreux modèles de gestion plus ou moins avancés. Pour la gestion d'un réseau routier on est en fait conduit à distinguer deux niveaux de décision.

- Le niveau du réseau (1), pour lequel il s'agit de définir des objectifs et des stratégies qui permettent de les atteindre au meilleur coût.

- Le niveau du projet (2) pour lequel pour atteindre l'objectif défini en (1), le problème est de déterminer la solution technique la plus appropriée.

Dans chaque modèle de gestion, au niveau 1 de décision, il faut définir :

- Une méthode d'évaluation de l'état des chaussées, et un modèle de prévision de l'évolution de cet état.

- Une méthode d'évaluation des coûts pour l'usager, en fonction de l'état des chaussées.

- Des critères de comparaison des différentes stratégies proposées et une méthode d'optimisation globale.

Les méthodes utilisées actuellement dans les systèmes de gestion sont très variées et concernent un ou plusieurs des aspects décrits ci-dessus.

Par exemple le système HDM |11|, retient l'uni de la chaussée comme facteur représentatif à la fois des coûts des usagers, et de l'évolution de l'état des chaussées.

D'autres modèles, à l'inverse, donnent un rôle privilégié au facteur dégradations, mais ces modèles ne prennent en général en compte les coûts pour l'usager que de manière implicite, en supposant que ceux-ci sont minimaux dès lors que le niveau des dégradations est lui-même minimisé.

La bibliographie sur les systèmes de gestion est abondante, quelques éléments sont fournis en |59|; des données sur le système utilisé en France sont réunies ci-après.

1.3. Gestion routière en France

En France, pour la gestion des Routes Nationales, on utilise depuis 1969 une stratégie de renforcement des structures suivi d'un entretien préventif, compensant l'accumulation de la fatigue des structures.

Actuellement sur ~ 28000 km de routes nationales, ~ 21000 km sont déjà renforcés, et le problème de leur entretien préventif devient de plus en plus important.

La méthodologie suivie pour le renforcement du réseau national et la construction de chaussées neuves reste dans le cadre des documents types. Le Guide pour le Dimensionnement des Renforcements des Chaussées Souple |67| et Le Catalogue des Structures Types |100| déterminent uniquement la solution technique à appliquer à des sections, et restent donc au deuxième niveau de la gestion routière (voir § 1.2.).

Des essais de méthodologie relatifs au premier niveau (réseau) ont été réalisés en 1983 |12| ; cette étude fait largement appel à la mesure de l'uni des chaussées.

Trois objectifs étroitement liées peuvent être assignés à la politique d'entretien préventif menée en France, depuis 1972 sur les itinéraires renforcés ou neufs .

- Continuité dans l'espace du service offert à l'usager en assurant la circulation quelles que soient les conditions climatiques.

- Continuité dans le temps du niveau de service et maintien à un niveau élevé; les exigences des usagers en matière de sécurité et de confort vont d'ailleurs croissant.

- Adaptation des structures de chaussées à l'évolution prévisible du trafic.

Le Guide Technique pour l'Entretien Préventif |66| est utilisé aujourd'hui par l'ensemble des services d'entretien routier (pour les routes nationales).

Les indicateurs d'état quantifiés : déflexion, uni, adhérence, dégradations combinés et comparés à des valeurs de référence (à deux ou trois degrès de gravité), complétés par des informations sur l'historique de la structure et l'environnement déterminent la classe de priorité des travaux.

Le choix des techniques d'entretien pour une section retenue pour des travaux (niveau 2 de la décision) exige une étude précise dans chaque cas particulier en fonction de la nature du problème à résoudre et de considérations économiques.

1.4. Objectif et cadre de l'étude

Cette recherche participe à l'établissement d'un modèle français de gestion des chaussées en vérifiant la possiblité de l'introduction de l'uni comme facteur de ce modèle. Il s'agit donc du premier niveau d'un système de gestion décrit au § 1.2. .

L'utilisation de l'uni des chaussées au premier niveau d'un système de gestion peut être analysée sous les aspects suivants :

- Recherches sur l'appareil de mesure.
- Recherches sur les relations entre l'uni (mode de mesure et mode de traitement des résultats) et les objectifs de gestion ; relations avec les autres paramètres de gestion.
- Exploitation des mesures dans un système de gestion.

En France, un seul appareil, l'APL-72 (Analyseur de Profil en Long), fournit les données d'uni (qui sont stockées sous la forme de notes standard en trois gammes d'onde mais aussi sous la forme de signaux analogique et sous la forme numérique prétraitée) utilisées pour la gestion du réseau des routes nationales.

Ceci conduit à ne pas poser le choix de l'appareil de mesure, ni celui du système de traitement de ces mesures. Ce rapport est donc consacré, en quasi totalité, à l'APL-72 avec son échelle de notation.

1.4.1. Dans un premier temps, on regroupe des informations sur les appareils de mesure existants en France et à l'étranger ainsi que les divers systèmes de notation liés à l'APL et son exploitation. Le but est ici de présenter le phènomène physique de l'uni et puis la diversité des descriptions possibles (appareil de mesure et modes de traitement), puis d'examiner les relations entres les divers modes de quantification de l'uni à partir du signal enregistré par l'APL-72 , enfin de vérifier les possibilités de traitement numeriques de ce signal.

1.4.2. La prise en considération de l'uni (APL-72 - notation standard) comme facteur quantitatif de gestion (éventuellement prépondérant) pose d'abord le problème de savoir si l'uni fournit une base comparative pour toutes les données, suffisamment discriminante et stable dans le temps ; c'est le problème de la précision des données.

On examine donc d'abord la précision de l'APL sous sa version standard APL-72, par une analyse du comportement de l'appareil au fil des ans, ainsi que celui de la chaîne de traitement. Ce sujet très vaste a obligé à développer une recherche particulière et à lui consacrer un chapitre entier pour fournir les résultats obtenus. La démarche suivie est présentée en détail dans l'annexe II.

1.4.3. L'évolution de l'uni des chaussées dans le temps pose le problème de la prévision du comportement des chaussées au cours du temps; c'est le problème l'essentiel de la gestion routière. Il a été examiné suivant deux approches différentes : à partir des Sections Témoins (ST) du Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien (LROP) et à partir des données fournies par la Banque des Données Routières (BDR) qui contient, entre autres, l'ensemble des mesures effectuées sur le réseau national français, dans le cadre de la surveillance de routine.

Dans les deux cas, l'analyse a consisté en une sélection des tronçons convenables et en un traitement statistique. La partie consacrée aux section témoins se caractérise par un nombre de PR introduits dans l'analyse relativement faible, avec comme tronçon de base de comparaison une longueur de 200 m; par contre celle consacrée à la BDR (moins fine mais s'appuyant sur des données plus nombreuses) utilise comme tronçon de base de comparaison une longueur de 1000 m.

Ce chapitre permet de dégager des formules statistiquement significatives, décrivant l'évolution de l'uni des chaussées en fonction du trafic et de paramètres structuels, tels que les épaisseurs équivalentes ou les déflexions.

1.4.4. On présente enfin une recherche sur la relation entre l'uni des chaussées et la vitesse du trafic. Ce problème, fondamental pour l'étude des coûts des usagers a été abordé en analysant les données obtenues sur 12 sites pendant une campagne organisée avant et après des travaux de renforcement. L'intéret de cette étude est évident pour la gestion routière, car tous les modèles et strategies de gestion visent à offir à l'usager une qualité de niveau de service, dont la vitesse pratiquée est un élément essentiel (facteur prépondérant des coûts de l'usager).

2. RAPPEL SUR LES APPAREILS DE MESURE DE L'UNI

2.1. Généralités

Les défauts de surface des chaussées peuvent être classés par leur nature, comme indiqué par |102| :

- écarts de forme et de position,
- ondulations (défauts périodiques),
- stris, sillons, fentes (défaut périodiques ou apériodiques).

A l'échelle des défauts observés sur la route, ces différents défauts correspondent à :

- la déformation du profil théorique,
- l'uni,
- la rugosité.

La distinction nette de ces trois types des défauts est difficile, et suppose dans tous les cas des défauts périodiques . Cette distinction est actuellement possible par intermédiaires des longueurs des ondes incluses dans chacune des groupes. Les défauts d'uni correspondent en général à des longueurs d'ondes supérieurs à 20 cm, jusqu'à 50 m et plus.

L'uni des chaussées, comme déformation de la surface par la surface idéale peut être envisagé sous deux aspets :

- géometrique (écarts géometriques par rapport à celle géométriquement idéale),
- physique (comparaison des effets physiques provoqués par les défautes d'uni).

Ce deux types des aproches définissent l'uni de chaussées différement. On rappelle que dans premier cas l'uni est considéré comme étant l'ensemble des dénivellations d'une surface de chaussée par rapport à son profil longitudinal théorique et dans le second cas l'uni est défini par tous les défauts de surface de la chaussée provoquant les vibrations des véhicules.

Dans les deux cas, il faut d'abord déterminer une base de mesure, ce qu' il se produit en relation avec la construction mecanique des différents appareils.

De nombreux documents présentent les appareils couramment utilisés dans divers pays ; on peut citer particulièrement |19,24,33,34,36,38,47,53,60,73|.

Parmi ces différents types d'appareils de mesure de l'uni, on peut distinguer les groupes suivants .

- Appareils à référence géométrique simple:
  . règles simples,
  . règles roulantes ou glissantes (planographe, planimètre roulant |6|,règle roulante de 3m, règle glissante de 5m, Wellenmesser UKJ-67),
  . règles à balancier (viagraphe, profilomètre plat |23|,profilograf PKR-4M,profilograf ZF IV),
  . indicateurs de rayon de courbure (goniograph, Wintelmessgerat |21|),
  . indicateurs de pente (CHLOE-AASHO |58|, Neigungsmesser OGI |49|).

- Appareils à plate-forme inertielle (profilometer GMR |52|, analyseur de profil en long APL, analyseur de profil de l'Université de Berlin, profilomètre DF.1).

- Appareils basés sur la réponse dynamique d'un véhicule (Bump Integrator |29|, Road Meter (P.C.A.) |10|, Mays Meter |68|, BPR Roughometer |42|, Shock-Meter TOI |39|, Automatic Road Analyser ARAN |28|).

On voit qu'en fait ces groupes d'appareils peuvent être clessées en deux grandes familles en relation avec les deux aspects de l'uni mentionnés ci dessus : les appareils de type profilometre plus ou moins évolues et les autres appareils.

Dans ce chapitre on présente des éléments sur les différents appareils de mesure de l'uni et on examine ensuite les différents quantificateurs du signal de l'APL-72 et les relations qui existent entre ces quantificateurs.

2.2. Les différents appareils de mesure

Une caractéristique importante de ces appareils est leur fonction de transfert :

- la fonction de tranfert d'amplitude est le rapport entre les valeurs réelles de l'amplitude et les valeurs réellement enregistrés pour différents fréquences d'ondulation,
- la fonction de transfert du déphasage qui assure les valeurs de déphasage en fonction de fréquence d'ondulation.

Dans cette étude on s'interesse seulement à la fonction de transfert d'amplitude, qui est considérée comme préponderante pour les problèmes étudies ici; on l'appelra pour la suite simplement fonction de transfert.

Il faut remarquer que les divers types d'instruments et les différentes techniques de mesure des surfaces donnent, à partir d'une même surface réelle, des surface mesurées dissemblables |102| puisque leurs fonctions de transfert sont différentes.

2.2.1. Appareils à référence géométrique simple

Ces appareils, généralement anciens, sont toujours utilisés dans certains pays.

Ils se caractérisent par des fonctions de transfert bien constantes dans le temps, mais de forme , en général, très irrégulière.

La vitesse de mesure est par ailleurs généralement assez faible.

2.2.2. Appareils à plate-forme inertielle

Ces appareils utilisent comme référence un système inertiel à basse frequence qui ne varie pas dans la plage de mesure.

L'analyseur de profil en long (APL) conçu par le LCPC, existe actuellement sous deux versions APL-25 et APL-72.

La partie mesure de l'APL-72 |37,45,51| se compose de deux remorques tractées par un véhicule qui roule à la vitesse constante de 72 km/h ou 36 km/h .

Un capteur de déplacement mesure en continu les déplacements verticaux de la roue de mesure (dénivellations du profil). Le signal électrique du capteur est enregistré sur une bande magnétique standard.

Des impulsions électriques repèrent les distances parcourues qui sont également enregistrées à partir d'une des roues de mesure.

La fonction de transfert donne un gain quasi-constant dans la bande de fréquence de 0,4 Hz à 20 Hz (voir § 3.2.1.) ce qui correspond (à la vitesse de 72 km/h) à des longueurs d'ondes allant de 1 m à 50 m. L'auscultation à la vitesse 36 km/h (dans le cas où la vitesse constante 72 km/h n'est pas réalisable) assure la perception des longueurs d'ondes de 0,5 m à 25 m.

Dans le traitement de la mesure on peut distinguer deux phases : analogique (appelée prétraitement) et numérique (voir § 2.4.2).

L'APL-25 |8,14,15,69| utilise la même remorque que l'APL 72. Au niveau de l'application ces deux appareils se différencient par :

- la vitesses de fonctionnement (21,6 km/h pour l'APL 25 ce qui correspond à la gamme de 0,3 m à 15 m de longueurs d'ondes),
- le système d'enregistrement,
- le mode de traitement du signal,
- l'utilisation d'une seule remorque dans le cas de l'APL 25.

Ce même matériel est exploité en Belgique à la vitesse de 72 km/h , en configuration biremorque mais avec un traitement différent |20| (voir p. § 2.4.3.).

2.2.3. Appareils basés sur la réponse dynamique d'un véhicule

A l'étranger les appareils, les plus couramment utilisés sont basés sur la réponse dynamique d'un véhicule (RTRRMS). Comme base de mesure ils utilisent le chassis d'un véhicule ou d'une remorque. Leurs fonctions de transfert sont donc, en principe, assez voisines de celle d'un véhicule classique mais, par contre la plage de gain est très large (voir la figure 1).

Ces appareils mesurent les amplitudes ou les angles des mouvements considérés.Les systèmes de dépouillement de résultats sont divers et dépendent du modèle étudié. Ainsi, les unités de mesure sont variées (m/km, m^2/km, m^2, nombre /km, etc...) ; il faut remarquer que selon l'appareil certaines fréquences sont très privilégiées (voir la figure 1). Chacun des appareils a ses limites mécaniques et électroniques propres.

Une comparaison détaillée des caractéristiques de ces appareils est fournie en |19|.

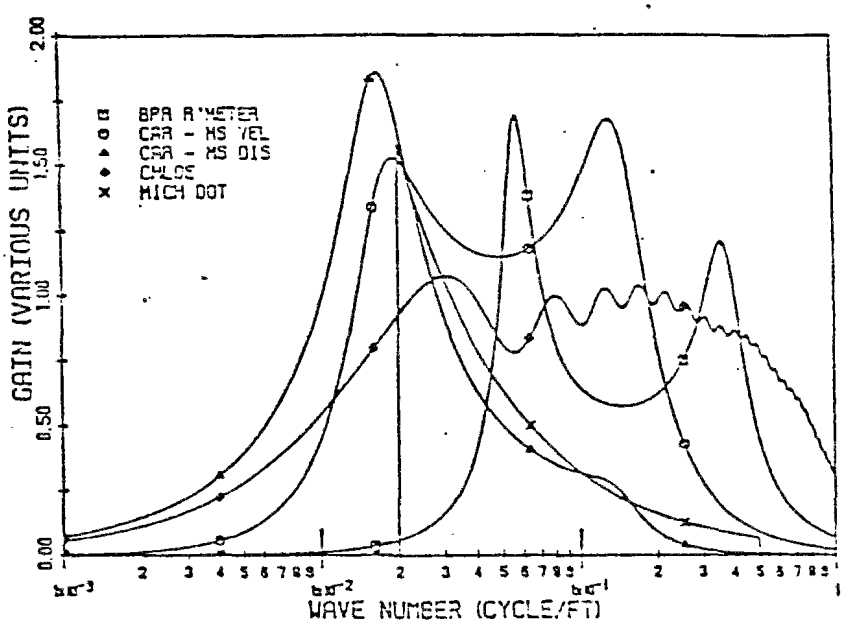


Figure 1. Fonctions de transfert de differents appareils de mesure d'uni (d'après |19|).

Par ailleurs, la base de mesure (chassis de véhicule ou de remorque) dépend très fortement de la qualité de la route (uni) ; finalement leurs fonctions de transfert dépendent donc aussi des signaux mesurés (voir la figure 2).

Enfin ces fonctions de transfert dépendent aussi des caractéristiques dynamiques du véhicule (ressorts, amortisseurs, pneumatiques, poids) , caractéristiques qui varient elles-mêmes dans le temps. Dans ces conditions les différents auteurs soulignent |19,43| le problème de la néccessité d'un étalonnage fréquent.

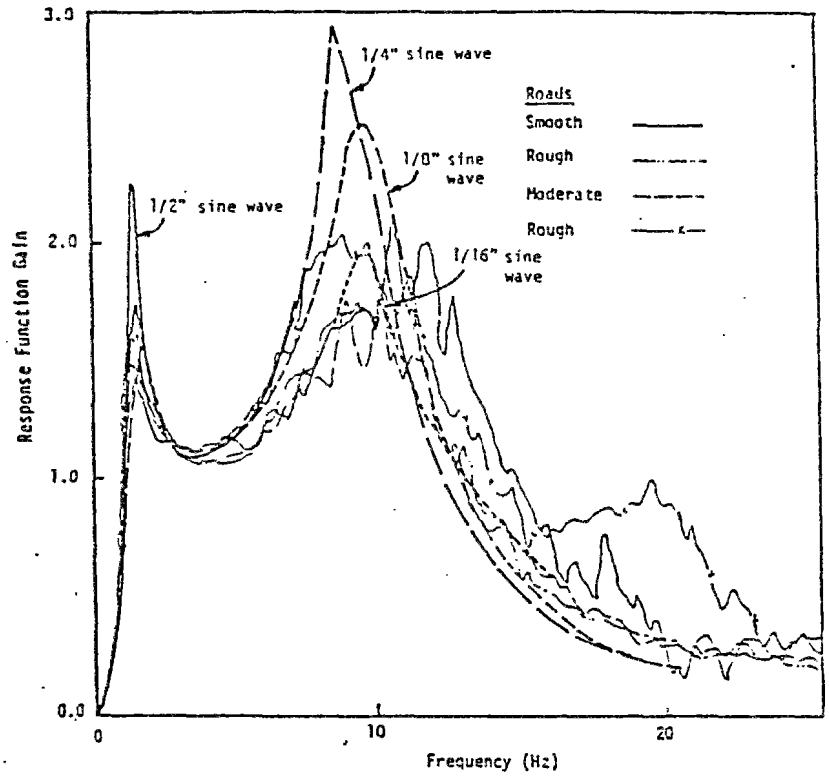


Figure 2. Influence de différents niveaux d 'uni de chaussée sur la fonction de transfert - appareils types RTRRMS (d'après |19|)

2.3. Comparaison des mesures effectuées par les différents appareils

L'existence d'un grand nombre de matèriels de construction et d'exploitation différents nécessiterait (pour l'échange d'information) de standardiser les mesures et de réaliser des études de comparaison de différents quantificateurs d'uni.

Il existe un grand nombre d'études théoriques et d'essais pratiques de comparaison entre appareils ; on peut citer en particulier :

- Notation brésilienne (QI) / Mays Meter, Roughometer, Profilometer AASHO, |19,44,54|,
- ARAL / Road Meter (PCA) |22|,
- Appareil de réponse dynamique de véhicule (RTRRMS) |18,19|,
- APL 25 / Notation belge (CP), viagraphe, APL 72, Mays Meter, QI |8|,
- APL-72 / CP |20|,
- APL-25 / Bump Integrator |4,7,13|.

En 1982, à l'initiative de la Banque Mondiale, a été organisée au Brésil une expérience internationale ayant pour but de comparer les quantifications d'uni fournies par les principaux systèmes de mesure existants dans le monde et de rechercher une méthode d'étalonnage applicable aux appareils de réponse dynamique de véhicule (RTRRMS) |47,48|.

Onze équipements de cinq pays (Mays Meter-Opala (Brésil) ; Bump Integrator (G.B); Roughness Meter NAASRA (Australie) ; Bump Integrator-remorque (GB) ; Soiltest BPR Roughometer (USA) ; Méthode de relevé topographique traditionnelle ; TRRL Beam (GB) |1| ; APL-25 ; APL-72 ; GMR Profilometer (USA)) ont testé 49 sections de routes revêtues et non revêtues.

Les résultats montrent que tous ces équipements peuvent fournir une valeur comparable de l'un à l'autre.

A la suite de ces expérimentations a été proposé un indice international d'uni (IRI) adapté aux études économiques reliant uni et coût d'exploitation des véhicules.

A cette occasion, il a été montré que si une échelle de notation appropriée est choisie tous ces appareils sont suceptibles de donner de bons resultats.

Une échelle a été mise au point, et des correspondences entre cette échelle et les notations habituellement employées pour les différents appareils ont été établies.

Dans la suite de ce chapitre on se borne à l'étude des relations entre les divers modes de quantification de l'uni relevé à l'aide d'un profilographe, l'APL.

2.4. Systèmes de quantification de l'uni des chaussées relevé par l'APL-72

A partir du signal APL-72 les traitements suivants sont possibles:

- "énergie" APL-72, note APL-72,
- coefficient de planéité (CP) belge,
- utilisation d'autres formules basées sur un signal numérisé.

2.4.1. Energie et note APL-72

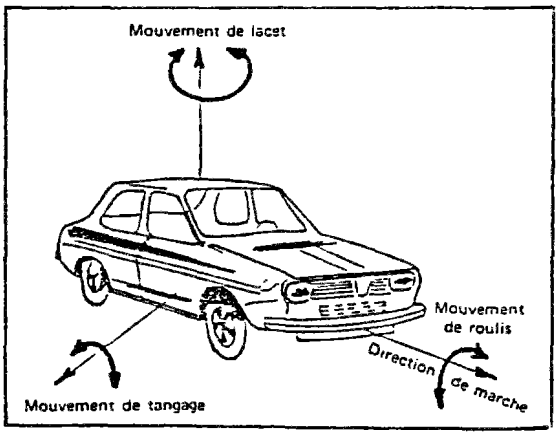


Figure 3. Mouvement d'un véhicule (d'après |45|)

L'APL-72 possédant deux remorques, on enregistre en fait deux signaux (trace droite et trace gauche d'une voie de circulation). La moyenne de deux signaux représente le mouvement vertical moyen d'un essieu. Le mouvement de rotation autour d'un axe longitudinal est donné par la différence des signaux de rive et d'axe (voir la figure 3). Cette double exploitation est donc possible |50| mais actuellement on exploite uniquement le mouvement de tangage qui définit la notion d'uni de la chaussée |77|.

Le schéma du traitement standard des mesures effectuées avec l'APL-72 est présenté sur la figure 4.

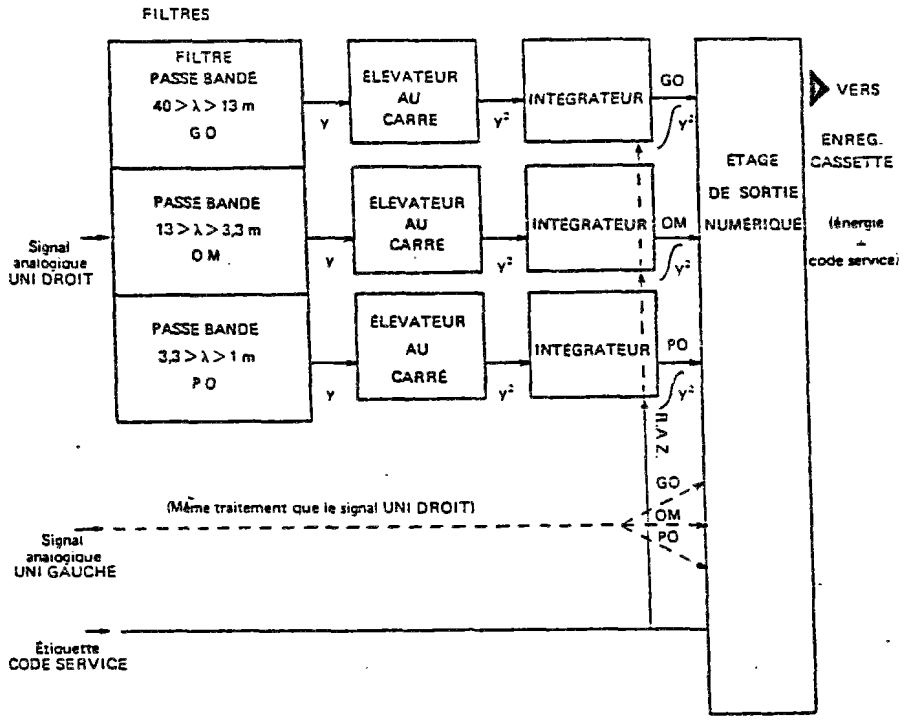


Figure 4. Schéma de principe du traitement de la mesure de l'uni des chaussées avec l'APL-72 (d'après |51|).

Au début de la phase analogique du traitement, on décompose le signal route en trois signaux élémentaires, correspondant à trois gammes d'ondes : petites - PO (1-3,3m), moyennes - MO (3,3-13m), et grandes - GO (13-40m) longueurs d'onde. Chaque signal filtré est ensuite élevé au carré et sommé sur chaque tronçon élémentaire de 200m. On obtient ainsi pour chaque gamme de longueur d'onde et pour les deux signaux, les "énergies" des défauts d'uni.

Dans cette phase de dépouillement des résultats il n'y a aucune intervention manuelle, le traitement est strictement analogique et dépend uniquement des caractéristiques de la chaîne.

Les énergies allant de 0 à 1000 pour chacun des 6 signaux (droite et gauche séparément en 3 gammes d'onde) ne sont pas directement exploitées dans les applications courantes.

Dans la partie numérique du traitement on procède au cumul des deux signaux dans chaque gamme de longueurs d'ondes et on attribue ensuite des notes conventionnelles, par application d'un barème qui introduit des seuils. Actuellement, pour les routes nationales, les seuils appliqués sont ceux présentés dans le tableau 1 (un traitement utilisant des seuils différents est naturellement possible |9,65|).

Tableau 1. Relations note - énergie pour l'APL-72

NOTE	Seuils de notation (Somme de "l'energie")		
	ONDES		
	Petites	Moyennes	Grandes
10	12	4	14
9	26	26	51
8	48	66	110
7	84	130	203
6	144	235	370
5	240	400	595
4	400	640	950
3	660	1020	1540
2	1080	1630	1850
1			

2.4.2. Coefficient de planéité (CP)

La caractérisation de l'uni est obtenue par la comparaison entre le profil relevé (numérisé) et une référence réalisée par lissage de ce même profil |20|. On calcule ensuite les aires entre le profil et la référence; ces aires sont ensuite ramenées à une longueur unité donnent le coefficient de planéité (CP) qui a pour dimension :

$$1 \text{ CP} = 10^{-5} \text{ m } (\approx 10^{4} \text{ mm}^2/\text{km}).$$

La fonction de transfert du filtre CP est présentée sur la figure 6.

Comme base de lissage on utilise 50m; 40m; 10m; 5m; 2,5m et 1,25m.

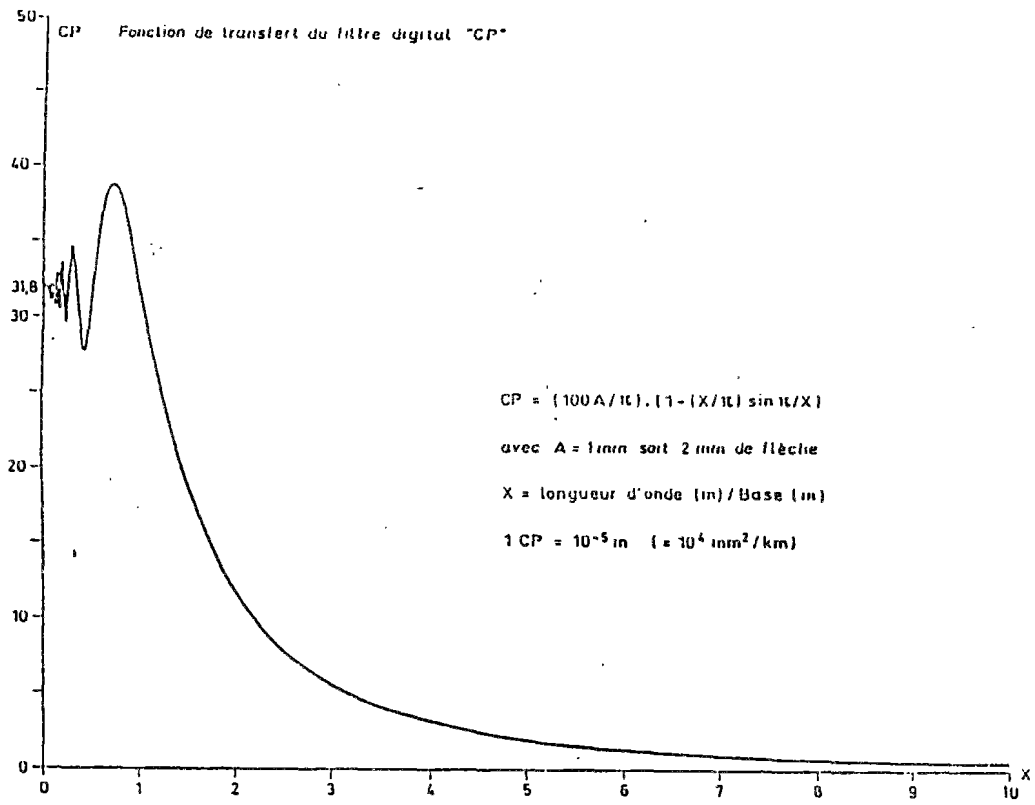


Figure 5. Représentation graphique du coefficient de planéité (d'après |20|)

2.4.3. Autres formules fondées sur le signal numérisé

La variance de pente du profil longitudinal est définie par |62|

$$SV = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2}{n-1}$$

où : - SV est la variance de la pente,
- x_i est la i-ème mesure de la pente du profil longitudinal,
- n est le nombre total des mesures.

Cette variance de pente est utilisée (comme l'unité de mesure standard) par l'indicateur de pente AASHO (Chloé); de nombreusee études relatives à l'évolution des structures de chaussées ou aux coûts de l'usager font donc référence à ce quantificateur d'uni.

Le paramètre dérivé

$$\lg (1 + SV)$$

à été utilisé pour des recherches effectués au LCPC avec l'APL-25 |29|. L'avantage de l'utilisation de cette formule réside dans la plage plus réduite de variation des valeurs.

Une quantification de l'uni (à partir de l'APL-25) utilisant la formule suivante a été utilisée par le LCPC :

$$DU = \sum_{i=1}^{n} |A_{i-1} - A_i|$$

où : - A_i est l'amplitude du signal,
- DU sont les premières lettres du nom de l'auteur de cette application (M. Ducros).

Cette formule donne en fait la moyenne des valeurs absolues des pentes .

L'APL est utilisé pour l'auscultation de chaussées en béton aussi bien dans sa version APL-25 |30| (mesure de décalage des dalles sur une sortie graphique) que dans la version APL-72 |74,76| (méthode fondée sur des comparaisons de pentes appliquées à des valeurs numérisées du signal APL).

Le coefficient de dégradations de la forme

$$D = 2*a + b$$

où : - a est le pourcentage d'hectomètres avec un décalage moyen caractéristique supérieur à 7,5 mm
- b est le pourcentage d'hectomètres avec un décalage moyen caractéristique compris entre 5 mm et 7,5 mm

parfois est utilisé comme caractéristique du profil des chaussées en beton.

Une étude comparative entre différents appareils statiques et dynamiques permettant la mesure du décalage des dalles a montré que la précision des mesures de décalage moyen hectométrique est satisfaisante; l'erreur par rapport à la moyenne réelle a été ramenée à $\pm$ 1 mm dans 95% des cas. Des résultats d'applications montrent que parmi les appareils qui mesurent les décalages de dalles, l'APL est le plus rapide.

On souligne que l'APL-72 trouve aussi des applications pour l'auscultation de pistes aéronautiques |80| où par relation entre l'uni et les seuils d'acceptabilité de gènes provoqués par des défauts d'uni on peut détecter les zones dangereuses.

2.5. Comparaison de différentes quantifications de l'uni

2.5.1. Généralités

A l'occasion de recherches sur l'évolution de l'uni des chaussées des sections temoins du LROP (voir § 4.2.) on a cherché les relations entre les diverses notations possibles pour l'APL-72 en numérisant 28 signaux de sections mesurées à l'aide de l'APL-72.

Il faut remarquer ici que le traitement usuel analogique des signaux APL-72 ne permet pas de réaliser une telle étude; le traitement numérique des signaux est possible avec le matériel existant au LROP qui permet de numériser un signal avec un pas de 8,76 cm, ce qui donne, pour un tronçon de 200 m, 2283 valeurs d'amplitude.

Pour chaque signal numérisé, on a calculé les valeurs de :

- lg (1 + SV),
- CP base 40m ; 10m ; 2,5m ; 1,25m,
- DU (ramenée à une longueur unité).

Pour effectuer ces calculs, on a retenu deux options :

- Dans la première option, le calcul a été réalisé avec le signal numérisé au pas de 8,76 cm.

- Dans la deuxième option on n'a pris en compte qu'une valeur sur trois; ceci correspond à un pas de numérisation proche de 25 cm.

Les indicateurs retenus sont les suivants :

- SV1 , SV3	- pour log (1 + SV) ;	pas 8,76 cm et 3 * 8,76 cm,
- DU1 , DU3	- pour DU;	pas 8,76 cm et 3 * 8,76 cm,
- C1B40 ,C3B40	- CP base 40 m;	pas 8,76 cm et 3 * 8,76 cm,
- C1B10 ,C3B10	- CP base 10 m;	pas 8,76 cm et 3 * 8,76 cm,
- C1B2 , C3B2	- CP base 2,5m;	pas 8,76 cm et 3 * 8,76 cm,
- C1B1, C3B1	- CP base 1,25m;	pas 8,76 cm et 3 * 8,76 cm.

Les calculs ont été réalisés avec les longueurs 5m, 25m, 200m et 1000m comme base de calcul de la valeur moyenne de l'indicateur. Il faut remarquer que les différentes notations expriment l'uni du même signal enregisré avec l'APL-72. Les différences éventuelles observées proviennent donc uniquement de la notation elle-même.

Le tableau 2 présente pour les différentes notes APL-72, dans chaque gamme d'onde et pour la base de 5 m, les valeurs correspondantes des différents indicateurs calculés. Les tableaux pour les bases 25 m, 200 m et 1000 m sont fournis en annexe.

Tableau 2. Comparaison des notations possibles du signal relevé par l'APL-72

TABLEAU RECAPITULATIF - NOTATION DE APL-72

LONGUER DE BASE : 5.00 M NOMBRE DE MESURE : 2507

GAMME D ONDE : PG

		SV1	SV3	OU1	OU3	C1840	C3840	C1810	C3810	C182	C382	C181	C381	
MIN	4	1.1759	0.5031	2.3132	1.1253	95.	29.	50.	16.	31.	10.	25.	7.	MIN
MOY	4	1.6281	1.2317	5.4778	4.3185	700.	224.	240.	79.	90.	29.	63.	20.	MOY
MAX	4	2.3268	2.2543	11.8859	10.4793	2224.	717.	716.	233.	303.	103.	181.	63.	MAX
MIN	5	0.6040	-0.2253	0.7736	0.4220	49.	17.	45.	14.	22.	6.	12.	3.	MIN
MOY	5	1.4311	1.0199	4.0934	2.9778	680.	219.	192.	62.	66.	21.	46.	14.	MOY
MAX	5	3.9170	3.4273	22.0838	16.5980	3010.	963.	1058.	346.	241.	79.	152.	45.	MAX
MIN	6	0.7265	-0.0417	1.1956	0.7033	45.	15.	39.	10.	22.	5.	15.	3.	MIN
MOY	6	1.4081	1.0296	3.9996	2.3941	579.	187.	182.	59.	64.	20.	45.	14.	MOY
MAX	6	4.2073	3.7544	27.5696	26.4443	2606.	838.	761.	243.	332.	131.	227.	133.	MAX
MIN	7	0.9179	0.2147	1.7583	0.7736	49.	11.	32.	10.	22.	5.	17.	5.	MIN
MOY	7	1.4024	0.9986	3.9660	2.7682	526.	169.	159.	54.	62.	20.	44.	14.	MOY
MAX	7	3.2169	2.7297	14.6288	9.1430	2194.	698.	730.	239.	272.	94.	162.	58.	MAX
MIN	8	1.0179	0.1649	2.3712	0.9143	97.	30.	47.	13.	28.	9.	22.	6.	MIN
MOY	8	1.4181	0.9959	4.0891	2.3180	625.	201.	186.	59.	63.	20.	44.	14.	MOY
MAX	8	1.9845	1.8720	7.5957	6.7517	2087.	666.	815.	271.	187.	59.	117.	35.	MAX

GAMME D ONDE : MD

		SV1	SV3	OU1	OU3	C1840	C3840	C1810	C3810	C182	C382	C181	C381	
MIN	5	1.0591	0.4404	2.4616	1.4769	49.	17.	45.	14.	32.	8.	26.	7.	MIN
MOY	5	1.1744	1.1551	4.5020	3.4281	586.	188.	221.	71.	81.	26.	55.	17.	MOY
MAX	5	2.3485	2.2543	11.3859	10.4793	3010.	963.	716.	233.	203.	103.	181.	63.	MAX
MIN	6	0.6040	-0.2253	0.7736	0.4220	52.	15.	50.	15.	22.	6.	12.	3.	MIN
MOY	5	1.4315	1.0289	4.2301	2.3948	694.	223.	192.	62.	66.	21.	46.	15.	MOY
MAX	6	2.1796	2.1347	9.7056	9.2836	2935.	952.	1058.	346.	241.	79.	158.	53.	MAX
MIN	7	0.7265	0.1587	1.1956	0.7736	56.	16.	37.	12.	22.	5.	15.	4.	MIN
MOY	7	1.4084	1.0031	4.0019	2.3135	561.	180.	175.	56.	60.	19.	44.	14.	MOY
MAX	7	4.2073	3.7544	27.5696	26.4443	2626.	838.	687.	222.	291.	131.	207.	133.	MAX
MIN	8	0.9179	0.2147	1.7583	0.7736	45.	11.	32.	10.	22.	5.	17.	5.	MIN
MOY	8	1.4103	1.0003	3.9494	2.7881	554.	179.	175.	56.	63.	20.	43.	14.	MOY
MAX	8	3.9170	3.4273	22.0838	16.5980	2194.	698.	815.	271.	332.	116.	227.	82.	MAX
MIN	9	0.9826	-0.0417	2.2506	0.7033	53.	17.	34.	10.	27.	7.	19.	3.	MIN
MOY	9	1.4046	1.0368	4.0418	2.9587	607.	196.	184.	59.	67.	21.	48.	15.	MOY
MAX	9	2.3426	2.1310	11.7492	8.6506	2087.	666.	704.	233.	272.	94.	162.	58.	MAX

GAMME D ONDE : GD

		SV1	SV3	OU1	OU3	C1840	C3840	C1810	C3810	C182	C382	C181	C381	
MIN	5	1.3082	0.4388	2.2506	1.2660	58.	17.	47.	16.	26.	7.	22.	5.	MIN
MOY	5	1.3733	1.0150	3.9158	2.9117	635.	204.	191.	58.	63.	20.	45.	14.	MOY
MAX	5	1.7845	1.8720	7.5957	6.3298	1911.	617.	734.	233.	187.	59.	117.	35.	MAX
MIN	5	0.6040	-0.2253	0.7736	0.4220	52.	15.	52.	15.	22.	6.	12.	3.	MIN
MOY	6	1.5148	1.0675	4.6013	3.1210	589.	189.	191.	61.	68.	22.	48.	15.	MOY
MAX	6	4.1949	3.7544	27.5696	26.4443	2935.	952.	1058.	346.	241.	131.	207.	133.	MAX
MIN	7	0.9706	0.3066	2.1303	0.7846	49.	16.	32.	10.	22.	6.	17.	5.	MIN
MOY	7	1.4027	1.0264	4.3151	2.9040	575.	185.	182.	58.	65.	21.	46.	14.	MOY
MAX	7	3.9170	3.4273	22.0838	16.5980	3010.	963.	815.	271.	303.	103.	181.	63.	MAX
MIN	8	0.7265	-0.0417	1.1956	0.7033	57.	16.	35.	10.	24.	7.	15.	3.	MIN
MOY	8	1.4214	1.0489	4.1424	3.3330	632.	220.	197.	63.	67.	21.	47.	15.	MOY
MAX	8	4.2073	3.7462	25.3817	24.8970	2606.	838.	761.	243.	272.	125.	198.	120.	MAX
MIN	9	0.3991	0.1537	2.0376	0.7736	45.	11.	39.	10.	22.	5.	19.	4.	MIN
MOY	9	1.3741	0.9329	3.7379	2.4877	424.	137.	151.	49.	55.	17.	40.	12.	MOY
MAX	9	3.5971	3.1031	16.1760	13.8309	1727.	554.	621.	199.	196.	65.	109.	36.	MAX
MIN	10	1.1705	0.5541	2.8132	1.6176	135.	45.	62.	16.	34.	10.	26.	6.	MIN
MOY	10	1.5240	1.1053	4.4326	3.1561	627.	202.	237.	67.	71.	23.	50.	16.	MOY
MAX	10	3.3826	2.6321	13.4089	9.9870	1763.	571.	564.	181.	332.	116.	227.	82.	MAX

EXTREME DES NOTATION

	PG	MD	GD	SV1	SV3	OU1	OU3	C1840	C3840	C1810	C3810	C182	C382	C181	C381	
MIN	4	5	5	0.6040	-0.2253	0.7736	0.4220	45.	11.	32.	10.	22.	4.	12.	3.	MIN
MAX	8	9	9	4.2073	3.7544	27.5696	26.4443	3010.	963.	1058.	346.	332.	131.	227.	133.	MAX

On peut remarquer qu'il n'y a pas de corrélation directe entre la notation APL-72 et les autres notations, c'est à dire que les zones de valeurs correspondantes à une note d'APL-72 sont relativement très étendues ; la notation standard de l'APL-72 n'est en fait pas discriminante. Les zones sont moins étendues pour la base de 1000m que pour celle de 5m. On peut noter également que l'influence du pas de numérisation (8,76 ou 25cm) est aussi importante, surtout pour SV et DU.

Il faut signaler que la plage de valeur d'uni (exprimé en note APL-72) prise en compte, couvre uniquement la zone centrale de l'échelle, et que dans certains cas, le nombre d'observations dans la classe étudiée est très limité (par exemple une seule pour la base de 200m et les grandes ondes de note 5 et 9).

2.5.2 Analyse de régression

On a essayé de trouver des relations entre les différentes notations décrites ci-dessus et la notation standard de l'APL-72. Comme variables à expliquer on a retenu les paramètres décrits dans le § 2.5.1. et comme variables explicatives les notes et les energies de l'APL-72 (voir tableau 3).

Tableau 3. Variables de régression

Variables à expliquer	Variables explicatives
SV1	Note PO
SV3	Note MO
DU1	Note GO
DU3	Energie PO
C1B40	Energie MO
C3B40	Energie GO
C1B10	Constante
C3B10	
C1B2	
C3B2	
C1B1	
C3B1	

Les formules étudiées sont les suivantes :

- 1. $SV1 = a*N_{PO} + b*N_{MO} + c*N_{GO} + d$
- 2. $SV3 = a*N_{PO} + b*N_{MO} + c*N_{GO} + d$

- 3. $SV1 = a*E_{PO} + b*E_{MO} + c*E_{GO} + d$
- 4. $SV3 = a*E_{PO} + b*E_{MO} + c*E_{GO} + d$

- 5 - 8. mêmes formules avec DU comme variable à expliquer,

- 9 - 12. mêmes formules avec CP base 40m comme variable à expliquer,
- 13 - 16. mêmes formules avec CP base 10m comme variable à expliquer,
- 17 - 20. mêmes formules avec CP base 2,5m comme variable à expliquer mais avec c = 0 (il n'y a pas d'influence des grandes ondes; voir la figure 5),
- 21 - 24. mêmes formules avec CP base 1,25 comme variable à expliquer mais avec b et c = 0 (il n'y a pas d'influence des grandes ni des moyennes ondes).

Les résultats récapitulatifs des calculs de régression multiple linéaire (utilisation du programme CIDRE |25|) sont fournis au tableau 4.

Afin de déterminer la validité des formules on a utilisé le test de Fisher-Snedecor, et pour la signification des coefficients obtenus le test de t - Student |32| ; pour comparer les seuils de validité on a utilisé les tables statistiques |72|.

On remarque que dans la majorité des cas les formules étudiées sont rejetées par le test de Fisher-Snedecor et par le test de t - Student.

En général, on peut augmenter le coefficient de Fisher-Snedecor en supprimant les variables explicatives non significatives. Mais, ce processus conduit à diminuer le pourcentage de cas expliqué qui est déjà très faible.

Il ne faut pas oublier que les populations pour chaque base de calcul de moyenne sont différentes (à partir de 24 observations pour 1000m jusqu'a 2493 pour 5m), ce qui n'est pas sans influence sur l'efficacité des formules obtenues. On observe une tendance à la croissance des pourcentages de cas expliqués avec la longueur de la base de moyennage. On remarque aussi que ces valeurs sont, en général, meilleures pour l'énergie APL que pour la notation standard.

L'influence du pas de numérisation est faible pour le CP, par contre pour SV et DU le pas de 25cm donne une corrélation meilleure avec les notes et avec les énergies de l'APL-72.

Tableau 4. Corrélation entre les notations possible du signal relevé par l'APL-72

Formule		Base de Calcul 5 m						25 m					
				Test						Test			
Variable	N°	F/Test	r^2	a	b	c	d	F/Test	r^2	a	b	c	d
SV	1	1,99 -	0,002	-	-	-	+	2,33 -	0,014	-	-	-	+
	2	5,71 +	0,007	-	-	-	+	3,99 +	0,024	+	-	-	+
	3	11,65 +	0,014	-	+	-	+	3,67 +	0,022	-	-	-	+
	4	8,65 +	0,022	-	+	-	+	4,62 +	0,027	-	-	-	+
DU	5	7,64 +	0,009	-	-	-	+	2,94 +	0,018	-	-	-	+
	6	9,21 +	0,011	+	-	-	+	4,75 +	0,028	+	-	-	+
	7	20,03 +	0,024	+	+	-	+	9,33 +	0,054	-	-	-	+
	8	21,05 +	0,025	+	-	-	+	11,32 +	0,064	+	-	-	+
CP Base 40 m	9	4,34 +	0,005	+	+	-	+	1,00 -	0,006	-	-	-	+
	10	4,52 +	0,005	+	+	-	+	1,00 -	0,006	-	-	-	+
	11	5,93 +	0,007	+	-	-	+	2,35 -	0,015	+	-	-	+
	12	6,06 +	0,007	+	-	-	+	2,53 -	0,015	+	-	-	+
CP Base 10 m	13	8,14 +	0,010	+	-	-	-	1,45 -	0,009	-	-	-	+
	14	8,04 +	0,010	+	-	-	+	1,47 -	0,009	-	-	-	+
	15	9,91 +	0,012	-	-	-	+	0,87 -	0,005	-	-	-	+
	16	9,45 +	0,011	-	-	-	+	0,89 -	0,005	-	-	-	+
CP Base 2,5 m	17	9,26 +	0,007	+	-		+	1,08 -	0,004	-	-		+
	18	8,92 +	0,007	+	-		+	1,24 -	0,005	-	-		+
	19	23,16 +	0,018	-	+		+	2,53 -	0,010	-	-		+
	20	21,46 +	0,017	-	+		+	2,76 -	0,011	-	-		+
CP Base 1,25 m	21	15,22 +	0,006	+			+	1,53 -	0,003	-			+
	22	14,83 +	0,006	+			+	1,84 -	0,004	-			+
	23	39,17 +	0,015	+			+	2,27 -	0,005	-			+
	24	34,00 +	0,013	+			+	2,58 -	0,005	-			+

Formule		Base de Calcul 200 m						1000 m					
				Test						Test			
Variable	N°	F/Test	r^2	a	b	c	d	F/Test	r^2	a	b	c	d
SV	1	1,18 -	0,056	-	-	-	+	1,21 -	0,153	-	-	-	+
	2	1,67 -	0,077	+	-	-	+	1,42 -	0,175	-	-	-	+
	3	1,27 -	0,060	-	-	-	+	1,21 -	0,154	-	-	-	+
	4	1,32 -	0,062	-	-	-	+	1,67 -	0,200	-	-	-	+
DU	5	0,58 -	0,028	-	-	-	+	0,47 -	0,065	-	-	-	+
	6	1,09 -	0,052	-	-	-	+	1,70 -	0,203	-	-	-	+
	7	2,10 -	0,095	-	-	-	+	1,24 -	0,157	-	-	-	+
	8	2,79 +	0,122	-	-	-	+	2,60 -	0,281	-	-	-	+
CP Base 40 m	9	1,13 -	0,054	-	-	-	+	5,58 +	0,456	+	+	+	+
	10	1,12 -	0,053	-	-	-	+	5,60 +	0,456	+	+	+	+
	11	2,09 -	0,095	+	-	-	+	9,56 +	0,589	+	+	+	+
	12	2,09 -	0,095	+	-	-	+	9,56 +	0,589	+	+	+	+
CP Base 10 m	13	1,17 -	0,055	-	-	-	+	1,60 -	0,193	-	-	-	+
	14	1,18 -	0,056	-	-	-	+	1,65 -	0,199	-	-	-	+
	15	1,48 -	0,069	-	-	-	+	1,56 -	0,190	-	-	-	+
	16	1,53 -	0,071	-	-	-	+	1,66 -	0,199	-	-	-	+
CP Base 2,5 m	17	1,40 -	0,044	-	-		+	1,65 -	0,136	-	-		+
	18	1,50 -	0,047	-	-		+	1,99 -	0,159	-	-		+
	19	2,91 -	0,087	-	-		+	2,72 -	0,206	-	-		+
	20	2,85 -	0,085	-	-		+	3,48 +	0,249	-	-		+
CP Base 1,25 m	21	2,25 -	0,035	-			+	2,71 -	0,110	-			+
	22	2,35 -	0,037	-			+	3,44 -	0,135	-			+
	23	6,89 +	0,100	+			+	5,00 +	0,185	+			+
	24	8,18 +	0,117	+			+	5,76 +	0,208	+			+

Les formules validées par les tests comme valables concernent le CP base 40m pour les notes et les énergies et le CP base 1,25m dans le domaine de l'énergie, pour des sections de 1000m.

$$CP\ 40 = -105{,}1 * N_{PO} + 73{,}6 * N_{MO} - 98{,}1 * N_{GO} + 1442$$

(46 % de cas expliqués)

$$CP\ 40 = 3{,}94 * E_{PO} - 2{,}26 * E_{MO} + 0{,}83 * E_{GO} + 280$$

(59 % de cas expliqués)

$$CP\ 1{,}25 = 0{,}054\ E_{PO} + 40$$

(21 % de cas expliqués)

où : - N_{PO}, N_{MO}, N_{GO} sont les notes des petites, moyennes et grandes ondes,
- E_{PO}, E_{MO}, E_{GO} sont les énergies des petites, moyennes et grandes ondes.

L'analyse de la matrice des corrélations entre les variables introduites (voir tableau 5) et l'expérience de l'analyse de régression montrent que la variable DU est fortement corrélée à un grand nombre des autres variables. Parmi les notations du CP, il apparait que CP base 10m (ou 2,5m) conduit à la plus forte corrélation. Les notes de l'APL sont corrélées entre elles, de façon importante, surtout pour les petites et moyennes ondes. Parmi les notations APL-72, les notes et les énergies des petites ondes sont, en général, en relation plus serrée avec les autres variables.

Le tableau 5 présente la matrice des corrélations pour les données moyennées sur 200 m. Les observations décrites ci-dessus sont aussi valables pour les autres groupes de données (5m, 25m, 1000m).

Tableau 5. Matrice des corrélations entre les notations de l'uni

	SV 1 C1 B1	SV 3 C3 B1	DU 1 N-PO	DU 3 N-MO	C1 B4O N-GO	C3 B 4O E-PO	C1 B1O E-MO	C3 B1O E-GO	C1 B2 CONSTANT	C3 B2
SV1	1.00000 0.43516	0.93154 0.40747	0.52648 -0.15694	0.45885 -0.03832	0.23528 -0.00791	0.23262 0.18687	0.21675 0.06445	0.23023 0.00431	0.35162 0.0	0.33440
SV3	0.93154 0.63762	1.00000 0.61116	0.56586 -0.20214	0.67912 -0.06691	0.35395 -0.07977	0.35086 0.21769	0.45988 0.10764	0.47274 0.04361	0.57305 0.0	0.55469
DU 1	0.52648 0.81753	0.56586 0.81047	1.00000 -0.16467	0.80814 -0.14620	0.31115 -0.10677	0.30879 0.29631	0.67356 0.28451	0.67660 0.09179	0.76366 0.0	0.75406
DU3	0.45885 0.95409	0.67912 0.94142	0.80814 -0.21512	1.00000 -0.14790	0.49874 -0.12710	0.49617 0.33655	0.89541 0.32202	0.89992 0.10386	0.93741 0.0	0.92532
C1B4O	0.23528 0.30399	0.35395 0.29367	0.31115 -0.16822	0.49874 -0.07328	1.00000 -0.14060	0.99998 0.27267	0.48621 0.15534	0.49636 0.14069	0.29739 0.0	0.28943
C3B4O	0.23262 0.30168	0.35086 0.29164	0.30879 -0.16659	0.49617 -0.07143	0.99998 -0.13837	1.00000 0.27269	0.48378 0.15550	0.49391 0.14079	0.29495 0.0	0.28710
C1B1O	0.21675 0.80048	0.45988 0.79138	0.67356 -0.22995	0.89541 -0.18342	0.48621 -0.14260	0.48378 0.24616	1.00000 0.25203	0.99946 0.05385	0.87894 0.0	0.87415
C3B1O	0.23023 0.80202	0.47274 0.79269	0.67660 -0.23207	0.89992 -0.19628	0.49636 -0.14163	0.49391 0.24973	0.99946 0.25684	1.00000 0.05559	0.87811 0.0	0.87238
C1B2	0.35162 0.95292	0.57305 0.94547	0.76366 -0.18900	0.93741 -0.10927	0.29739 -0.09802	0.29495 0.27785	0.87894 0.28404	0.87811 0.06714	1.00000 0.0	0.99729
C3B2	0.33440 0.94462	0.55469 0.93833	0.75406 -0.19514	0.92532 -0.11263	0.29943 -0.09094	0.28710 0.27753	0.87415 0.27903	0.87238 0.05062	0.99729 0.0	1.00000
C1B1	0.43516 1.00000	0.63762 0.99344	0.81753 -0.18726	0.95409 -0.11797	0.30399 -0.08273	0.30168 0.31628	0.80048 0.32407	0.80202 0.07898	0.95292 0.0	0.94462
C3B1	0.40747 0.99344	0.61116 1.00000	0.81047 -0.19105	0.94142 -0.13407	0.29367 -0.07014	0.29164 0.34138	0.79138 0.35329	0.79269 0.07468	0.94547 0.0	0.93833
N-PO	-0.15694 -0.18726	-0.20214 -0.19105	-0.16467 1.00000	-0.21512 0.83915	-0.16822 0.46411	-0.16659 -0.53082	-0.22995 -0.46629	-0.23207 0.09204	-0.18900 0.0	-0.19514
N-MO	-0.03832 -0.11797	-0.06691 -0.13407	-0.14620 0.83915	-0.14790 1.00000	-0.07328 0.49052	-0.07143 -0.40884	-0.18342 -0.60585	-0.18628 0.07505	-0.10927 0.0	-0.11263
N-GO	-0.00791 -0.08273	-0.07977 -0.07014	-0.10677 0.46411	-0.12710 0.49052	-0.14060 1.00000	-0.13837 0.01725	-0.14260 0.00892	-0.14163 -0.54574	-0.09802 0.0	-0.09094
E-PO	0.18687 0.31628	0.21769 0.34138	0.29631 -0.53082	0.33655 -0.40884	0.27267 0.01725	0.27269 1.00000	0.24616 0.81400	0.24973 0.18413	0.27785 0.0	0.27753
E-MO	0.06445 0.32407	0.10764 0.35329	0.28451 -0.46629	0.32202 -0.60585	0.15534 0.00892	0.15550 0.81400	0.25203 1.00000	0.25684 0.11495	0.28404 0.0	0.27903
E-GO	0.00431 0.07898	0.04361 0.07468	0.09179 0.09204	0.10386 0.07505	0.14069 -0.54574	0.14079 0.18413	0.05385 0.11495	0.05559 1.00000	0.06714 0.0	0.05062
CONST	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 1.00000	0.0

2.6. Conclusion sur la notation de l'uni des chaussées

Les différents appareils considèrent l'uni sous des aspects très divers et s'appuient pour certains d'entre eux sur des fonctions de transfert aux formes compliquées.

Dans ces conditions il n'est pas surprenant que les relations entre les résultats soient très lâches, bien qu'elle aient tendance à se resserrer lorsqu'on augmente la longueur servant de base de comparaison.

Il est malgré tout possible de retenir raisonnablement les conclusions suivantes.

- Le dépouillement numérique des mesures qui a été réalisé à l'occasion de cette étude assure la précision et la stabilité du traitement. Le signal numérique peut être aussi traité sous divers aspects (formules différentes) alors que le système analogique n'assure qu'un seul mode de traitement.

- La notation standard de l'APL-72 est très discrète (presque qualitative), ce qui ne facilite pas le traitement des mesures et la recherche "technique". Ces notes correspondent à une énergie qui est par contre continue.

- Attribuer à une chaussée une seule valeur d'uni serait commode, mais la situation serait inversée si on devait rechercher des relations spécifiques dans des domaines de fréquences précis.

- La meilleure corrélation entre la notation de l'APL-72 standard et la variance de pente (lg (1 + SV)) est obtenue pour les ondes moyennes ; pour la moyenne des pentes (DU) - avec les petites ondes ; pour les coefficients de planéité (CP) de base 40 m et 10 m - avec les petites ondes.

- En principe, les meilleures corrélations entre différentes notations sont obtenues pour des tronçons de longueur importante.

- Les corrélations entre les notes (ou les énergies) obtenues dans les petites et moyennes ondes ainsi que celles obtenues entre les moyennes et grandes ondes sont importantes. Cette corrélation a été pris en compte dans les analyses ultèrieures, surtout pour le choix des formules décrivant les phénomenes particulières .

3. PRECISION DE LA MESURE DE L'UNI DES CHAUSSEES AVEC L'APL-72

3.1. Généralités

Chaque appareil de mesure a sa propre précision qui dépend des conditions de travail et de la construction de l'appareil; cette précision détermine la possibilité des recherches ultérieures sur les résultats des mesures.

Trois groupes de facteurs qui influencent cette précision; dans le cas de l'APL-72, ce sont:

- les caractéristiques mécaniques de l'appareil (fonction de transfert de la remorque et sa variation dans le temps),
- les conditions de mesure (vitesse de mesure, mesure de distance, reproductibilité des mesures),
- le traitement du signal (fonction de transfert de la chaîne de traitement et ses variations).

Chacun de ces facteurs peut varier et introduire des dispersions lors de la réalisation d'un lot de mesures.

Le but de cette analyse est d'obtenir une idée de la précision des données d'uni utilisées dans le cadre de l'étude de l'évolution de l'uni présentée au chapitre 4, et celle de l'influence de l'uni sur la vitesse des véhicules présentée au chapitre 5.

De ce point de vue, il faut noter que deux sources de données (Banque des Données Routière et Sections Témoins du LROP) ont été utilisées pour l'étude de l'évolution de l'uni; une analyse spécifique de la précision de chacun de ces groupes de données a donc été réalisée.

On fournit dans ce chapitre des indications sur la démarche poursuivie pour aborder ce problème de précision et on récapitule simplement les principaux résultats obtenus. L'ensemble de l'étude fait l'objet d'une volume séparée (volume II).

A partir du schéma de principe (voir la figure 6), qui montre les différentes étapes du processus de mesure puis de notation, on détermine d'abord énergetiquement (unité primaire de l'APL-72), les zones de répartition des valeurs réelles en fonction des valeurs mesurées et on les exprime ensuite en notes standard de l'APL-72. L'effet des conditions de mesures (vitesse ...) est ensuite examiné.

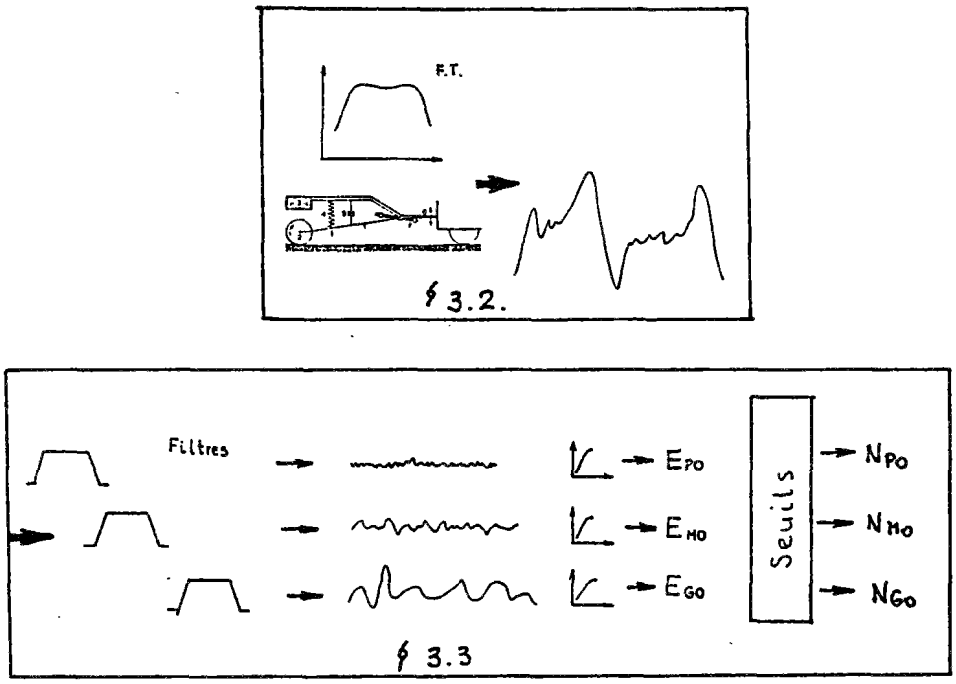


Figure 6. Schéma du processus de mesure et de traitement du signal pour l'APL-72

3.2. Fonction de transfert de la remorque APL

On rappele que la fonction de transfert considéré ici est le rapport entre les valeurs réeles des amplitudes d'ondulation de la chaussées et les valeurs enregistrées pour différentes fréquences.

La remorque APL est représentée sur la figure 7. Son système mécanique peut être schématisé comme indiqué sur la figure 8. Ses caractéristiques dynamiques dépendent du rapport des masses suspendues et non suspendues et des caractéristiques de raideur et d'amortissement de la suspension. Plus précisement ici, on considéra :

- la masse totale de la remorque (masse suspendue + masse non suspendue),
- la masse du pneumatique (masse non suspendue),
- le comportement de l'amortisseur
- et celui du ressort (liaison entre masse suspendue et masse non suspendue).

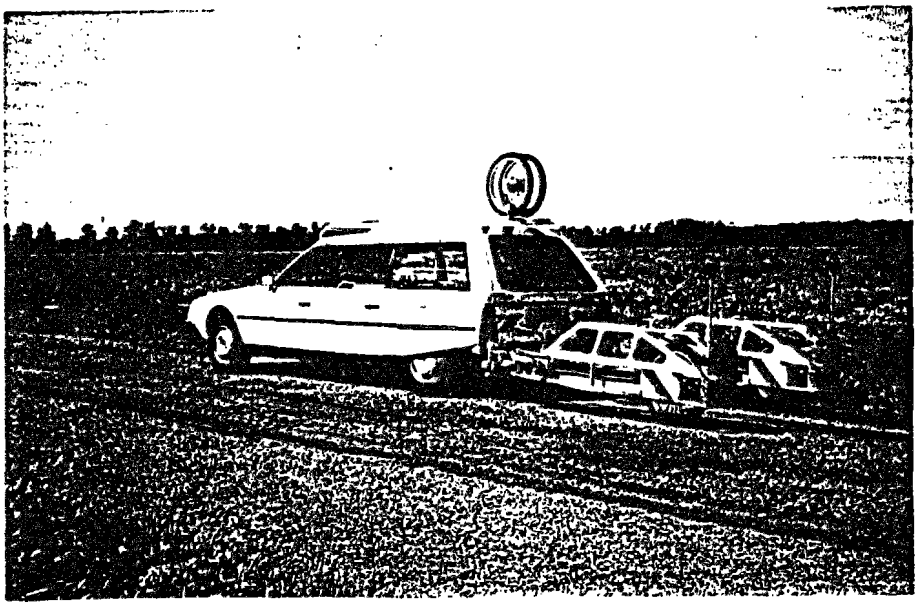


Figure 7. Remorque APL

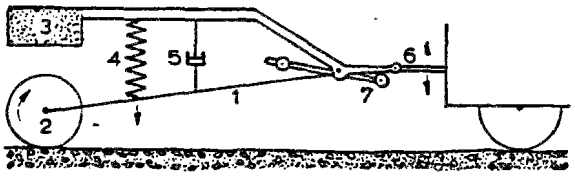


Schéma de principe

Figure 8. Schéma de principe de la remorque APL (d'après [56])

Pour préciser ces caractéristiques dynamiques, on a utilisé les résultats des essais d'étalonnage régulièrement effectués au LCPC sur le banc Schenck. Ce banc permet de générer des vibrations de fréquence et d'amplitude déterminées. Les essais sont réalisés pratiquement chaque année.

L'étalonnage est fait en tenant compte du fait que la tension de 1 mVeff correspond à une fléche de 0,1263 mm; il est réalisé à l'amplitude de 3,5 mm.

3.2.1. Fonction de transfert de la remorque

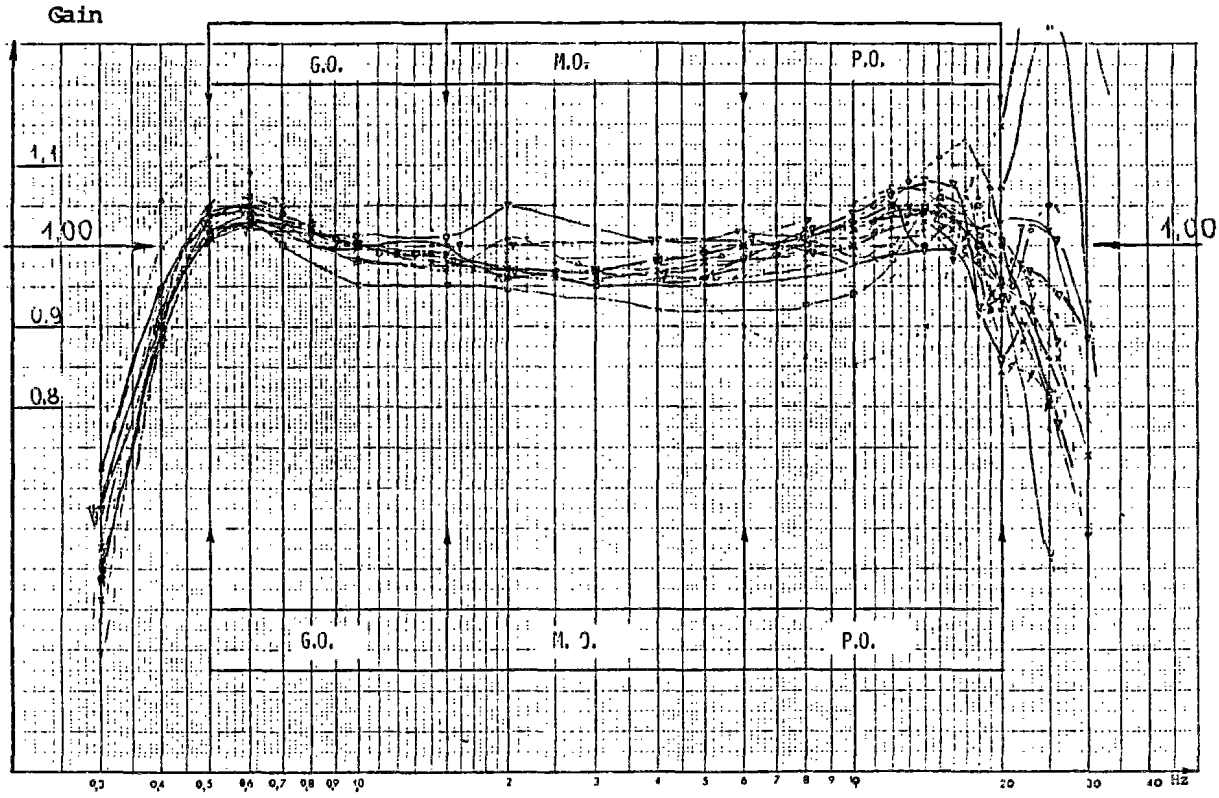


Figure 9. Fonctions de transfert de l'APL-72 1975 - 1984 (au cours de cette periode les remorques ont parcourus environ 600 000 km)

Sur la figure 9 sont représentées les fonctions de transfert des deux remorques de l'APL-72 à partir de l'année 1975 |63|.

On remarque que la fonction de transfert varie dans le temps, mais que ces fonctions sont en général cohérentes et restent dans une plage de valeur déterminée (± 5%), sauf quelques cas particuliers.

On ne peut pas évaluer de facon précise les variations de la fonction de transfert en fonction du kilométrage parcouru, mais on peut observer un changement important des fonctions de tranfert surtout dans la gamme des ondes courtes, du fait de l'usure mécanique de la suspension et en particulier celle de l'amortisseur.

3.2.2. Enveloppes des fonctions de transfert

Afin de déterminer les variations totales possibles des fonctions de transfert on a précisé les enveloppes de ces fonctions; ces enveloppe ont été déterminées pour les Sections Témoins, les données de la Banque des Données Routière en considérant une ou deux remorques.

L'ensemble de ces 4 enveloppes est fourni à l'annexe II. La figure 10, fournie à titre d'example montre l'enveloppe des fonctions de transfert moyennées pour deux remorques adaptée à l'étude des données de la BDR.

Il est interessant de noter ici que l'utilisation des deux remorques conduit à retrécir nettement le fuseau d'enveloppe.

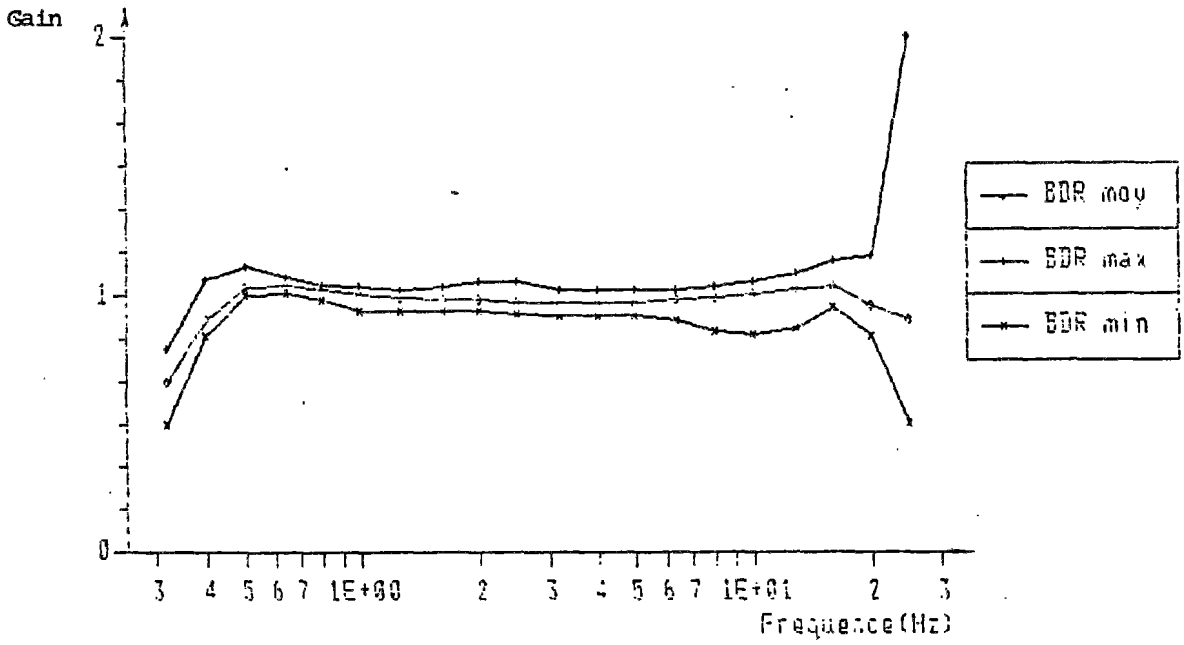


Figure 10. Enveloppe (3) des fonctions de transfert (signaux moyennés; ensemble 1975 - 1984) utilisée pour le traitement des données de la BDR

3.3. Effet du traitement du signal

Le signal est traité par une chaîne analogique (voir la figure 4). On peut distinguer les étapes suivantes :

- filtrage du signal dans trois gamme de longueur d'onde,
- charge et décharge d'un condensateur pour cumuler la tension électrique sur des tronçons de 200 m,
- transformation de la tension en valeur d'énergie,
- attribution des notes dans les gammes choisies.

Les trois premières étapes ont un caractère analogique, le quatrième est numérique.

3.3.1. Filtres de la chaîne de traitement

Selon les informations du constructeur, les filtres ont les caractéristiques présentées sur la figure 11 (pour chaque chaîne et chaque gamme de longueur d'onde). La figure 12 représente les transformations numériques des filtres décrits sur la figure 11.

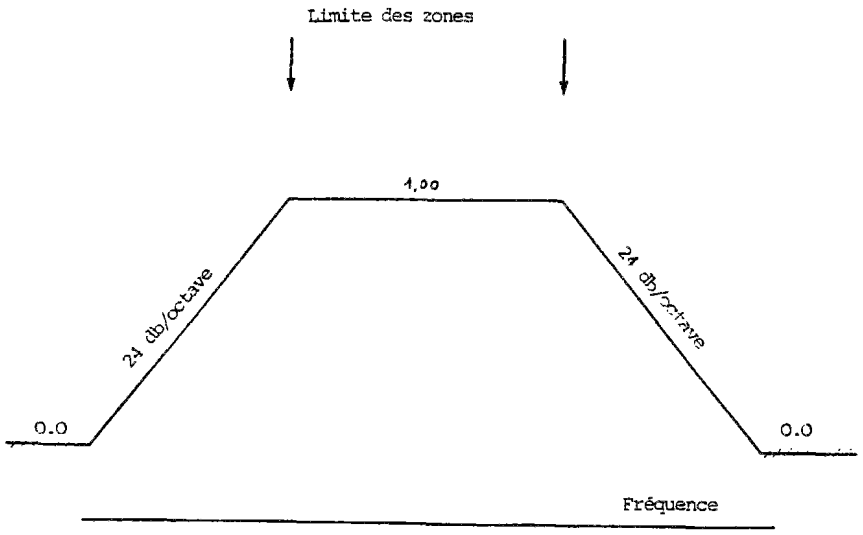


Figure 11. Fitres de la chaîne de traitement APL-72

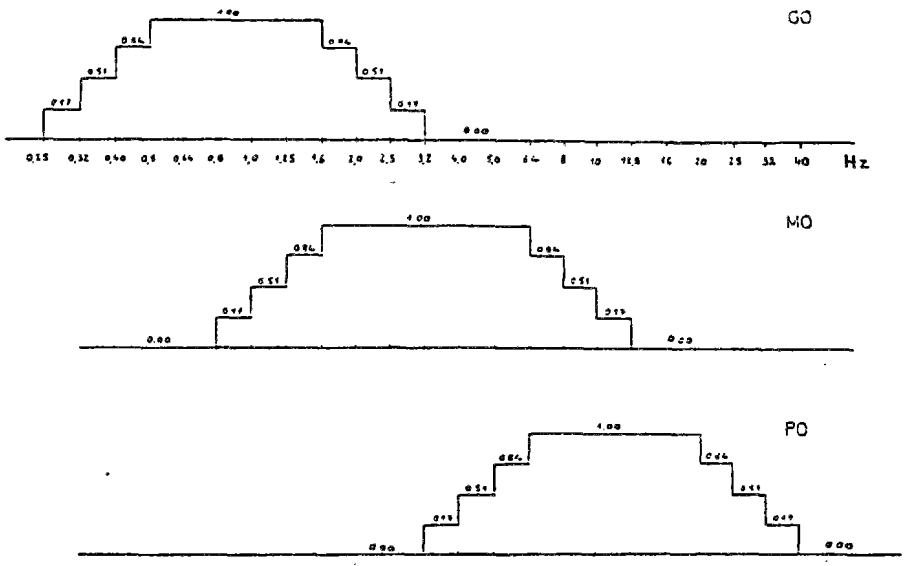


Figure 12. Représentation numérique des fitres d'APL-72

On trouve que les valeurs actives des filtres sortent des limites de fréquence étalonnée (pour les petites ondes et pour les grandes ondes).

3.3.2. Fonction de transfert de l'énergie

Après passages dans les filtres, la tension générée par la remorque est transformée en énergie par la chaîne de traitement.

On appele ici fonction de transfert d'énergie le rapport entre la veleur de l'énergie recueillie à la sortie de la chaîne de traitement et l'amplitude des dénivelations du profil.

La relation entre la tension efficace et la valeur de l'énergie (effet de la chaîne de traitement) pour les PO est présentée sur la figure 13. Cette relation date de 1978 et sert de base d'étalonnage de la chaîne de traitement (voir § 3.3.4.).

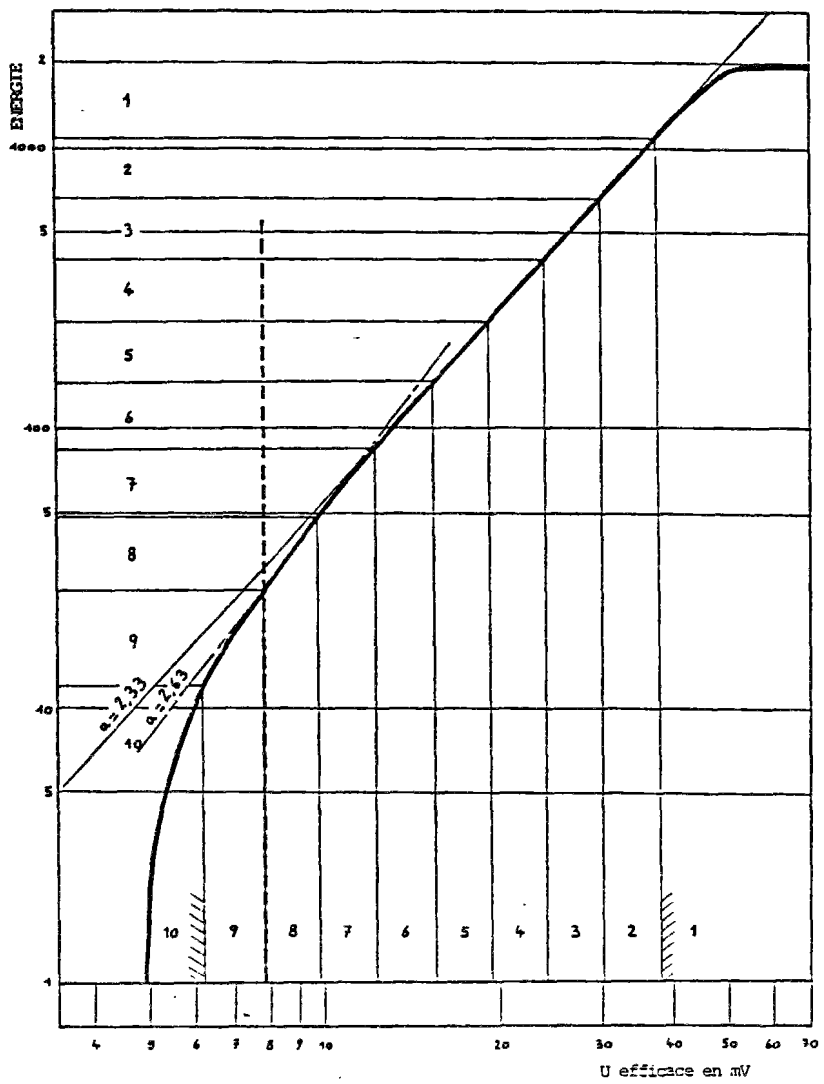


Figure 13. Fonction de transfert de la chaîne de traitement pour les petites ondes (l'approximation de cette fonction par deux droites conduit ensuite à distinguer les notes 1 à 8 des notes 9 et 10)

Ces relations ont permis de déterminer la fonction de transfert de l'énergie (la reponse de la remorque et de la chaîne incluses en fonction de la fréquence). On a aussi déterminé les enveloppes des fonctions de transfert de l'énergie qui correspondent aux enveloppes des fonctions de transfert de la remorque seule définies au § 3.2.2. .

Pour établir les fonctions de transfert, soit de la remorque soit de la remorque et de la chaîne ensemble, pour chaque gamme de longueur d'onde, il faut utiliser les notions de filtres (§ 3.3.1.). Sur la figure 14 on a représenté un exemple des fonctions de transfert "énergie", pour chaque gamme d'onde séparemment (représentation type d'un tiers d'octave).

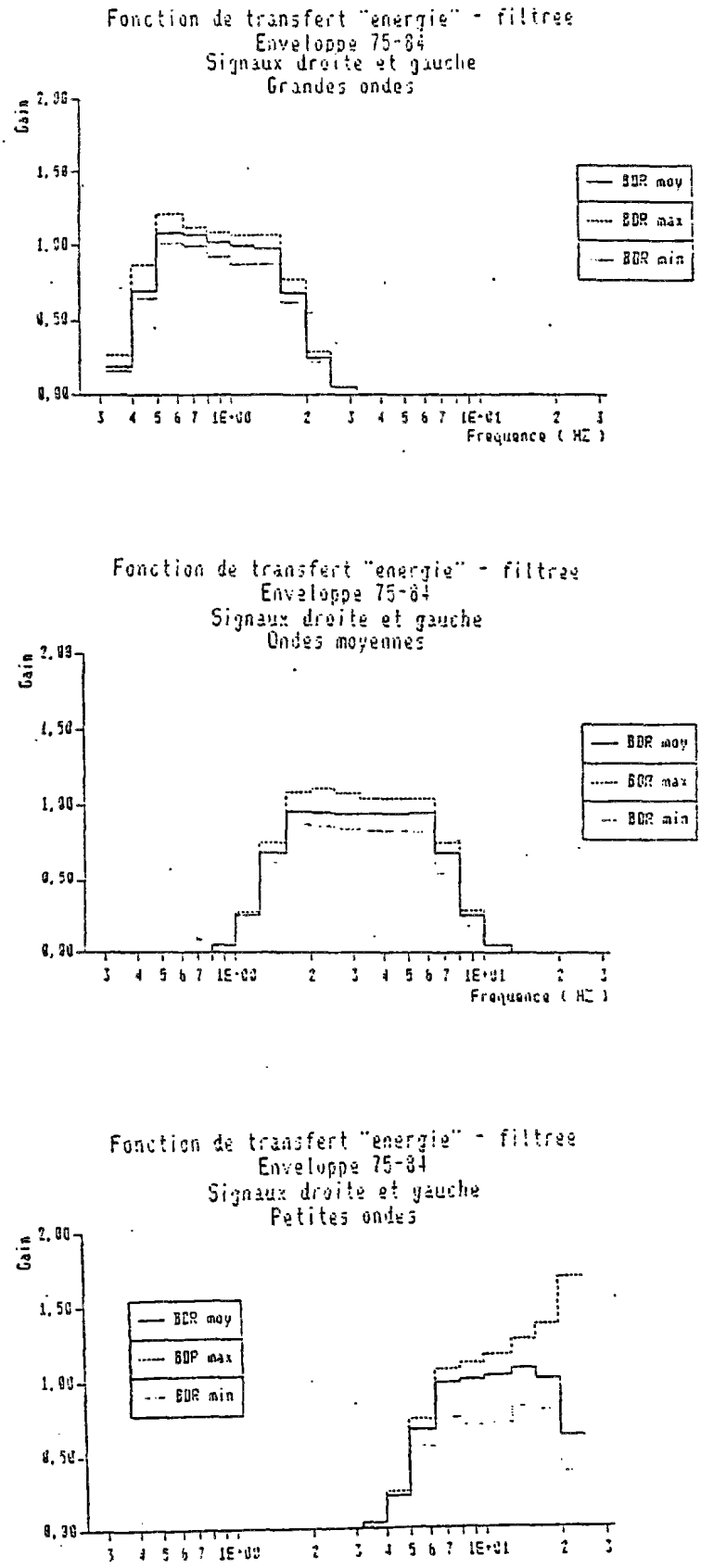


Figure 14. Fonctions de transfert "énergie" filtrées

3.3.3. Variations le la fonction de transfert de la chaîne de traitement en fonction du temps d'alimentation

On a réalisé un essai de traitement pour le même signal, sur la même chaîne, mais pour différents temps d'alimentation de la chaîne. Le signal enregistré a été généré au milieu de chaque gamme d'onde, avec des amplitudes variables dans la plage des valeurs réelles de l'APL-72.

Pour chaque gamme de longueur d'onde, on a essayé d'expliquer, la variation de l'énergie mesurée E_t en fonction du temps d'échauffement t (en heures) par rapport à l'énergie initiale E_1 (après 15' d'alimentation) :

$$E_t = f(E_1, t)$$

Les resultats obtenus sont présentés sur les figures 15,16 et 17. On voit sur ces figures que le temps d'alimentation de la chaîne a la plus forte influence dans la gamme des petites longueurs d'ondes, surtout dans la zone des notes 5 - 10. Par contre des valeurs plus stables sont trouvées pour les grandes ondes.

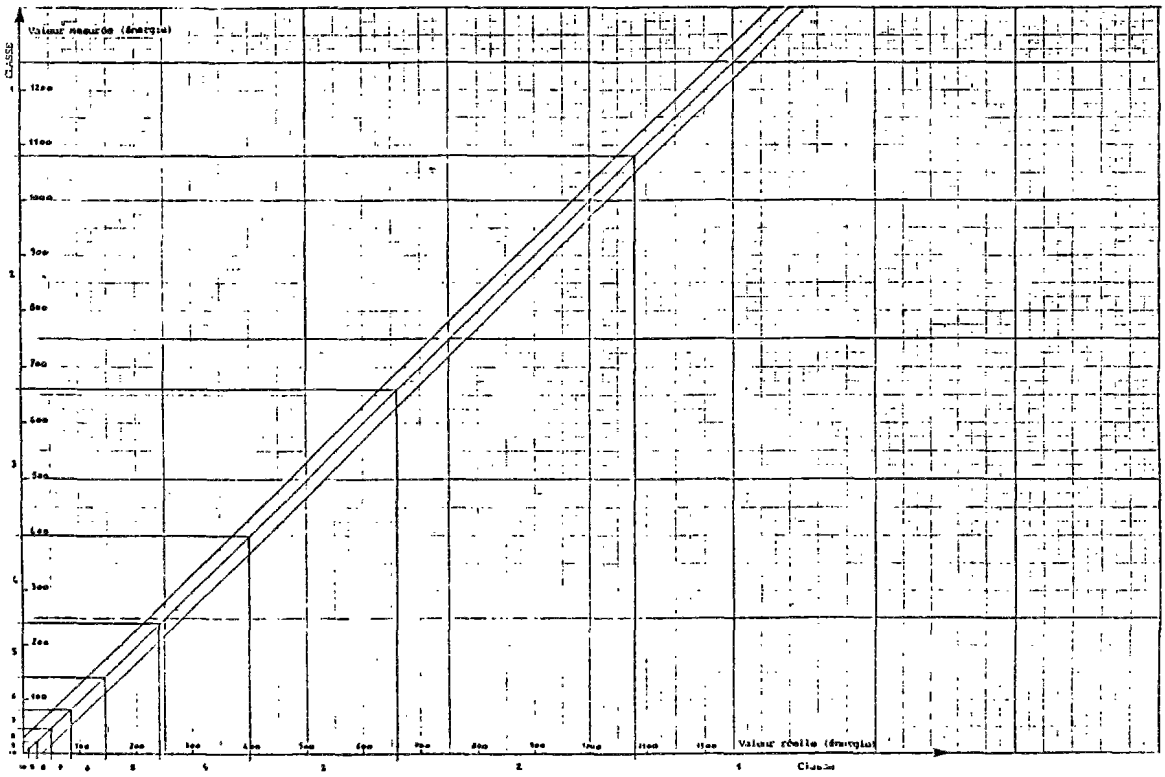


Figure 15. Variations de la note PO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne

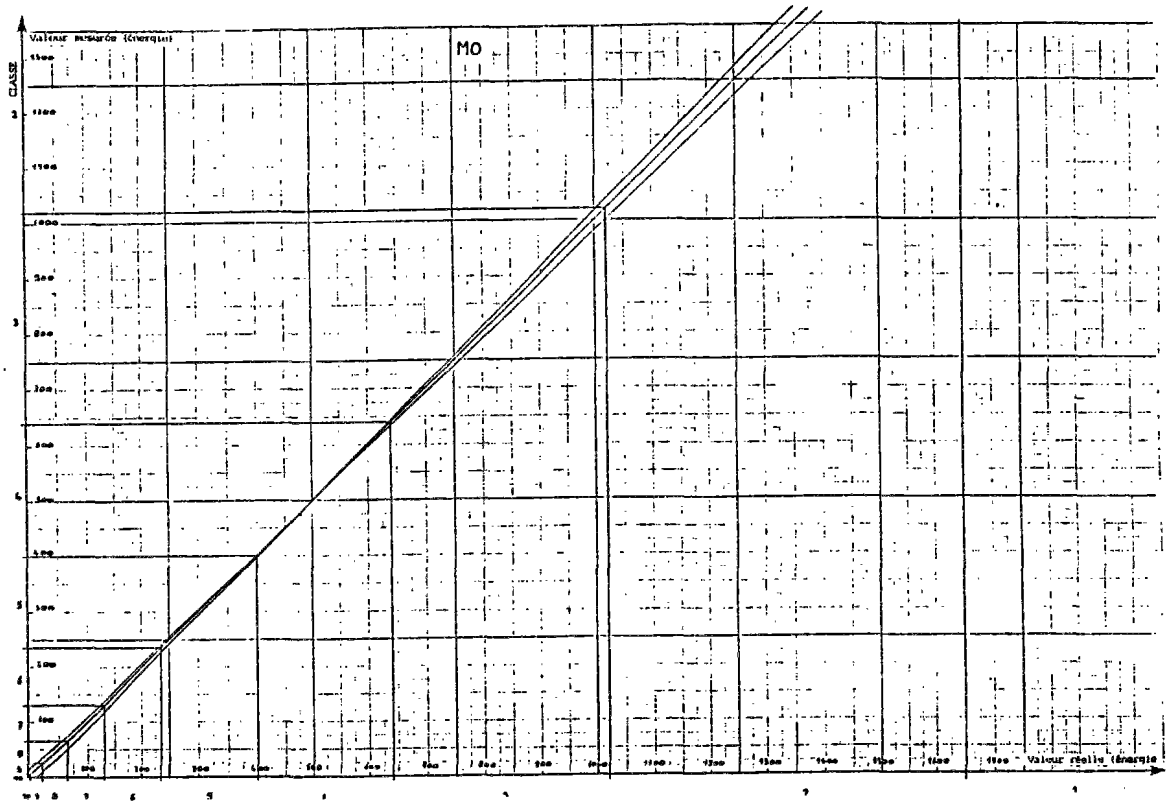


Figure 16. Variations de la note MO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne

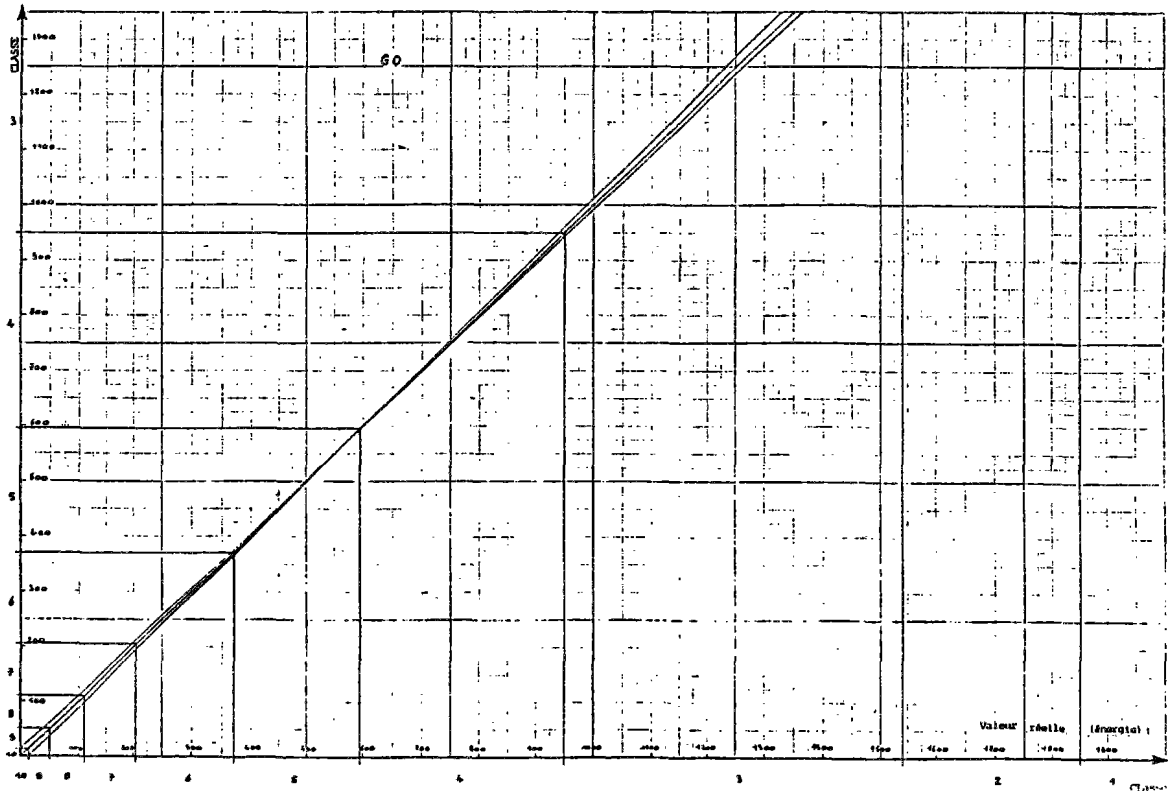


Figure 17. Variations de la note GO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne

3.3.4. Variations de la fonction de transfert de la chaîne de traitement dans le temps

La chaîne de traitement vieillit dans le temps et ce vieillisement est périodiquement corrigé par un réglage. Il eut été utile d'examiner l'état de la chaîne avant et après réglage, mais seuls les états après réglage sont conservés. On s'est donc borné à examiner l'influence du réglage de la chaîne de traitement sur sa fonction de transfert.

La courbe présentée sur la figure 13 sert de base pour les étalonnages de la chaîne. On a regroupé les résultats des étalonnages des chaînes effectués pendant la période 1978 - 1984 (chaînes 1 et 2 |64|). Les mesures antérieures au 1.01.1978, stockées sur bandes magnétiques sous forme analogique ont été retraitées avec la chaîne 1 en 1978.

On remarque que tous les étalonnages n'utilisent pas systématiquement les même valeurs de la tension efficace. La statistique sur les valeurs extrêmes peut donc être perturbée, surtout pour les moyennes et petites ondes dans la série des valeurs minimales.

Les résultats sont fournis par gamme de longueur d'onde sur les figures 18, 19 et 20.

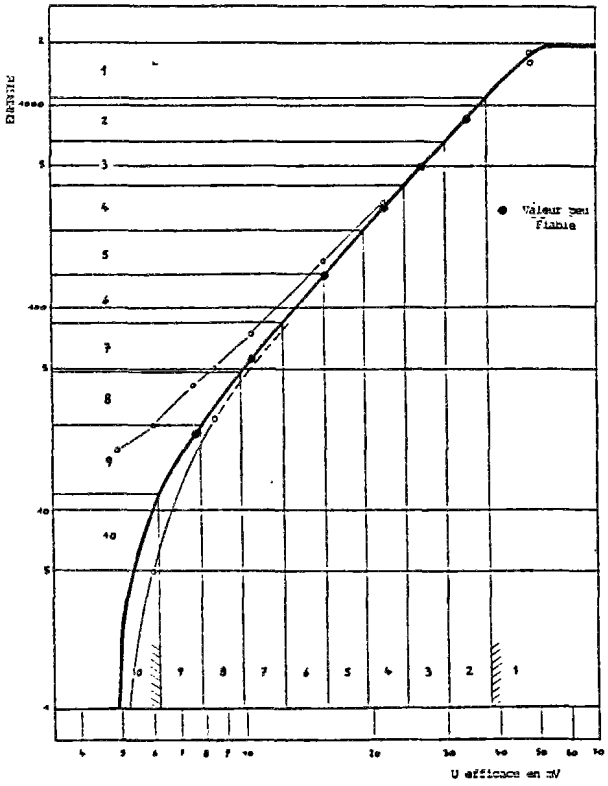


Figure 18. Enveloppe des fonctions de transfert de la chaîne APL-72 pour les petites ondes.

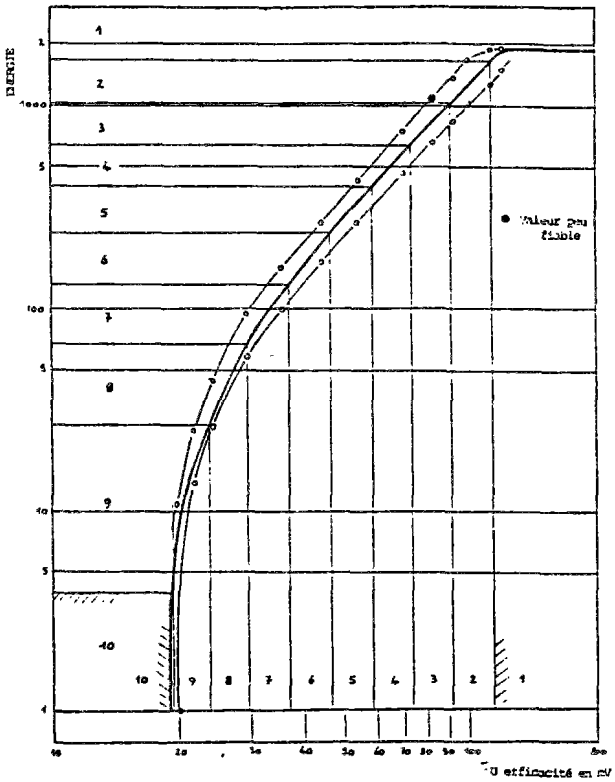


Figure 19. Enveloppe des fonctions de transfert de la chaîne APL-72 pour les ondes moyennes.

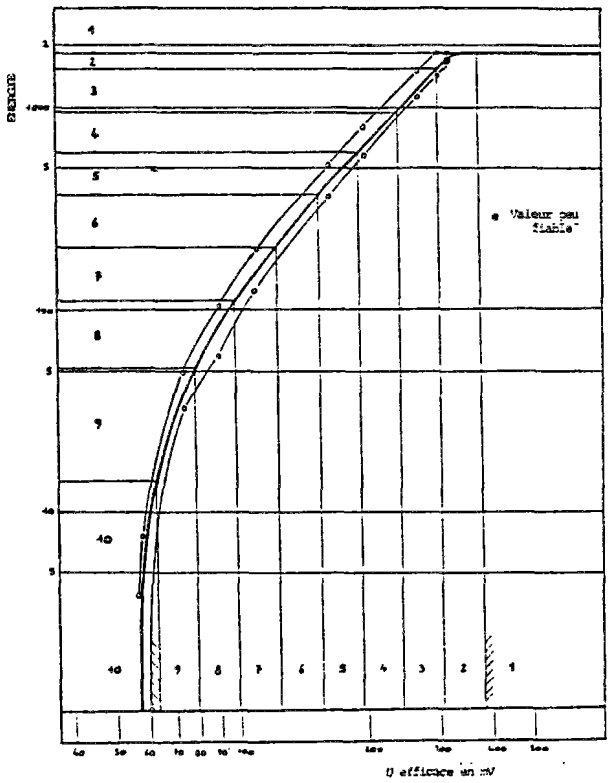


Figure 20. Enveloppe des fonctions de transfert de la chaîne APL-72 pour les grandes ondes.

On voit que les écarts pour les PO sont du même ordre de grandeur que ceux liés au temps d'alimentation de la chaîne, mais ceux pour les MO et GO ne peuvent pas être expliqués uniquement par le temps de mise sous tension. Dans la zone où la fonction du temps d'alimentation est stable (pour les valeurs d'énergie de 350 - 450 pour les MO, voir la figure 16), l'écart est égal à 188; pour les GO cet écart est de 220.

3.4. Effet des conditions de mesure

L'APL-72 doit travailler dans un régime de vitesse réelle constante (V = 72 km/h). La vitesse de mesure dépend à la fois de l'exactitude de compteur de vitesse (donc de la précision de la mesure de la distance) et des possibilités de l'ensemble véhicule - conducteur à observer une vitesse constante.

3.4.1. Influence de la précision de mesure de distance

Comme base de données pour cette analyse, on a choisi les sections témoins du LROP. La méthodologie retenue pour déterminer les écarts de distance entre différents passages est décrite au § 4.3.2. .

L'analyse conduit à constater l'existence de deux populations de mesures (voir le tableau 6): celles réalisées avant juillet 1977 et celles réalisées après. Les écarts-types restent toujours aux environs de 0,32% mais les valeurs moyennes des erreurs diffèrent de 1,8% (on ne peut pas savoir quelles sont les mesures convenables). Les écarts-types sont liés à l'appareil de mesure ; l'écart des valeurs moyennes est probablement lié au changement de la base de mesure en août/septembre 1977.

Tableau 6. Erreurs de mesure de distance

Période	Erreur moyenne %	Ecart-type %	Valeur Min. %	Valeur Max. %	Erreurs pour chaque année		
					Période	Erreur moyenne %	Ecart-type %
1975-77	17,4	3,19	9,4	21,7	1975	20,25	1,23
					1976	17,33	2,09
					-7- 1977	16,37	3,67
1977-83	- 0,1	3,18	- 4,7	7,7	-8- 1977	- 0,08	0,93
					1978	0,2	3,88
					1979	0	0
					1980	- 2,17	1,54
					1983	1,77	3,59

3.4.2. Influence de la vitesse de mesure.

La fonction de transfert, ou plutôt le traitement de la mesure n'est valable que pour une vitesse stable (20 m/s pour l'APL-72). En pratique, pour une vitesse constante aussi élevée la réalisation de la mesure est impossible : les mesures sont validées si la vitesse enregistrée pendant la mesure reste dans la plage 65 km/h - 80 km/h (variation de -9,3% à +11,1% par rapport à la vitesse théorique).

Un changement de vitesse modifie le signal enregistré par déplacement de la fonction de transfert comme fonction de la longueur d'onde (il n'y a pas de changement de cette fonction par rapport aux fréquences), et ce qui est plus important déplace le domaine des longueurs d'onde prises en compte. La figure 21 représente la fonction de transfert moyenne (en abscisse la longueur d'onde) pour les signaux filtrés.

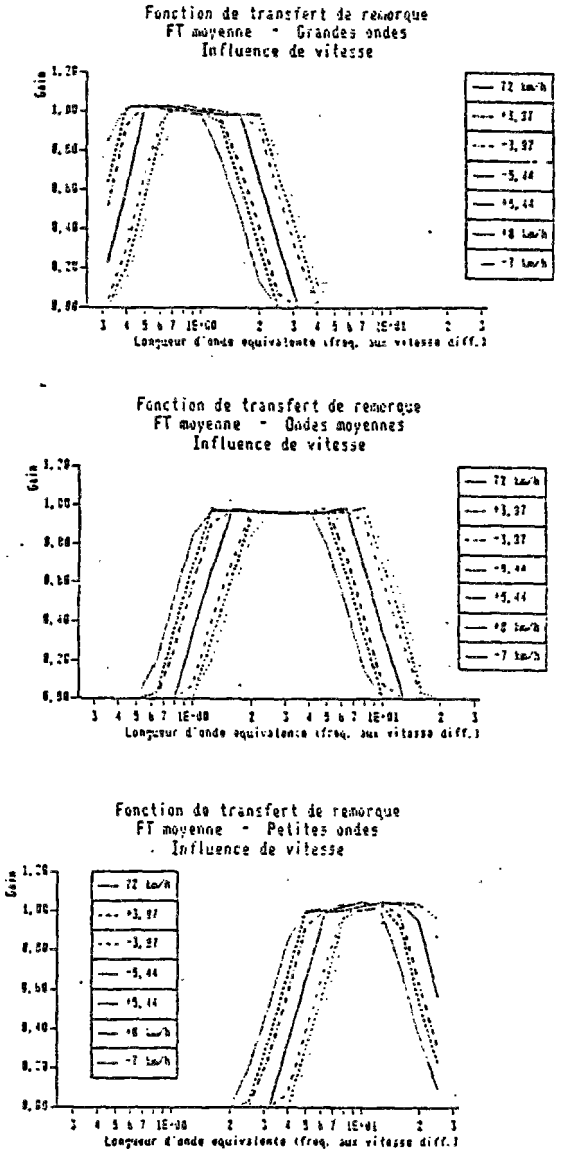


Figure 21. Influence de la vitesse sur la fonction de transfert APL

La valeur moyenne de la vitesse reste proche de 72 km/h. Pour les routes à 2 voies, 95% des valeurs sont comprises entre $v + \Delta v$ et $v - \Delta v$; avec

$$\Delta v = 2{,}0 * 1{,}8 = 3{,}6 \text{ km/h}$$

Les erreurs de mesure de longueur provoquent des erreurs de mesure de la vitesse; il faut donc ajouter (toujours pour la confiance de 95 %) les valeurs qui suivent .

- Pour l'analyse des sections témoins (ST) du LROP (période 1975-1983) :

  - valeur moyenne des erreurs : 1,74 %,
  - écart-type : 0,319 % (voir tableau 6)

  et donc dans 95% des cas l'erreur reste inférieure à

$$\Delta V_1 = 1{,}74 + 1{,}64 * 0{,}319 = 2{,}56\%$$

  ce qui correspond, pour la vitesse de base de 72 km/h, à 1,84 km/h.

- Pour les données de la BDR (période 1977-1983) :

  - valeur moyenne des erreurs : 0,
  - écart type : 0,318 %,

  soit: $\Delta V_2 = 0 + 1{,}64 * 0{,}318 = 0{,}53\%$

  ce qui correspond, pour la vitesse de base 72 km/h, à 0,37 km/h.

En cumulant ces deux effets, 95% des valeurs seront comprises entre $v - \Delta V_T$ et $v + \Delta V_T$, avec ΔV_T égal à :

$$\Delta V_{T1} = \Delta V + \Delta V_1 = 3{,}6 + 1{,}84 = 5{,}44 \text{ km/h} \quad \text{pour les ST}$$

$$\Delta V_{T2} = \Delta V + \Delta V_2 = 3{,}6 + 0{,}37 = 3{,}97 \text{ km/h} \quad \text{pour la BDR}$$

3.4.3. Reproductibilité de la mesure

Afin de préciser la reproductibilité de mesure de l'APL-72, on a réalisé une vérification particulière, on choisissant des sections sur lesquelles on a réalisé 10 passages standards (plage de vitesse standard, libre choix du lieu de passage sur les voies) de l'APL-72.

On a choisi 2 sections caractéristiques d'unis différents (notes 3 et 10). Les longueurs des tronçons étaient respectivement de 4 km (20 tronçons de 200 m) et de 5,4 km (27 x 200 m).

Il faut souligner que ces mesures ont été réalisées sur 2 jours (donc avec une fonction de transfert de remorque constante) et ont été traitées au même moment sur la même chaîne (temps d'alimentation quasi-constant donc fonction de transfert de la chaîne constante aussi).

En ce qui concerne la plage de vitesse de mesure qui n'était pas préalablement restreinte, il faut remarquer qu'elle est assez étroite. L'analyse des vitesses enregistrées pendant la mesure montre que, sauf un cas exceptionnel sur le tronçon 26, où la vitesse était 79,9 km/h, la répartition de vitesse est bien centrée autour de 72 km/h. L'écart-type des distributions de vitesse sur chaque tronçon varie de 0,42 km/h à 1,06 km/h (pour le tronçon 26 il est égal à 3,45 km/h). Ainsi globalement (tronçon 26 inclus) la vitesse moyenne générale est égale à 71,9 km/h et l'écart type relativement faible (1,03 km/h) reste donc au-dessous de la valeur retenue comme dispersion normale de la vitesse pour l'étude des sections témoins et pour celle de la BDR (voir § 3.3.2.).

Notes

Pour les notes, on trouve que l'erreur liée à la répétition de mesures est indépendante de la valeur d'uni et au niveau de la plus forte valeur moyenne égale à

- 0,22 - pour les petites ondes,
- 0,29 - pour les ondes moyennes,
- 0,27 - pour les grandes ondes.

Energie

Pour les énergies on trouve que l'influence des valeurs mesurées sur la reproductibilité des mesures suit les formules ci-dessous.

Petites ondes :
$$s(E) = \begin{cases} 0{,}02*E + 12{,}41 & \text{pour } E < 1625 \\ 45 & \text{pour } E > 1625 \end{cases}$$

Ondes moyennes :
$$s(E) = 0{,}02*E + 11{,}25$$

Grandes ondes :
$$s(E) = \begin{cases} 4 & \text{pour } E < 105 \\ 0{,}09*E - 5{,}37 & \text{pour } E > 105 \end{cases}$$

où :
- E est l'énergie de l'APL-72,
- s est l'écart-type de réproductibilité.

3.5. Estimation de la précision des résultats (mesure et traitement)

La précision de l'APL-72 est considérée ici en fonction des applications particulières réalisées. Dans le cas de l'APL-72 , les facteurs suivants influencent la précision de la mesure :

- la fonction de transfert de la remorque,
- la variation des caractéristiques de remorque dans le temps,
- la fonction de transfert de la chaîne (de base),
- la vitesse de mesure,
- la variation de la chaîne dans le temps,
- la variation de la chaîne due au temps d'alimentation,
- la reproductibilité de la mesure (dans le cas de comparaison de mesure seulement).

Selon le type d'étude à réaliser, tous les facteurs ne sont pas à prendre en compte. Dans cette recherche, on s'intéresse surtout à l'évolution de l'uni dans le temps, en se basant sur les données des ST et de la BDR. On examine donc d'abord la précision générale dans les cas des ST et de la BDR, et on montre ensuite (comme exemple) une application particulière de comparaison de mesures réalisées en 1978 et en 1982.

3.5.1. Méthodologie utilisée

On peut considérer que la notation de l'APL-72 (en énergie) est donnée par la formule :

$$E = \int_{\Omega} DSP*FILTRE*df$$

dans les limites des valeurs positives de filtre (bande de fréquence Ω pour chaque gamme d'ondes différente).

L'énergie est liée à l'amplitude du signal suivant la fonction de transfert de la chaîne. Comme ces amplitudes enregistrées dépendent de la fonction de transfert de la remorque, on a donc finalement :

$$E = \int_{\Omega} DSP\ (FT\ remorque,\ FT\ chaîne)*FILTRE*df$$

où : - FT remorque est définie dans § 3.2.1.,
- FT chaîne est définie dans § 3.3.2..

Mais la fonction de transfert de l'énergie (décrite dans § 3.3.2.) regroupe en fait celle de la remorque et celle de la chaîne. Nous avons donc :

$$E = \int_{\Omega} \text{DSP (FT énergie)*FILTRE*df}$$

En passant à la sommation dans chaque tiers d'octave, les écarts liés aux changements de la fonction de transfert énergie (quelles qu'en soient les raisons) sont :

$$\Delta E = \sum_{i=1}^{n} E_i*(FT_i base - FT_i m)$$

où :
- E_i est l'énergie passant par le tiers d'octave i,
- $FT_i base$ est la fonction de transfert d'énergie de base (moyenne) définie dans § 3.3.2. (filtres inclus) pour le tiers d'octave i,
- $FT_i m$ est la fonction de transfert d'énergie donnée,
- n est le nombre de tiers d'octave inclus par le filtre.

Les écarts relatifs sont :

$$\frac{\Delta E}{E_{TOTAL}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{E_i}{E_{TOTAL}} \left(FT_{i\,base} - FT_{i\,m} \right)$$

soit

$$\frac{\Delta E}{E_{TOTAL}} = \sum_{i=1}^{n} p_i \left(FT_{i\,base} - FT_{i\,m} \right)$$

où : $p_i = \dfrac{E_i}{E_{TOTAL}}$

On a pris en compte les conditions moyennes dans les valeurs p_i utilisées (moyennes définies pour chaque gamme d'onde après analyse spectrale, voir § 3.5.2.). L'effet du filtre est inclus dans la fonction de transfert énergie; le pourcentage p_i introduit dans cette formule ne tient donc pas compte de l'effet du filtre.

3.5.2. Décomposition de l'énergie par gamme de longueur d'onde

Le principe retenu a consisté à définir l'énergie d'abord dans chacun des tiers d'octave, puis à le cumuler dans chacune des bandes de fréquence.

Le calcul de l'énergie a utilisé une analyse spectrale (analyseur FFT 2 voies, type 2032 Bruel&Kjaer |57|). Le temps d'acquisition est lié à la longueur du tronçon standard soit 200 m; les mesures sont faites séparément et simultanément pour les signaux gauche et droit.

Les valeurs mesurées représentent l'énergie en m^2 dans la bande des fréquences définies sur un tronçon longueur de 1 m .

On a traité les mesures réalisées sur 66 tronçons de 200 m, choisis parmi les mesures effectuées par le LROP. Les tronçons sélectionnés se caractérisent par des niveaux d'uni différents (bon et mauvais).

Pour chaque gamme d'onde on a fait une statistique de répartition énergétique en utilisant deux modalités différentes.

- La première donne les répartitions incluant l'effet des filtres (voir § 3.3.1.). L'énergie totale représente alors l'énergie passante par la bande de fréquence définie pour chaque gamme d'onde et doit correspondre aux valeurs enregistrées par la chaîne de traitement. On détermine le pourcentage de l'énergie passant dans chacun des tiers d'octave .

- La deuxième modalité donne la valeur d'énergie qui passe par la bande affichée (découpage sans effet de filtrage). La référence (100%) reste la même que dans la première modalité à savoir l'énergie passant dans la bande avec effet des fitres.

Les résultats complets de l'analyse se trouvent dans l'annexe; on note ici les eléments essentiels qui suivent.

Petites ondes

Dans la gamme des petites ondes, il manque deux tiers d'octave extrêmes à droite (théoriquement les plus faibles au niveau énergétique). L'analyse générale est présentée dans le tableau 7.

Il faut souligner que le pourcentage moyen de l'énergie provenant de l'extérieur de la bande affichée est de 36% (plus deux tiers d'octave qui n'était pas inclus). Dans les cas extrêmes ce pourcentage peut atteindre 52% (et plus) et reste toujours au-dessus de 13%.

Tableau 7. Répartition d'énergie dans les tiers d'octave; PO

					Zone conventionnelle (Hz)					
	Pourcentage	3,2 4,0	4,0 5,0	5,0 6,4	6,4 8,0	8,0 10,0	10,0 12,8	12,8 16,0	16,0 20,0	20,0 25,0
sans filtre	Moyenne	18	15	16	16	14	13	13	10	13
	Ecart-type	13	9	8	7	8	5	6	7	9
	Minimum	4	3	4	4	4	4	3	4	4
	Maximum	166	44	34	40	54	29	33	33	52
avec filtre	Moyenne	3	8	14	16	14	13	13	10	11
	Ecart-type	2	4	7	7	8	5	6	7	7
	Minimum	1	1	3	4	4	4	3	4	3
	Maximum	11	22	28	40	54	29	33	33	44

Ondes moyennes

Compte tenu de la pente du filtre, le pourcentage de l'énergie, pour les moyennes ondes, passant à l'extérieur de la bande affichée est pour le cas moyen de 48%, pour le cas extrême de 77% et jamais moins de 29%. Le tableau 8 regroupe les résultats finaux.

Tableau 8. Répartition d'énergie dans les tiers d'octave; MO

					Zone conventionnelle (Hz)								
	Pourcentage	0,8 1,0	1,0 1,25	1,25 1,6	1,6 2,0	2,0 2,5	2,5 3,2	3,2 4,0	4,0 5,0	5,0 6,4	6,4 8,0	8,0 10,0	10,0 12,8
sans filtre	Moyenne	33	28	19	13	8	7	8	8	9	8	7	7
	Ecart-type	21	20	10	6	5	4	5	5	6	4	5	4
	Minimum	11	3	3	5	2	2	1	1	1	0	0	0
	Maximum	108	187	150	30	26	18	22	20	26	26	31	23
avec filtre	Moyenne	6	14	16	13	8	7	8	8	9	7	4	1
	Ecart-type	4	10	9	6	5	4	5	5	6	4	2	1
	Minimum	2	2	3	5	2	2	1	1	1	0	0	0
	Maximum	18	44	42	30	26	18	22	20	26	22	16	4

Grandes ondes

Le problème de l'énergie provenant de l'extérieur est aussi important dans la gamme des grandes ondes. Pour les conditions moyennes, ce pourcentage est de 48%, et peut atteindre 86% ; il reste toujours supérieur à 14%.

Le tableau 9 récapitule les résultats de l'analyse pour les grandes ondes. Il faut souligner la grande dispersion de la répartition (unis différents); le rapport de l'écart-type sur la moyenne est bien souvent proche de 1.

Tableau 9. Répartition de l'énergie dans les tiers d'octave; GO

		Zone conventionnelle (Hz)										
	Pourcentage	0,25 0,32	0,32 0,40	0,40 0,50	0,50 0,64	0,64 0,80	0,80 1,0	1,0 1,25	1,25 1,60	1,60 2,0	2,0 - 2,5	2,5 -3,2
sans filtre	Moyenne	90	22	22	13	19	10	5	5	3	2	1
	Ecart-type	78	16	12	8	10	5	4	5	2	2	1
	Minimum	0		3	1	5	2	1	0	0	0	0
	Maximum	432	60	249	131	47	24	22	22	11	12	7
avec filtre	Moyenne	15	11	18	13	19	10	5	5	3	1	0
	Ecart-type	13	8	10	8	10	5	4	5	2	1	0
	Minimum	0	0	2	1	5	2	1	0	0	0	0
	Maximum	73	31	41	31	47	24	22	22	9	6	1

On voit sur ces tableaux qu'une forte partie de ces énergies passe à gauche, c'est-à-dire pour les petites ondes dans la gamme des moyennes ondes, pour les moyennes dans la gamme des grandes ondes et pour les grandes dans le domaine normalement non pris en compte par l'APL-72. Cette constatation explique la corrélation entre énergie (et donc entre les notes) mentionnées au chapitre 2.

3.5.3. Erreurs cumulées

L'analyse de l'influence cumulée des fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement (trois premiers facteurs présentés dans § 3.5.) montre que la dispersion des valeurs dépend de la manière dont sont introduites les mesures (une seule remorque ou deux remorques). Le rapport des erreurs obtenues pour les deux modalités est proche de 2. La sélection des fonctions de transfert diminue aussi les écarts. Dans la comparaison des résultats obtenus pour la BDR (toutes fonctions de transfert incluses) et des résultats obtenus pour les ST (les fonctions de transfert sélectionnées) on obtient pour ce rapport des valeurs entre 1,5 et 2.

Pour chaque cas particulier il faut déterminer les facteurs qui doivent être cumulés pour obtenir une idée de la précision globale à savoir :

- fonction de transfert donnée (soit enveloppe des fonctions de transfert pour des périodes qui peuvent être caractérisées par plusieures fonctions de transfert comme par exemple les cas des ST et de la BDR),
- plage de vitesse de mesure caractéristique pour les mesures étudiées,
- variation de la fonction de transfert de la chaîne de traitement,
- variation liée au temps de mise en tension de la chaîne,
- reproductibilité.

L'influence des variations des caractéristiques de la chaîne de traitement des mesures est présentée dans § 3.3.4.. Cette influence concerne les mesures de la BDR (traitements successifs des mesures). Les données des sections témoins ont été traitées pendant une période de temps relativement courte, on ne considère donc pas de variation des caractéristiques de la chaîne.

L'influence du temps d'alimentation présentée dans § 3.3.3. concerne deux groupes de données (BDR et ST). D'après les informations du LROP, le traitement des fichiers BDR ne dure jamais plus d'une demi-journée sans arrêt de la chaîne. Par contre on ne peut pas exclure que les fichiers des sections témoin n'aient jamais été traités avec une chaîne sous tension depuis 8 h 30 '.

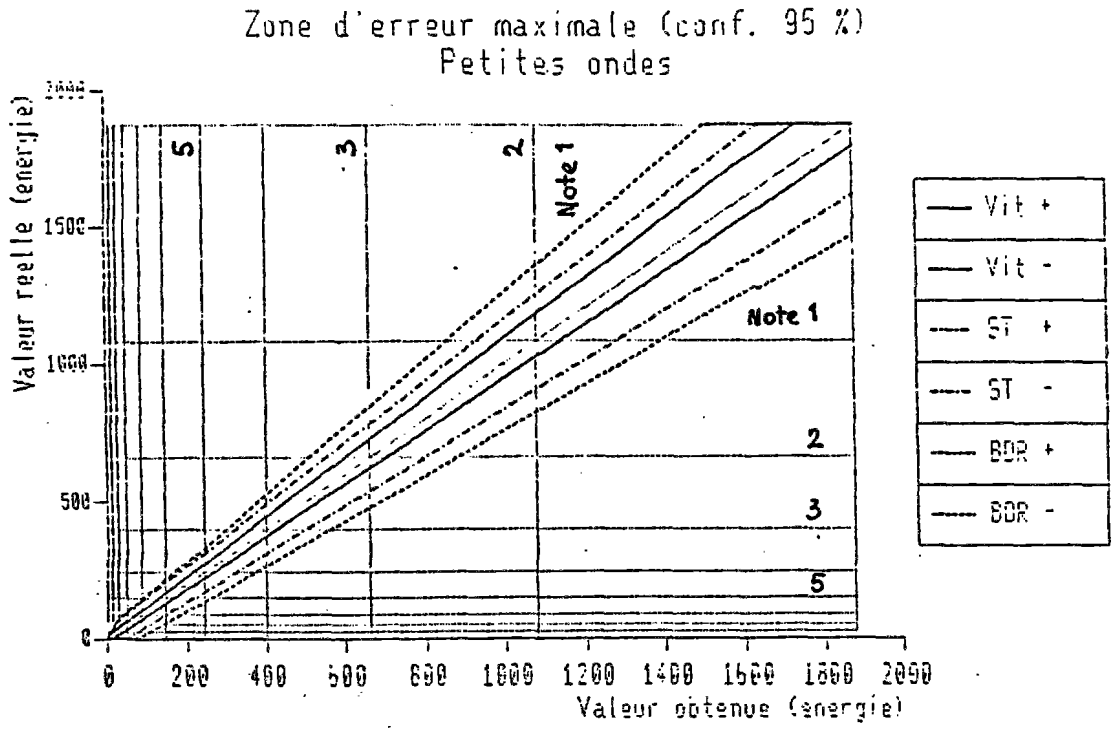
Par ailleurs les fichiers de la BDR et des ST servant de base de vérification et comparaison de l'évolution de l'uni dans le temps, il faut ajouter une notion de reproductibilité de mesure (§ 3.4.3.).

L'intervalle de confiance pour les zones d'erreur précisées sur les figures 22, 23 et 24 est au niveau de 95%. Ces zones d'erreurs prennent en compte les effets de toutes les variations observées pour la fonction de transfert de la remorque, celle de la chaîne de traitement et celles liées à la reproductibilité des mesures. L'erreur retenue représentant les variations de la vitesse de mesure tient compte de la gamme plausible (avec la confiance 95%) de ces variations (voir § 3.4.2.).

Les zones des erreurs présentées sur les figures 22, 23 et 24 sont déterminée pour :

- les données de la BDR - pour les conditions décrites ci-dessus (signe BDR de la légende),
- les données des ST - pour les conditions ci-dessus (signe ST de la légende),
- le cas hypothètique des mesures réalisées ensemble (en même temps, donc avec la même fonction de transfert de remorque, on a pris ici la fonction de transfert moyenne) et traitées aussi ensemble (sans l'influence de variations des caractéristiques de la chaîne de traitement), (signe Vit de la légende, car il n'y a ici que l'influence de la vitesse).

Dans l'annexe on peut consulter (comme exemple d'application particulière) les zones d'erreur déterminées pour les conditions de mesure hypothétiquement représentatives de la campagne 1978 (étalonnage état final de 1977, traitement avec la chaîne de base, alimentation inférieur à 4 h) et de la campagne 1982. On voit que cette fois les distributions ne sont plus symétriques (surtout pour les petites ondes).


Zone d'erreur maximale (conf. 95 %)
Petites ondes
Valeur reelle (energie)
Valeur obtenue (energie)
0
500
1000
1500
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
5
3
2
Note 1
Note 1
2
3
5
Vit +
Vit -
ST +
ST -
BDR +
BDR -

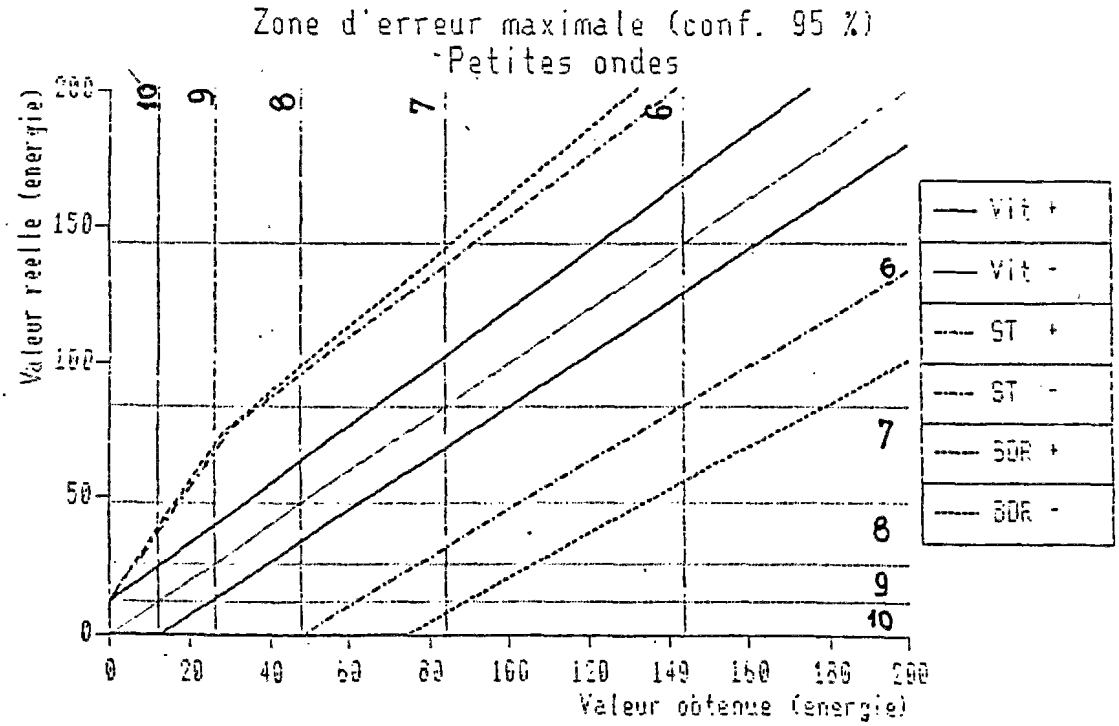
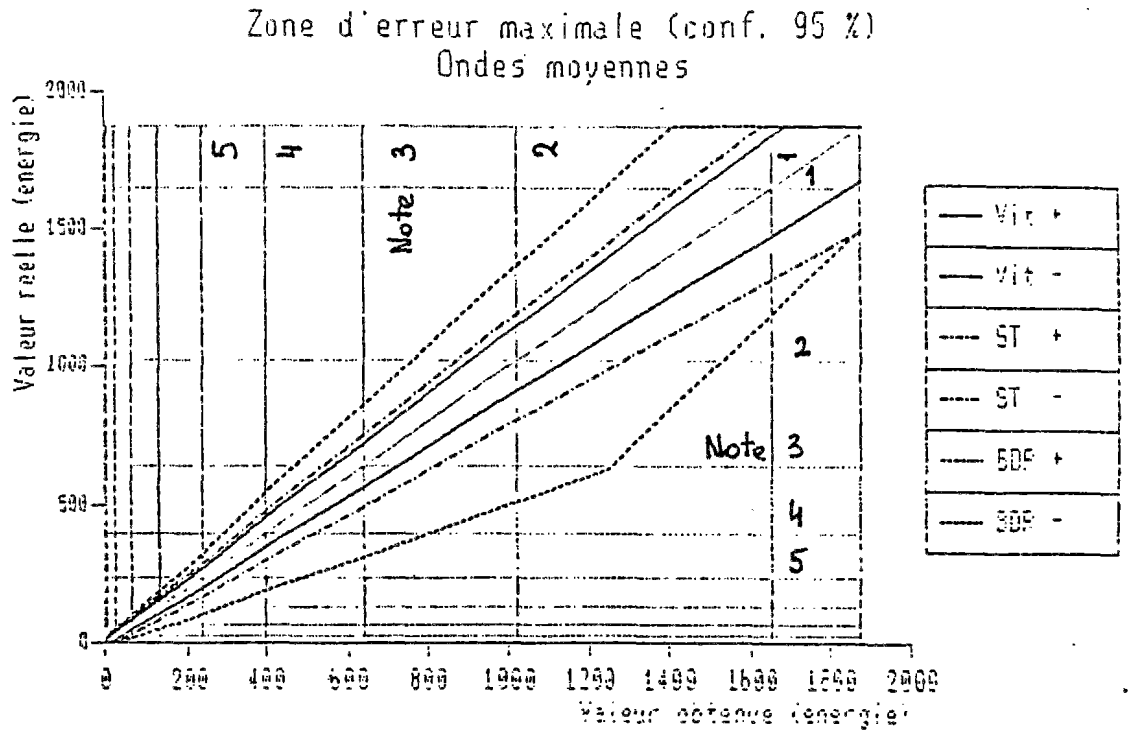

Zone d'erreur maximale (conf. 95 %)
Petites ondes
Valeur reelle (energie)
Valeur obtenue (energie)
0
50
100
150
200
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
10
9
8
7
6
6
7
8
9
10
Vit +
Vit -
ST +
ST -
BDR +
BDR -

Figure 22.


Zone d'erreur maximale (conf. 95 %)
Ondes moyennes
Valeur reelle (energie)
Valeur obtenue (energie)
Note
Vit +
Vit -
ST +
ST -
BDR +
BDR -

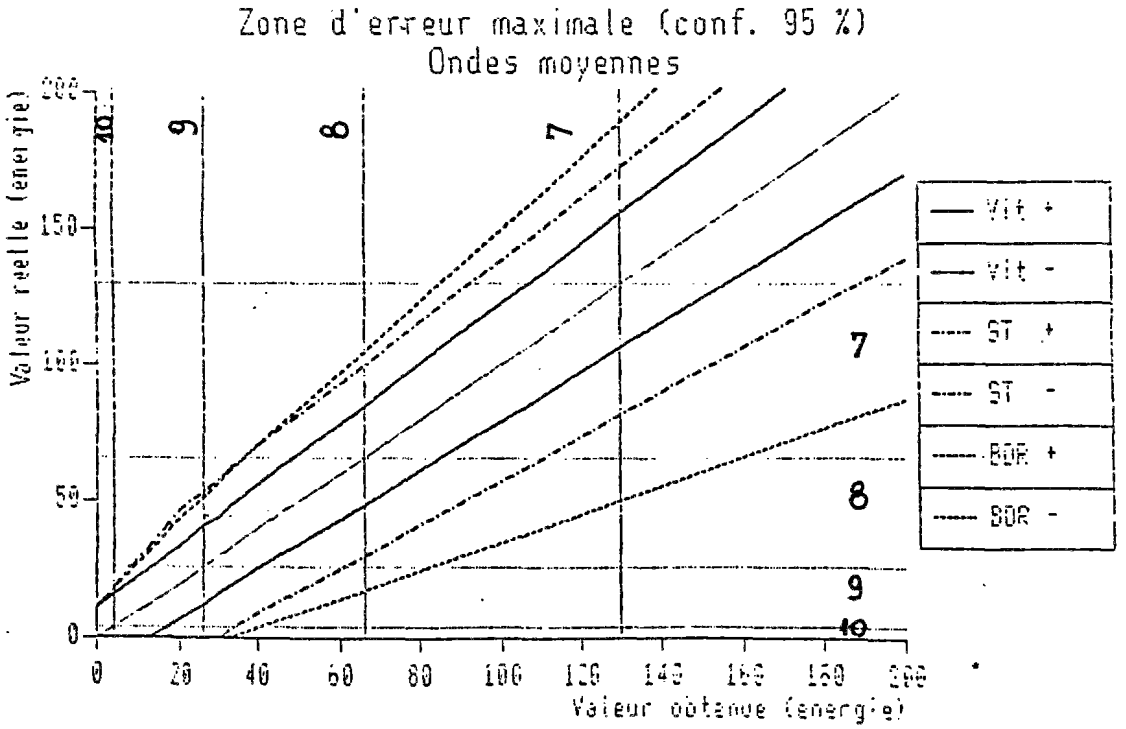
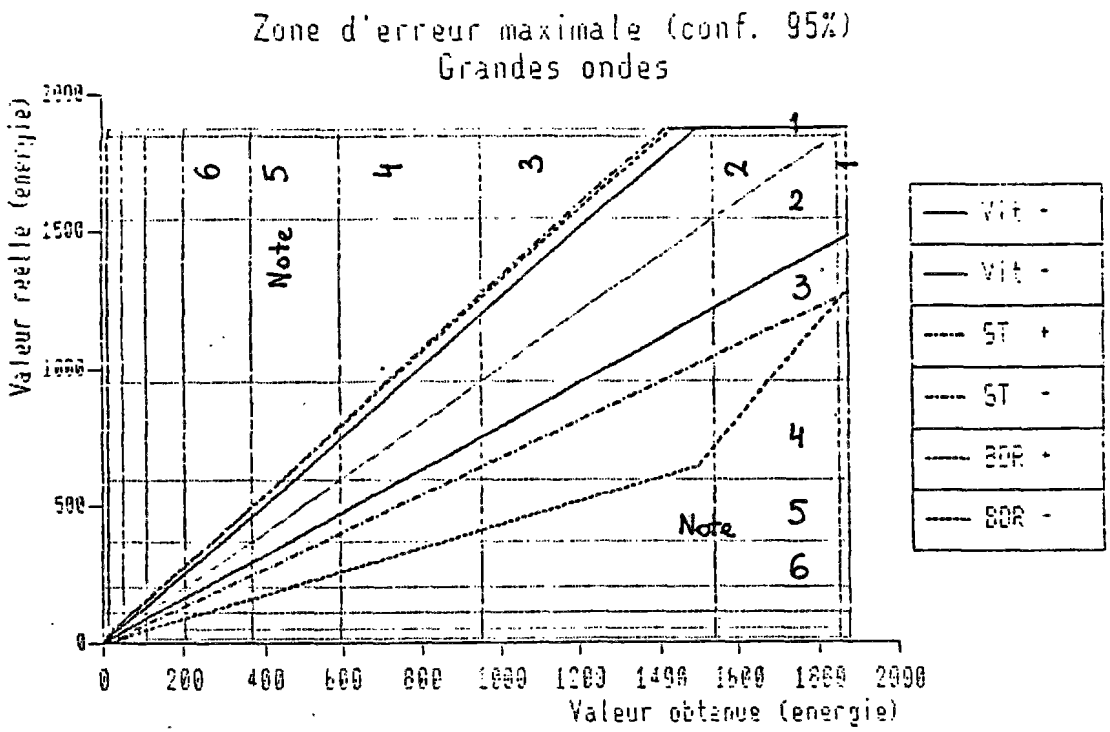

Zone d'erreur maximale (conf. 95 %)
Ondes moyennes
Valeur reelle (energie)
Valeur obtenue (energie)
Vit +
Vit -
ST +
ST -
BDR +
BDR -

Figure 23.


Zone d'erreur maximale (conf. 95%)
Grandes ondes
Valeur reelle (energie)
Valeur obtenue (energie)
Note
Note
Vit +
Vit -
ST +
ST -
BOR +
BOR -

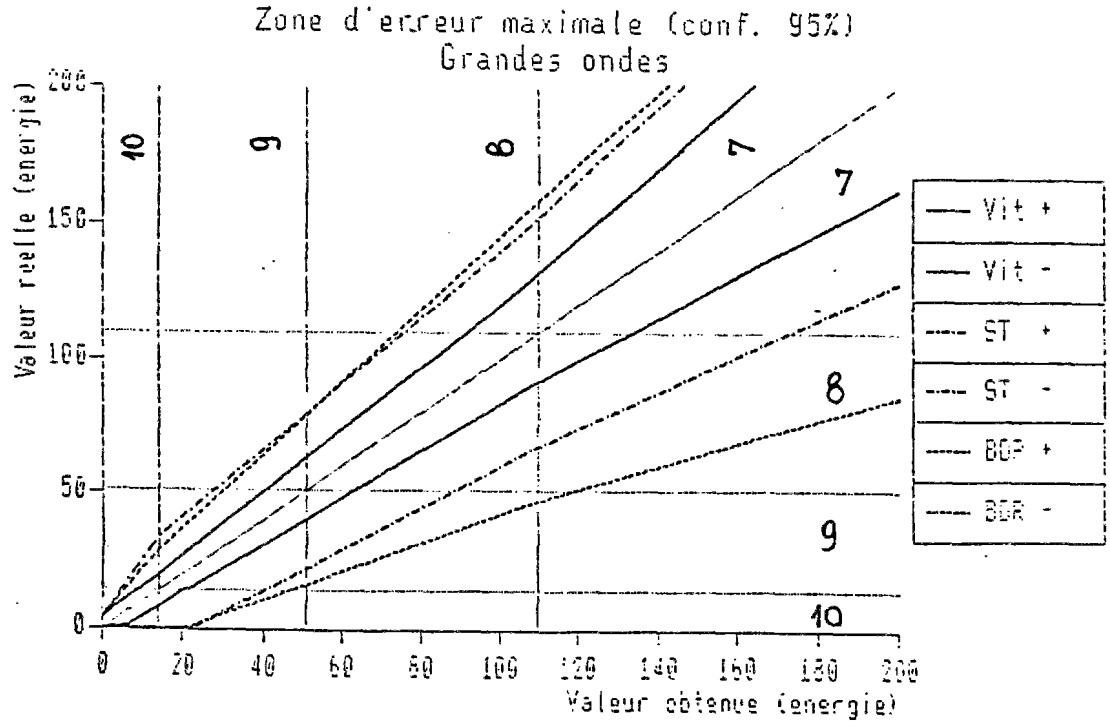

Zone d'erreur maximale (conf. 95%)
Grandes ondes
Valeur reelle (energie)
Valeur obtenue (energie)
Vit +
Vit -
ST +
ST -
BOR +
BOR -

Figure 24.

3.5.4. Relations entre notes mesurées et notes réelles

On appelera par la suite note "mesurée" la note actuellement attribuée à une section de route, après mesure par l'APL-72 et traitement du signal.

On appelera note "réelle", la note que l'on obtiendrait en réalisant les mesures dans des conditions idéales et en traitant le signal obtenu de telle sorte que la valeur calculée pour attribution une note corresponde sans aucune erreur à l'énergie réellement contenue dans chacune des gammes de longueur d'onde du signal.

Pour les notes, la précision de la notation est déterminée en retenant une distribution gaussienne (voir la figure 25). On a donc :

$$P(N1 \text{---}> N2) = \frac{C_n^{n_i}}{\sum_{i=1}^{10} C_n^{n_i}}$$

$$C = \iint_S Fgauss(E) * dE$$

où : - P(N1--->N2) est la probabilité que la note N1 mesurée soit N2 en réalité,
- Fgauss est la fonction gaussienne prise dans les limites d'intervalle de confiance retenue,
- E est l'énergie APL,
- S est la surface limitée par les seuils d'intégration relatifs à la note Ni.

Pour la confiance 95%

$P(N_1\ N_1) = \frac{VABCDEFGH}{VABCDLJFG}$

$P(N_1\ N_2) = \frac{VABEI}{VABCDLJFG}$

$P(N_1\ N_3) = \frac{VCDHJ}{VABCDLJFG}$

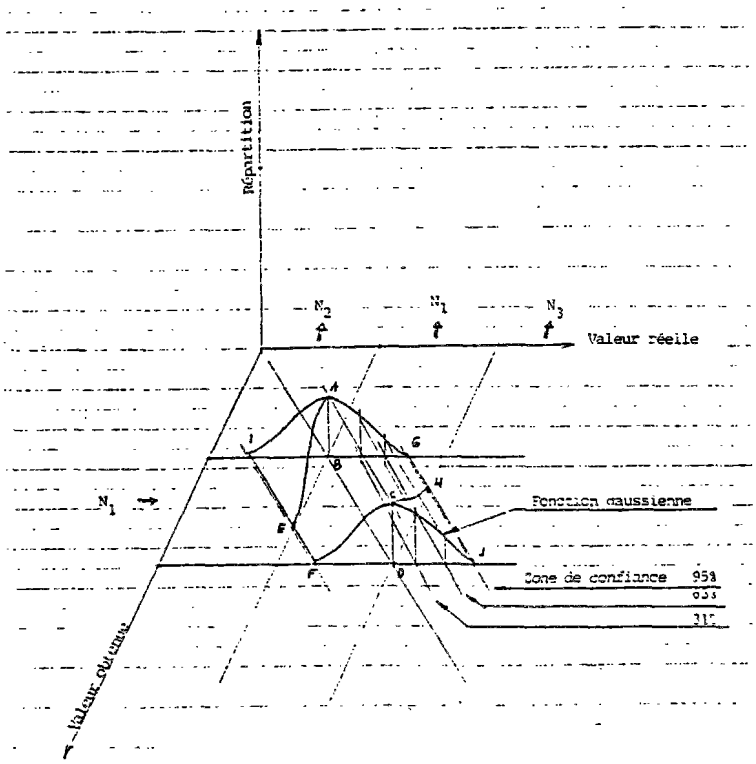


Figure 25. Relation entre les notes mesurées et les notes réelles

On a fait le calcul pour chaque gamme d'onde (PO, MO, GO) et pour les cas :

- ensemble des donnée des ST,
- ensemble des données de la BDR,
- fonctions de transfert (remorque et chaîne) constantes (valeur moyenne des fonctions de transfert pour la moyenne des deux signaux); un seul facteur, la vitesse de mesure, varie,
- conditions probablement représentatives de la campagne 1978 (voir § 3.5.3.),
- condition probablement représentatives de la campagne 1982.

Un exemple de résultats de calcul est présenté dans le tableau 10; le jeu de listing, avec les options d'intervalle de confiance 30%, 51%, 63%, 80% et 94%, est en annexe.

Tableau 10. Exemple de distribution des notes réelles en fonction des notes mesurés; données BDR; petites ondes; intervalle de confiance 63%

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	Notes réelles (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	96.88	3.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	7.49	87.82	4.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	7.33	86.32	6.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.16	83.43	9.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.25	79.02	13.72	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.80	72.03	20.03	0.15	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.61	65.00	25.39	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.39	59.84	6.77	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	42.29	56.77	0.63
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37	34.80	64.83
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.03	1.97	2.99	4.02	5.06	6.13	7.16	7.73	8.58	9.64
EC.TYP.(N)	0.17	0.35	0.37	0.41	0.46	0.52	0.57	0.58	0.52	0.49

En général, on peut remarquer que pour les petites ondes et les ondes moyennes, les notes sont les plus fiables pour un mauvais uni (notes proches de 1), par contre pour les grandes ondes la distribution des erreurs reste plus stable pour un bon uni (notes proches de 10).

Sauf pour les notes extrêmes, on peut approximer la distribution des erreurs par la loi de Gauss. On peut donc obtenir les écarts-types et les valeurs moyennes en fonction des notes mesurées. La figure 26 présente ces relations pour les petites ondes et pour l'option 63% comme intervalle de confiance; on peut consulter les autres dans l'annexe.

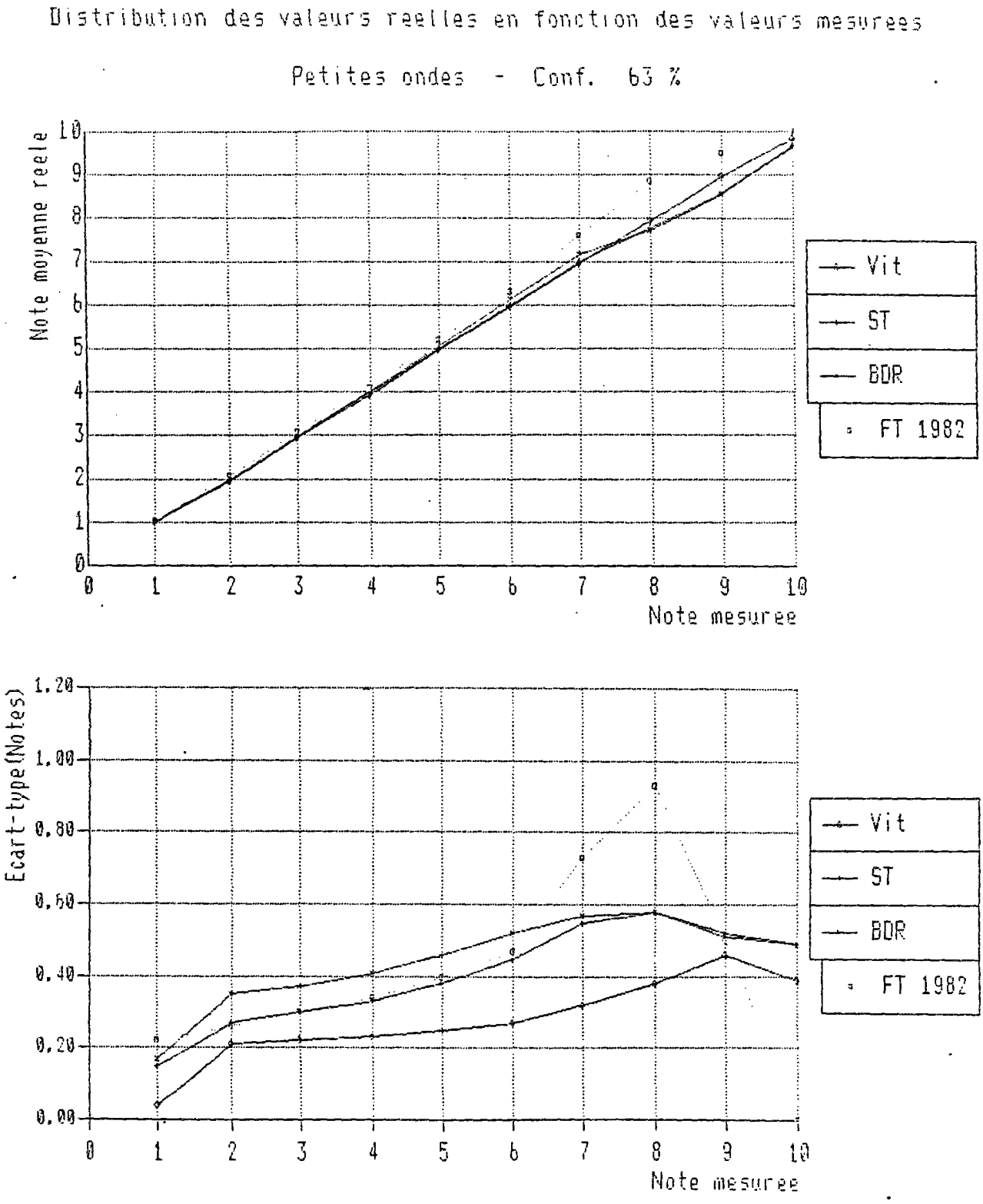

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees
Petites ondes - Conf. 63 %
Note moyenne reele
Note mesuree
Vit
ST
BDR
FT 1982
Ecart-type(Notes)
Note mesuree
Vit
ST
BDR
FT 1982

Figure 26.

En ce qui concerne les valeurs moyennes , elles restent très proches des valeurs réelles respectives (sauf pour les notes extrêmes évidemment) pour les moyennes et grandes ondes. Pour les petites ondes, on observe une dérive importante à partir de la note 6 pour le cas 1982 (1977) et à partir de la note 8 pour les ST et BDR.

Les écarts-types dépendent considérablement des groupes de données, intervalle de confiance et gamme d'ondes. Pour les moyennes et grandes ondes ils sont plus stables et restent dans la plage de 0,2 à 0,4. Pour les petites ondes, ils sont croissants légèrement avec les notes; le maximum (pour les notes 8 - 9) peut avoir la valeur de 0,9 et même plus.

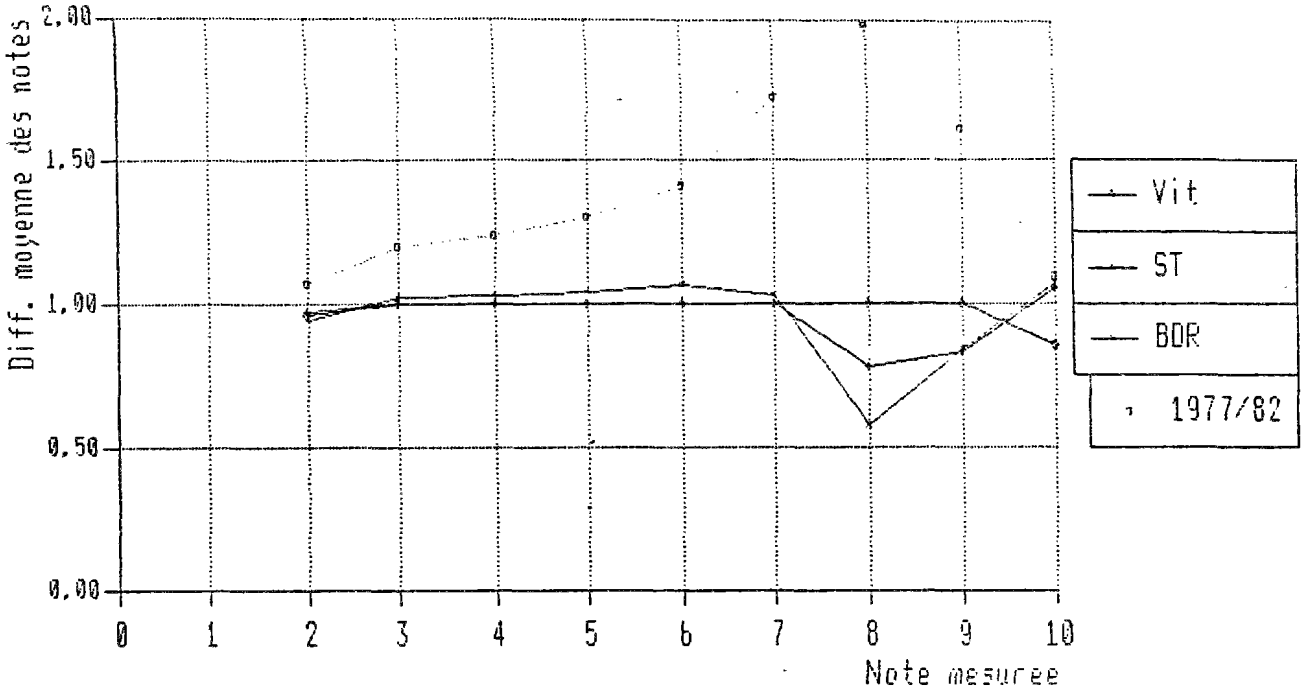
On a aussi étudié les distributions de différences des notes mesurées pour deux notes différant théoriquement de 1 (N = 1). La figure 27 présente les valeurs moyennes et les écarts-types en fonction de la note mesurée pour les petites ondes et pour l'intervalle de confiance égal à 63% (jeu de figures en annexe).

Les moyennes restent, en général, proches des valeurs mesurées (N = 1). On peut quand-même trouver des valeurs proches de 0,6 (surtout dans les zones extrêmes) et même de 2,0 pour la note 8 en petites ondes (cas 1982).

Les écarts-types pour les petites ondes, croissent avec les notes et depuis les valeurs de l'ordre de 0,2 - 0,4 jusqu'à 1,3. Par contre, pour les ondes moyennes ces écarts-types restent plus stables (0,4 - 0,9). Dans la gamme des grandes ondes, ils sont plutôt décroissants de 0,9 à 0,6.

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Petites ondes - Conf. 63 % dN(mesuree) = 1



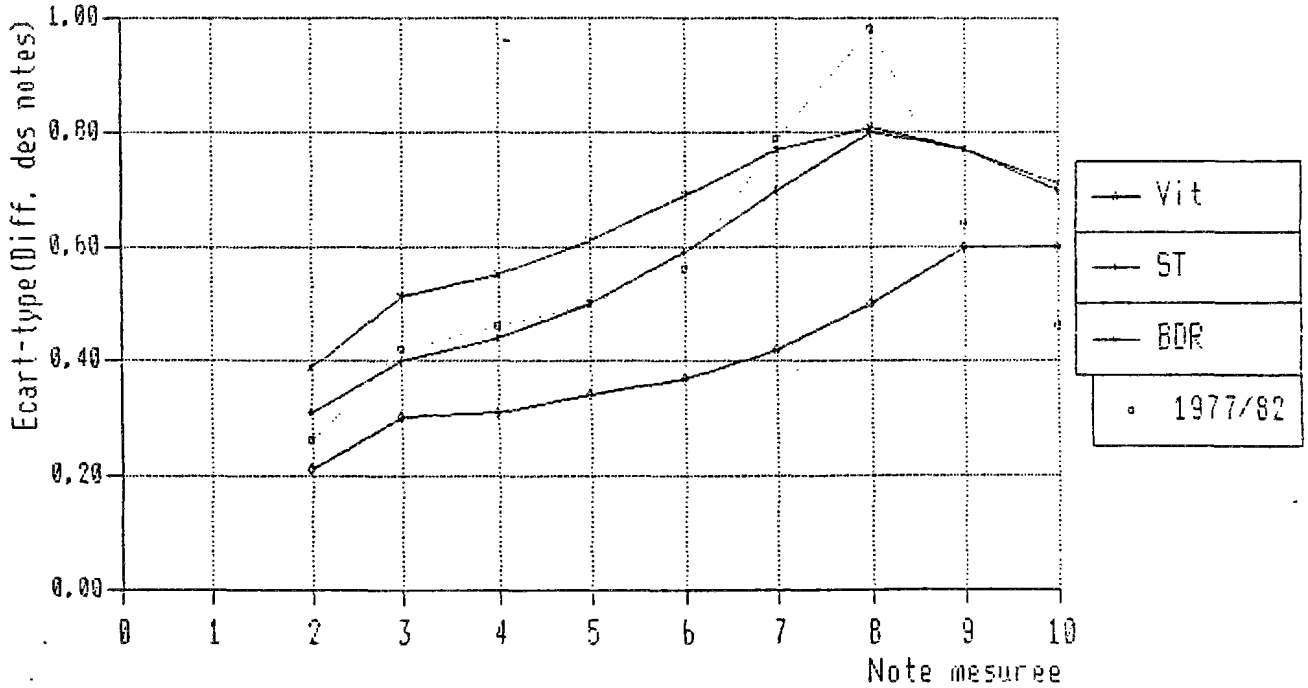


Figure 27.

3.6. Conclusions sur la précision de la mesure de l'uni des chaussées avec l'APL-72

Dans ce chapitre la notion de "précision" de mesure est abordée comme une notion relative (il n'y a pas, pour l'instant, de base pour déterminer la précision absolue); elle dépend donc considérablement des applications particulières envisagées (caractéristique des données étudiées). On retient pour chaque cas la distribution normale dans la zone d'erreur maximale de relation entre les valeurs mesurées et les valeurs réelles.

3.6.1. Utilisation de la remorque APL

- Après réglage, les fonctions de transfert de la remorque, pour les fréquences de 0,5 Hz à 20 Hz, se situent, en général, dans la zone de tolérance de ± 5% autour de la valeur moyenne; en dehors de cette plage de fréquence, et en particulier pour les zones de 0,3 Hz à 0,5 Hz et de 20 Hz à 30 Hz qui revêtent une certaine importance à cause des variations de la vitesse de mesure et des effets des filtres analogiques, la zone de tolérance n'est en général pas respectée. On propose donc d'élargir la zone étalonnée actuellement à la zone active des filtres analogiques (théoriquement de 0,25 Hz à 40 Hz).

- Les fonctions de transfert évoluent dans le temps surtout dans la partie liée au vieillissement de l'amortisseur, c'est-à-dire pour les petites ondes. En fin de période (avant nouveau réglage), certaines d'entre elles sortent nettement de la fourchette prévue (25% et plus). Les données disponibles ne peuvent pas servir pour établir la loi de vieillissement de la fonction de transfert dans le temps (ou en fonction de la distance parcourue), mais par précaution, il paraît logique de respecter la fréquence annuelle d'étalonnage avec un changement obligatoire de l'amortisseur.

3.6.2. Système de mesure de l'APL-72

- L'utilisation de la moyenne des deux signaux (droite et gauche) stabilise la fonction de transfert (et l'enveloppe des fonctions de transfert) et améliore la précision de mesure. L'influence de la variation des fonctions de transfert sur la précision de mesure dans le cas de données des ST et de la BDR est diminué d'un facteur de 1,5 à 2,0 , grâce à l'utilisation de deux signaux.

- La vitesse de mesure a une forte influence sur le signal enregistré. Un changement de vitesse introduit un décalage du domaine des longueurs d'onde prises en compte, ce qui peut conduire à des erreurs importantes. Pour la fonction de transfert moyenne, une simple variation de vitesse provoque les variations suivantes d'énergie et de note :

Domaine des énergies	pour une vitesse égale à 65 km/h : - 15% pour les petites et moyennes ondes, - 25% (estimation par défaut) pour les grandes ondes. pour une vitesse égale à 80 km/h : + 5% pour les petites ondes, + 20% pour les ondes moyennes, + 17% (estimation par défaut) pour les grandes ondes.
Domaine des notes	pour un intervalle de confiance de 63%, les valeurs moyennes réelles restent proches des valeurs mesurées (sauf les notes 1 et 2 pour les grandes ondes et la note 10 pour les petites et moyennes ondes); les écart-types sont en relation avec la note mesurée et varient de 0,2 à 0,5.

Il serait donc bon d'assurer un meilleur respect de la vitesse de mesure en limitant la plage de vitesse tolerée, et de modifier la vitesse d'enregistrement du signal en continu.

- La vitesse du véhicule enregistrée pendant la mesure ne peut pas servir comme base de correction éventuelle. Cette vitesse ne représente que la moyenne sur les 20 derniers mètres du tronçon (de 200 m). Si on peut considérer la vitesse constante sur 20 m, c'est plus délicat sur 200 m. La distribution des vitesses pendant une mesure en continu est pratiquement inconnue dans le système actuel de traitement des mesures. Il paraît logique d'introduire un système d'analyse et de validation de mesure en continu.

- Une erreur de mesure de la longueur ne joue pas (statistiquement) de rôle important par elle-même, mais s'ajoute à l'erreur due à la variation de la vitesse. La mesure de distance assure actuellement une distribution des erreurs gaussienne, centrée, avec un écart-type faible égal à 0,3 %.

- La reproductibilité de la mesure est constante en ce qui conserne les notes, les écart-types sont égaux à 0,22 pour les petites ondes, 0,29 pour les ondes moyennes, 0,27 pour les grandes ondes. Par contre, elle est liée aux énergies par une relation linéaire qui donne des écart-types proches de 3% pour les petites et moyennes ondes et de 8% pour les grandes ondes.

3.6.3. Système de traitement des mesures de l'APL-72

- Les filtres de l'APL-72 (théoriquement 24 db/oct) n'assurent pas véritablement la distinction des gammes de longueurs d'onde (particulièrement si on y ajoute l'effet des variations de vitesse). Statistiquement, pour les conditions moyennes, au moins 48% de l'énergie pour les grandes et moyennes ondes et au moins 36% pour les petites ondes incluses dans l'attribution d'une valeur d'énergie à une gamme d'onde donnée (donc incluses dans l'attribution d'une note) se trouve hors de la gamme conventionelle. Dans des cas particuliers, cette partie peut aller jusqu'à 80%. Cet effet explique la corrélation importante entre les notes APL-72 dans les différentes gammes de longueurs d'onde.

- La chaîne de traitement analogique provoque des erreurs supplémentaires importantes à cause de ses caractéristiques instables dans le temps. Il paraît très difficile, après tous les essais, d'améliorer les performances de la chaîne par simple contrôle et réglage, même fréquents; par contre, le remplacement de cette chaîne analogique par son équivalent numérique peut résoudre à la fois le problème de stabilité dans le temps et le problème des filtres.

3.6.4. Précision d'ensemble

- La notation de l'APL n'assure pas de précision constante (indépendante des valeurs mesurées). La distribution des valeurs mesurées en fonction des valeurs réelles est, en général, gaussienne (sauf pour les notes extrêmes), centrée et peut être représentée par sa valeur moyenne et son écart-type qui varie de 0,2 à 0,6 (suivant la gamme d'onde, la note mesurée, le groupe de données et l'intervalle de confiance). Mais dans certains cas particuliers surtout pour les petites ondes , les distributions ne sont plus centrées et donnent des moyennes allant jusqu'à une différence entre les valeurs mesurées et les valeurs réelles proches de 1 avec un écart-type également proche de 1.

- Les parts respectives des facteurs ayant une influence sur la précision de l'APL-72 pour les données BDR, exprimées en énergie, au milieu de l'échelle de notation sont (pourcentages de l'erreur totale) :

Petites ondes (erreur totale maximal + 25%, - 23% de l'énergie mesurée)

- Fonction de transfert de la remorque	34%	de l'erreur totale
- Vitesse	25%	"
- Chaîne	25%	"
- Reproductibilité	10%	"
- Alimentation	6%	"

Ondes moyennes (erreur totale maximal + 32%, - 48% de l'énergie mesurée)

- Chaîne	50%	de l'erreur totale
- Vitesse	26%	"
- Fonction de transfert de la remorque	12%	"
- Reproductibilité	6%	"
- Alimentation	6%	"

Grandes ondes (erreur totale maximal + 35%, - 57% de l'énergie mesurée)

- Chaîne	48%	de l'erreur totale
- Vitesse	28%	"
- Reproductibilité	13%	"
- Fonction de transfert de la remorque	8%	"
- Alimentation	3%	"

4. EVOLUTION DE L'UNI DES CHAUSSEES

4.1. Généralités

La connaissance de l'évolution de l'uni des chaussées dans le temps donne la possibilité de prévisions du comportement des chaussées et fournit donc un élement important de la gestion routière.

Dans ce chapitre, on aborde le problème de l'évolution de l'uni dans le temps, en utilisant deux groupes de données.

La première partie est consacrée à l'analyse des sections témoins (ST), suivies à partir de 1975. Cette analyse fine par sa définition, où chaque valeur des données a été vérifiée, prend en compte un nombre de tronçons limité.

Dans la deuxième partie, consacrée aux données de la Banque des Données Routières (BDR), on a inclu 3500 PR de différents types de structures.

Cette recherche, entièrement empirique, nécessite aussi le choix (définition) d'une formule mathématique adaptée au processus d'évolution de l'uni. La partie consacrée à ce problème est incluse dans l'analyse des ST.

Il faut signaler les difficultés de traitement statistique des données. Ni les donnée des ST, ni celles de la BDR n'ont été conçues et suivies en vue de cette analyse; finalement, l'étendue des valeurs est réduite; par contre, toutes les données disponibles (après vérification) sont incluses.

4.2. Historique de l'étude et données disponibles pour les sections témoins (ST)

La mesure systématique de l'uni sur un échantillon de routes a commencé en 1975. Initialement on a sélectionné 40 sections représentant les structures existantes sur les routes nationales. En 1977, 6 sections ont été ajoutées. Actuellement, il y a toujours 41 de ces sections qui sont suivies (certaines ont été suprimées).

Les sections ont des longueurs de 2 à 5 km, des nombres de voies différents (2, 3, 2 x 2, 2 x 3), des caractéristiques géométriques diverses et se situent toutes hors agglomérations.

Un premier rapport sur cette action date de décembre 1976 |16|. Ce rapport ne fait état que des résultats obtenus lors de la première série de mesures et ne permet donc pas d'apprécier l'évolution de l'uni. On constate toutefois que l'ensemble des sections témoins présente globalement un uni voisin de celui des routes nationales françaises dans les gammes GO et MO et un meilleur uni dans la gamme PO.

La première série de mesures (1975/1976) a été réalisée aux vitesses de 72 km/h et 36 km/h, les mesures ultérieures uniquement à la vitesse de 72 km/h.

Chaque série de mesures comprend 2 passages sur la voie lente de chaque sens de circulation.

Entre le début de l'étude et la fin de l'année 1979, chaque section témoin a été testée en moyenne 3 fois.

A partir de 1980 les mesures ont été moins systématiques qu'auparavant. Certaines sections n'ont pas fait l'objet de nouvelles mesures alors que sur d'autres on a réalisé 2 passages supplémentaires. On dispose également sur certaines sections des mesures APL-72 réalisées dans le cadre des campagnes A.G.R. pour l'application de la politique d'entretien préventif. Mais ces mesures, très difficiles à repérer sur des sections relativement courtes (voir § 4.3.2.), et ne sont pas incluses dans l'analyse.

Les mesures de déflexion (déflectographe LACROIX) disponibles sur certaines des sections seulement, n'ont pas été prises en compte dans cette phase de l'étude. Par contre, un paramètrre structurel (épaisseur équivalente), disponible sur toutes les sections, a été introduit dans l'analyse.

Le tableau 11 regroupe les informations sur l'historique des sections.

4.3. Vérification et validation des données existantes sur les sections témoins

4.3.1. Vérification des travaux effectués sur les sections et détermination des sections homogènes du point de vue de la structure

Pour chacune des sections témoins, on a recherché des renseignements précis sur l'historique des travaux effectués. On dispose, en général, de trois sources d'information .

Tableau 11. Historique de sections témoins

SECTIONS TEMOINS APL T2

N° section témoin	DPT	RN	PR à PR	STRUCTURE CHAUSSEE	L.R.	VILLE REPERE	MESURES 1975	MESURES 1976	MESURES 1977	MESURES 1978	MESURES 1979	MESURES 1980	MESURES 1981	MESURES 1982	MESURES 1983	MESURES 1984
1	45	N 23	PK 0 à PK 42	Couche de base Type BB	ANGERS	Chateau-Gontier		25.02.1976	14.01.1977 28.11.1977		04.12.1979					
2	55	N 44	PK 48,2 à PK 50	Couche de base Type BB	L.R.O.P.	Vigny	22.10.1975		06.01.1977	23.01.1978	20.04.1979					
4	22	LT4	PK 35,2 à PK 38	Couche de base Grave bitume Type BB	AUTUN	Chagny Chambolle	26.10.1975	16.10.1976			25.09.1979					
5	24	A 10	PK 0,8 à PK 23	Couche de base Grave bitume Type BB	L.R.O.P.	Dourdan	23.12.1975		13.01.1977	30.01.1978						
6	18	N 10	PK 110 à PK 115	Couche de base Grave bitume Type BB	BLOIS	Mesland		26.01.1976 20.12.1976		18.01.1978	29.04.1979					
7	62	N 43	PK 82 à PK 85	Couche de base Grave bitume Type BB	LILLE	Hondschoote	04.12.1975		26.04.1977		31.01.1979					
8	70	N 12	PK 344 à PK 358	Couche de base Grave bitume Type BB	L.R.O.P.	Saint-Brieuc	23.10.1975				20.04.1979					
9	40	N 10	PK 0 à PK 4	Couche de base Grave Cement Type BB	BORDEAUX	Le Canal		4.01.1976	04.03.1977	12.02.1978	11.04.1979					
10	33	A 10	PK 52 à PK 56	Couche de base Grave Cement Type BB	BORDEAUX	St Andre de Cubzac		12.02.1976	02.03.1977	11.01.1978	10.04.1979					
14	29	N 12	PK 104 à 144	Couche de base Grave Cement Type BB	St BRIEUC	Lamballe		04.02.1976	16.01.1977 27.12.1977		23.04.1979	16.09.1980		23.01.1981		
22	45	CD 940	PK 20 à PK 24	Couche de base Chaux bitume Type BB (Mauchaussée)	BLOIS	Gien		28.01.1976 20.12.1976		13.01.1978	12.04.1979					
23	29	N 165 (ex N 170)	PK 0 à PK 4 (ex N 30 à PK 86)	Couche de base Grave Cement Type Bitume Cement	St BRIEUC	Le Cloitre		03.02.1976	16.01.1977 16.11.1977		23.04.1979	16.09.1980		23.01.1981		
24	78	A 13	PK 30 à PK 33	Couche de base Grave Cement Type BB (Mauchaussée)	L.R.O.P.	Flin		20.02.1976	03.01.1977	06.01.1978	20.04.1979					
15	74	N 201	PK 4 à PK 9	Couche de base Grave bitume Type BB	LYON	St Felix	16.10.1975		22.01.1977 13.12.1977	26.01.1978	04.09.1979					
16	74	N 206	PK 13,6 à PK 16	Couche de base Grave bitume Type BB	LYON	St Julien en Genevois	16.10.1975		26.01.1977 13.12.1977		04.09.1979					
18	49	N 23	PK 19 à PK 22	Couche de base Mortier bitume Type BB	ANGERS	Tourlandry		26.01.1976	14.01.1977 28.12.1977		24.04.1979			20.01.1981		
19	33	A 63	PK 1 à PK 6	Couche de base Grave Cement Type BB	BORDEAUX	Arbanats	17.12.1975		12.01.1977	17.01.1978						
20	22	N 12	PK 35 à PK 39	Couche de base Grave Cement Type BB	St BRIEUC	Loudéac		28.01.1976	18.01.1977 18.01.1977		23.04.1979	15.09.1980		27.01.1981		
21	15	N 122	PK 51 à PK 52	Couche de base Grave bitume Type BB	BORDEAUX	Hourtin		10.02.1976	17.01.1977		10.09.1979					
22	16	N 10	PK 23,5 à PK 27	Couche de base Grave bitume Type BB	BORDEAUX	Mauléon		22.01.1976	7.03.1977		04.04.1979			20.01.1981		
23	59	N 2	PK 75 à PK 80	Couche de base Grave bitume Type BB	LILLE	Avesnes		20.01.1976	8.04.1977		17.08.1979					
24	41	N 20	PK 0 à PK 4	Couche de base Grave bitume Type BB	BLOIS	La Ferté St Aubin		05.01.1976 20.12.1976			12.04.1979					
25	41	N 20	PK 86 à PK 92	Couche de base Grave bitume Type BB	BLOIS	Ste Vien le Cueilleur		05.01.1976 29.12.1976			12.04.1979					
26	36	N 20	PK 189 à PK 192	Couche de base Mortier bitume Type BB	BLOIS	Argenton		26.01.1976 29.12.1976		18.01.1978	12.04.1979					
27	54	N 55	PK 3 à PK 6	Couche de base Grave bitume Type BB	NANCY	Lunéville	23.10.1975		25.01.1977		23.09.1979					
28	54	N 330	PK 0 à PK 3	Couche de base Grave bitume Type BB	NANCY	Sanchons			25.01.1977		23.09.1979					
30	28	N 23	PK 112 à PK 118	Couche de base Grave bitume Type BB	BLOIS	Chartres	13.12.1975		14.01.1977 26.10.1977		25.04.1979					
31	64	N 128	PK 25 à PK 28	Couche de base Type	POITIERS	St Geours		23.02.1976								
32 23	68	N 66	PK 28 à PK 33	Couche de base Grave Cement Type BB	STRASBOURG	Cernay	17.12.1975		12.01.1977		24.01.1979					
33	22	N 55 (Lamballe)	PK 0 à PK 4	Couche de base Grave Cement Type BB	St BRIEUC	Dinan		23.02.1976	16.01.1977 16.11.1977		24.04.1979	16.09.1980		20.01.1981		
34	59	20 bis Lille	PK 7 à PK 8	Couche de base Grave Cement Type BB	LILLE	Lille		2.04.1976	26.01.1977	6.02.1978	31.08.1979					
35	59	B 27 (Route 61)	PK 16 à PK 29	Couche de base Grave Cement Type BB	LILLE	Maubeuge		20.01.1976	25.04.1977	3.01.1978	31.08.1979					
36	45	CD 940	PK 0 à PK 3	Couche de base Type BB	BLOIS	Argent		28.01.1976 20.12.1976		12.02.1978	11.04.1979					
38	59	A 25	PK 2,6 à PK 26	Couche de base Grave bitume Type BB (Mauchaussée)	LILLE	Hazebrouck		15.01.1976	16.04.1977	24.01.1978	24.04.1979					
40	95	CD 28	PK 0 à PK 3	Couche de base Grave bitume Type BB	L.R.O.P.	Pontoise	24.12.1975	4	26.01.1977	31.01.1978	12.04.1979					
44	78	N 10	PK 396 à PK 403	Couche de base Type	L.R.O.P.	Montfort l'Amaury			7.02.1977 21.12.1977		23.03.1979					
45	78	N 12	PK 48 à PK 52	Couche de base Type	L.R.O.P.	Houdan			24.01.1977 23.12.1977		12.03.1979					
73	04	N 85	PK 74 à PK 78	Couche de base Type	AIX	Sisteron			28.01.1977		11.07.1979					
74	13	N 113	PK 68 à PK 72	Couche de base Type	AIX	Arles				12.04.1978	12.07.1979					
75	83	N 532	PK 7 à PK 12	Couche de base Type	AIX	Saint-Maximin			22.07.1977	11.04.1978	09.07.1979					
76	78	N 10	PK 118 à PK 124	Couche de base Type	L.R.O.P.	Montfort										

- Les informations initiales (L.R.O.P.). Pour la majorité des sections, au début de la recherche, on a regroupé les informations sur les couches existantes. Ces informations datent de 1975/76.

- Les informations de la B.D.R.. Ces données regroupent la date et la nature des travaux antérieurs à 1983 (au moment de la consultation). La B.D.R. n'assure actuellement les informations que sur 80 % du réseau ; parmi les sections témoins seules 26 sur 41 sont renseignées.

- Les informations collectées auprès des C.E.T.E. (pour les sections ne figurant pas dans la B.D.R.).

Dans le même temps, on a recherché les informations concernant les passages des appareils à grand rendement, la longueur réelle de chaque PR et le trafic dans la période 1975-1983.

Les informations décrites ci-dessus sont regroupées sur des schémas des sections (voir la figure 28). L'ensemble des schémas se trouve dans l'annexe .

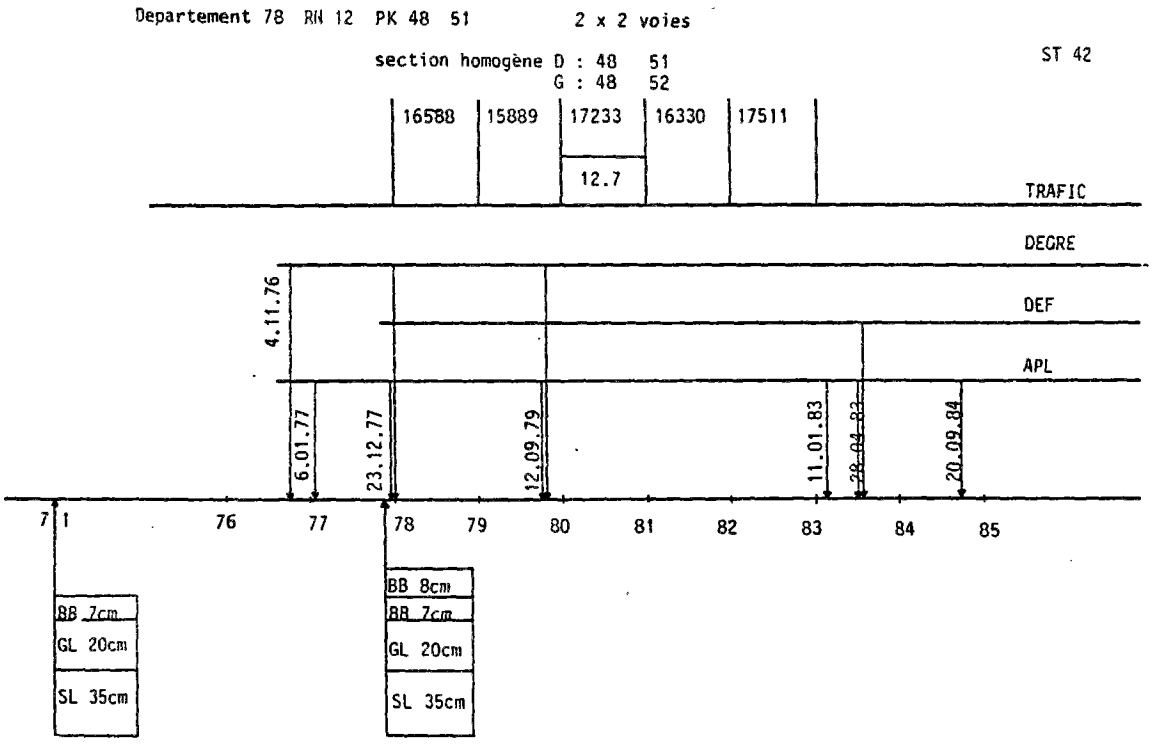


Figure 28. Exemple de schéma d'une section témoin

Après analyse des dates des travaux et des mesures, on a retenu 28 sections utilisables c'est-à-dire celles pour lesquelles on a au moins 2 passages d'APL-72 sur la même surface (sans travaux pendant la période entre 2 passages) et dont la structure est homogène sur 1 PR au minimum.

Les sections 6, 12, 13, 24, 25 et 38 ne sont pas incluses dans l'analyse à cause du manque d'information sur les structures et sur les travaux

On a regroupé les différentes structures dans les types suivants :

- chaussée souple traditionnelle (couverture bitumineuse < 15 cm) : CT
- renforcement par une couche de béton bitumineux : R-BB
- renforcement par une couche de grave bitume : R-GB
- renforcement par une couche de grave hydraulique : R-GH
- chaussée neuve, structure type grave bitume sur grave bitume : GB/GB
- chaussée neuve, structure type grave bitume sur grave hydraulique : GB/GH
- chaussée neuve, structure type grave hydraulique sur grave hydraulique : GH/GH
- chaussée neuve, structure type grave bitume sur grave non traitée : GB/GNT
- chaussée neuve, structure type grave hydraulique sur grave non traitée : GH/GNT
- chaussée en béton hydraulique : BC

Le tableau 12 présente le nombre de tronçons de 200 m de structure homogène dans chaque type de structure. Les types de structure sont rassemblés en groupes et en familles.

4.3.2. Précision de la localisation des tronçons de mesure

Dans l'analyse de l'évolution d'uni, il faut s'assurer de l'origine des mesures pour qu'on puisse comparer des valeurs d'uni effectivement mesurées sur les mêmes tronçons.

Pour l'APL-72, les notes d'uni (et les énergie) sont attribuées pour des tronçons de 200 m de longueur. Les différents tronçons de 200 m sont séparés par un code de service, qui est généré automatiquement par l'appareil de mesure à partir de la distance parcourue. Le code de service est enregistré sur la même bande magnétique que les signaux de l'appareil. Si, lors d'un passage, le code de service est généré avec un certain décalage (par rapport au passage précédent), les notes sont attribuées pour le tronçon décalé.

Tableau 12. Nombre de tronçons de 200 m de structure homogène par type, groupe et famille de structure

Famille de Structure	Groupe de Structure	Type de Structure	Nombre de tronçons	Nombre de tronçons x(nombre de mesures-1)	Nombre de S . T
CT	CT	CT	110	288	4
BB	RB	R-BB	30	60	1
BB	RB	R-GB	70	168	3
HH	RH	R-GH	76	126	4
BB	NB	GB/GB	40	80	1
BH	BH	GB/GH	50	100	1
HH	NH	GH/GH	413	1025	11
BB	NB	GB/GNT	41	143	1
HH	NH	GH/GNT	83	271	4
BC	BC	BC	50	150	1
		TOTAL	963		31

Il y a deux causes possibles du décalage du code de service :

- décalage initial,
- erreur dans la mesure des longueurs.

On pourrait imaginer de recaler les tronçons par manipulation de la bande magnétique mais d'une part, c'est une manoeuvre délicate et d'autre part, la précision avec laquelle on peut opérer est insuffisante. Dans la pratique, on ne prévoit pas de correction de ce type.

Jusqu'en 1978, on enregistrait les mesures sans possibilité de remise à zéro de l'indicateur de distance qui génère le code de service. Le code était donc généré automatiquement sans tenir compte de la position de l'appareil par rapport au début de la section à mesurer. On ne pouvait donc maîtriser le décalage des tronçons entre 2 passages, qui se trouvait être parfaitement aléatoire.

Depuis 1978, l'APL est muni d'une remise à zéro et c'est l'opérateur, au moment du passage au point déterminé (début de la section) qui déclenche le début de la mesure de distance. Dans ce cas, le décalage initial dépend uniquement de la "précision" de l'opérateur.

La mesure de longueur n'est pas rigoureusement fidèle en raison de facteurs techniques (usure du pneumatique, variation de la pression dans le pneumatique, glissement des caractéristiques de l'appareil de mesure). Pour l'APL-72, une analyse spécifique (voir § 3.4.1.) montre que l'écart-type des erreurs de mesure de longueur est de 0,32 % ; pour les comparaisons avant et après 1977, il faut introduire un biais supplémentaire de 1,8 % dû probablement au changement de la section de référence pour l'étalonnage. L'écart sur la mesure des longueurs résultant du biais introduit par le changement de la base de référence est, pour une section moyenne de 4 km de longueur, de 72 m. La variation maximum constatée est de 2,6 % (voir § 3.4.1.).

Pour l'analyse de la variation de l'uni, le décalage maximal toléré des tronçons à comparer a été fixé à 10 % soit 20 m.

Les sorties graphiques des signaux enregistrés pendant les différents passages servent de base pour l'analyse du décalage du tronçon. Sur ces sorties, on a les signaux de mesure (droite et gauche) et également la visualisation du code de service et le topage manuel. Un exemple de sortie graphique est présenté sur la figure 29.

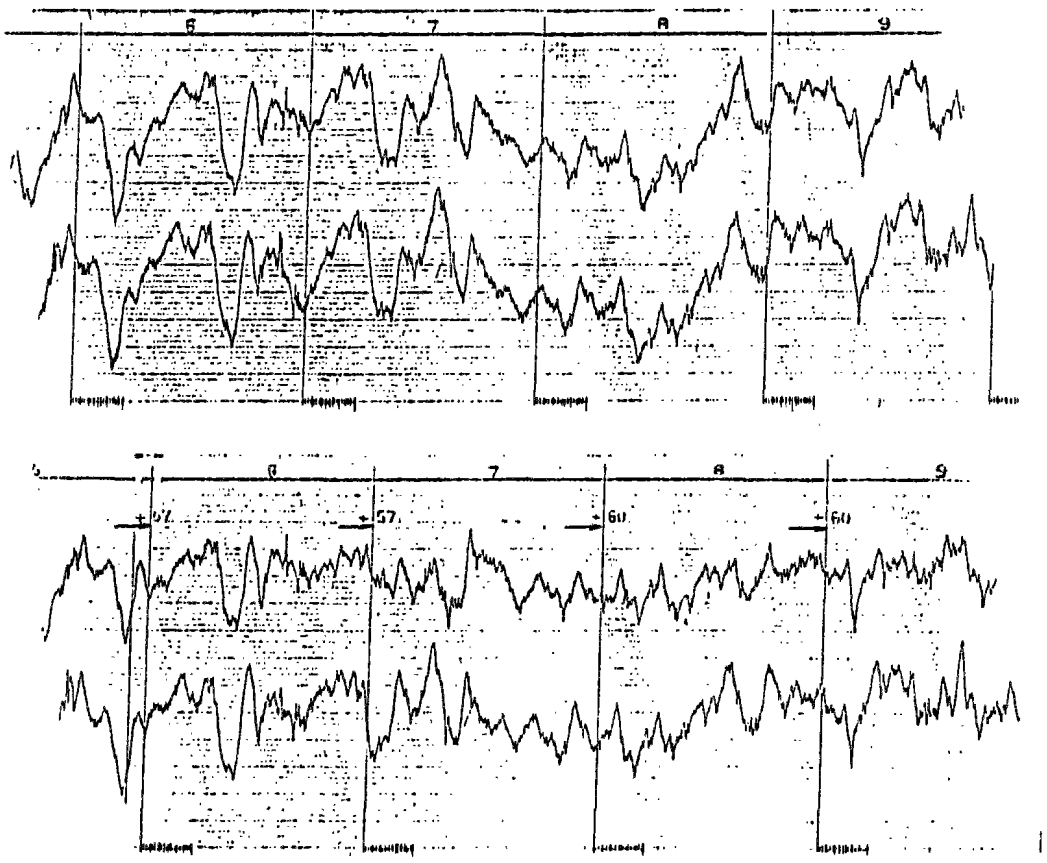


Figure 29. Exemple de sortie graphique d'un signal APL-72

Chaque profil routier se particularise par des points caractéristiques (des ondulations de forme particulière) stables dans le temps (surtout dans la gamme des très grandes ondes). En comparant deux signaux, on peut retrouver les points caractéristiques et les localiser par rapport au code de service.

On peut supposer que la vitesse d'enregistrement des signaux et la vitesse de retraitement restent constantes. Dans ces conditions, sur les sorties graphiques, la distance entre deux codes de service ne dépend que de la vitesse du véhicule pendant la mesure. En superposant deux sorties graphiques, on peut déterminer le décalage de chaque paire de code de service. Enfin, la distance entre le code de service origine et le point caractéristique doit être corrigée en tenant compte de l'échelle de restitution, c'est-à-dire de la distance entre deux codes de service consécutifs (voir la figure 29).

Pour les mesures effectuées sur les sections retenues pour l'analyse (structurellement homogène, voir § 4.3.1.), on a déterminé le décalage des tronçons par comparaison des sorties graphiques.

La référence (décalage retenu égal à 0) est le plus ancien passage effectué sur la section avec la remise à zéro du code de service au début de la section (1979 et plus récent).

Un exemple de décalage des codes de service est présenté sur la figure 30. Ces graphiques, réalisés pour chaque section témoin, ont servi comme base pour l'analyse du décalage des tronçons et également pour l'analyse des erreurs de mesure de longueur (voir § 3.4.1.).

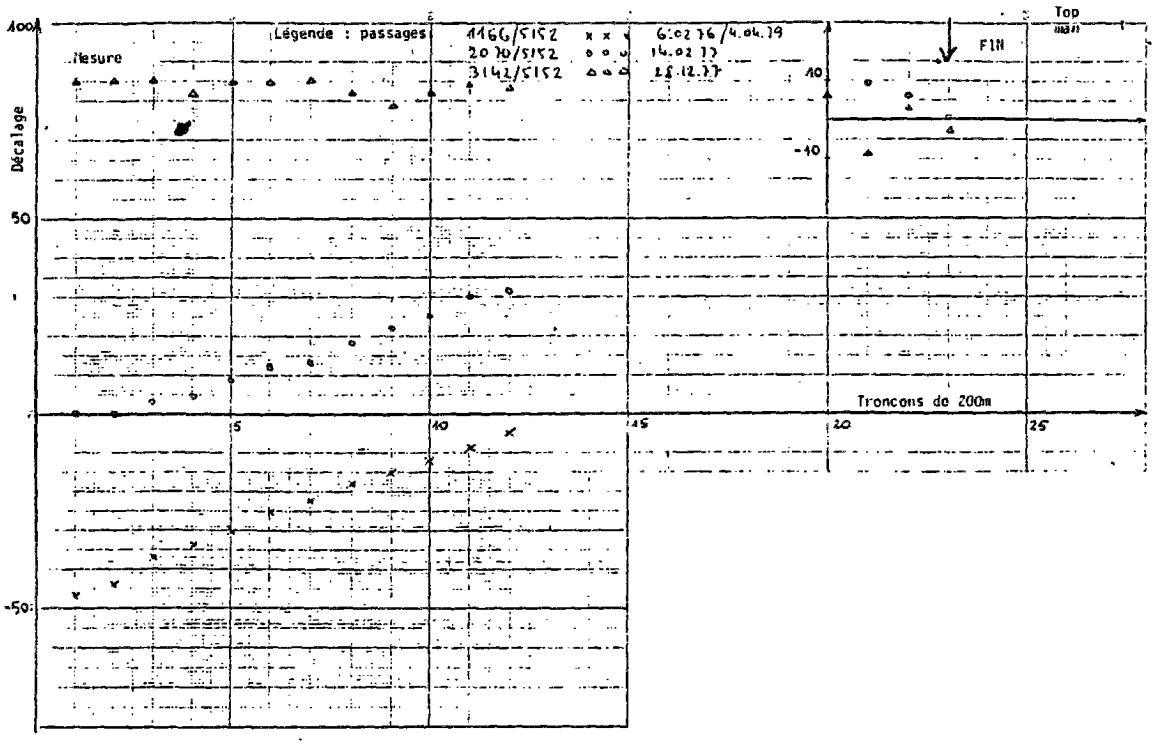


Figure 30. Exemple de décalage des tronçons de mesure

Le nombre de tronçons sans décalage ou avec un décalage inférieur à 20 m, qui a été retenu pour l'analyse de l'évolution de l'uni dans le temps se trouve dans le tableau 13.

Tableau 13. Tronçons retenus pour l'analyse statistique de l'évolution d'uni dans le temps; données ST

Structure	Nombre de tronçons	Nombre de sections-témoin	Groupe de structure	Nombre de tronçons	Famille de structure	Nombre de tronçons
CT	64	3	CT	64	CT	64
R-BB	6	1	RB	29	BB	144
R-GB	23	1				
GB/GB	62	1	NB	115		
GB/GNT	53	1				
GB/GH	26	1	Population insuffisante			
R-GH	85	4	RH	85	HH	330
GH/GH	188	5	NH	245		
GH/GNT	57	2				
BH	-		Manque d'information			

On peut remarquer, en comparant les tableaux 12 et 13, que le nombre de tronçons sans décalage est très restreint ; de même, le nombre de sections témoins pour une structure donnée est très faible. Le regroupement des structures en groupes de structures et en familles de structures permet d'augmenter la signification de l'analyse statistique.

4.3.3. Fichier de données des sections témoins

Les mesures retenues comme valables ont été retraitées sur la chaîne standard de l'APL 72 (pour établir un fichier de données et également pour éviter les erreurs dues aux variations liées au réglage de la chaîne de traitement). Il faut signaler que la chaîne de traitement présente une légère dérive, surtout si la durée du traitement excède 4 heures (alimentation, voir § 3.3.3.). Compte tenu des délais de réalisation de l'étude, on n'a pas corrigé cette dérive, qui par ailleurs reste faible vis-à-vis des autres variations.

Les résultats des mesures constituent le fichier de données, dans lequel il y a les informations suivantes :

- numéro de la section témoin,
- numéro de passage de l'APL - 72,
- numéro du tronçon de 200 m sur la section,
- résultats des mesures pour les petites, moyennes et grandes ondes en note et en énergie,
- trafic poids lourds (PL) cumulé entre deux mesures,
- temps (en mois) correspondant,
- trafic poids lourds cumulé entre les derniers travaux exécutés et le premier passage de l'APL (par "derniers travaux" on entend la réalisation d'une couche d'au moins 8 cm d'épaisseur),
- temps (en mois) correspondant,
- épaisseur et nature des couches (bitumineuse, hydraulique, non traitée).

Le trafic poids lourds a été déterminé à partir des données de trafic total pour chaque année des périodes considérées et du pourcentage de PL précisé en 1975 et 1980. Les valeurs intermédiaires ont été interpolées.

Dans le cas des chaussées à 2 voies le trafic poids lourds est réparti 50 % / 50 % pour chacune des voies. Pour les chaussées à 3 voies, on a pris pour chaque voie lente 50 % de PL. Pour les chaussées 2 x 2 voies on a retenu un coefficient de 45 % de PL pour chaque voie lente |71|.

Les histogrammes de répartition de :

- l'uni initial,
- le trafic cumulé,
- l'épaisseur équivalente,
- la différence de note (entre deux passages)

sont présentés en annexe.

4.4. Traitement statistique des données des sections témoins

Les modèles de dégradation des structures de chaussées |40,61| montrent que l'évolution de l'uni se situe dans la zone des petites ondes (peut-être en partie aussi dans le domaine des ondes moyennes). L'évolution de l'uni dans la gamme des grandes ondes n'est possible qu'avec la déformation du sol, ce qui peut arriver mais ne constitue pas une évolution "normale" de structure.

Il faut remarquer que, à cause de l'effet des filtres, qui n'assurent pas la distinction nette des différentes gammes d'ondes, une grande partie des fréquence des ondes moyennes est incluse dans la gamme des petites ondes (ceci peut être un avantage dans le cadre de cette étude).

On rappele ici la corrélation importante entre les notes de petites ondes et les notes de moyennes ondes (voir § 2.5.2.), ce pourquoi il me paraît inutile de conduire une étude assez longue et couteuse dans le cadre de cette recherche.

En tenant compte donc des limites budgétaires, du delai prevu pour cette recherche et des remarques ci-dessus, on a traité uniquement les données des petites ondes, aussi bien pour l'analyse des sections témoins que pour l'analyse des données de la BDR (voir § 4.5.).

4.4.1. Choix du type de formule à étudier

Les facteurs suivants peuvent avoir une influence sur la variation de l'uni en fonction du temps :

- type de structure,
- qualité des travaux (réalisation initiale et entretien),
- trafic.

En utilisant la notation APL (note et énergie) la fonction représentant la variation de l'uni dans le temps peut avoir les allures présentées sur la figure 31.

On ne connaît exactement ni l'allure de la fonction ni ses points caractéristiques, mais on peut supposer que, pour les différentes sections, toutes les fonctions sont du même type.

Les données existantes, en pratique, fournissent uniquement 2 points sur cette courbe pour un tronçon donné (il n'y a pas de population statistiquement valable pour plusieurs passages de l'APL sur un tronçon donné (voir § 4.3.3.). Il est donc préférable de remplacer la variable N (note de l'uni) par sa variation (ΔN).

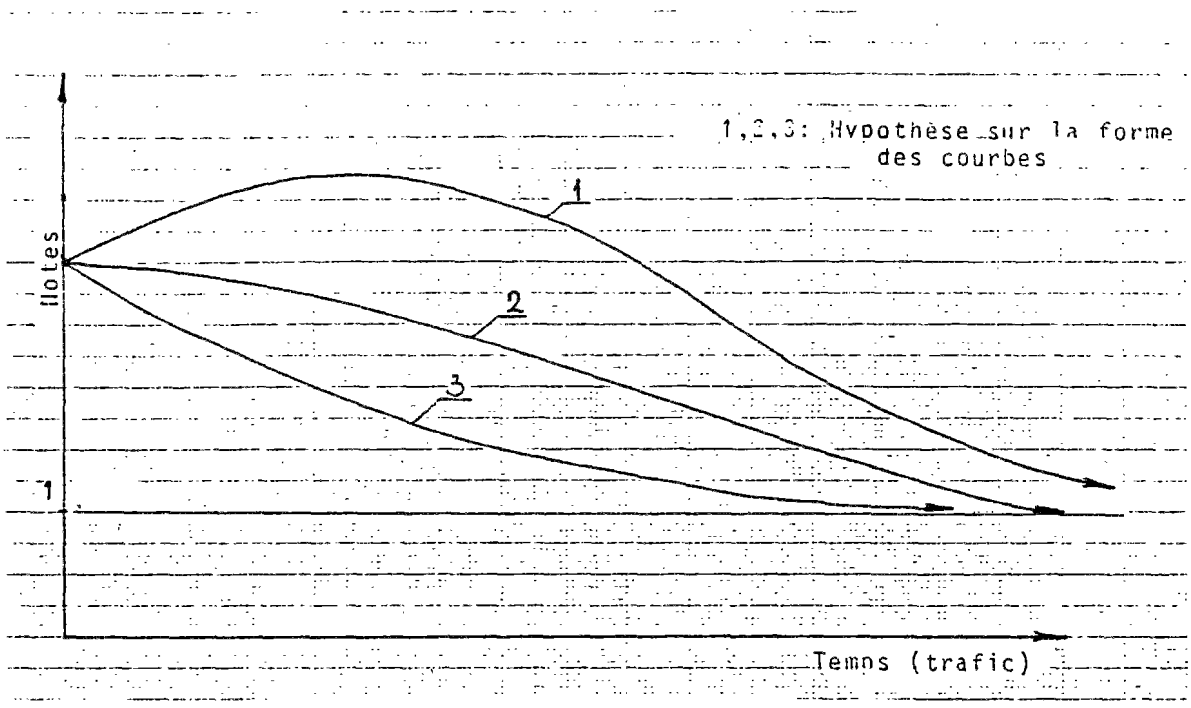


Figure 31. Hypothèses sur la forme des courbe d'évolution d'uni (la forme 1 qui représente une amélioration de l'uni dans le temps est peu plausible)

Les fonctions pouvant offir une approximation convenable sont les suivantes :

(1) <u>L'expression du type</u> (figure 32)

$$\Delta N = c * N_1^{\alpha} * \Delta T^{\beta} * T_1^{\gamma} * P^{\delta}$$

où : - N_1 est la note de l'uni initial ,
- ΔT est le trafic entre deux mesures,
- T_1 est le trafic avant la première mesure (ancienneité de la chaussée),
- P est la portance de la chaussée.

On peut remplacer dans cette formule le trafic (T) par le temps (t).

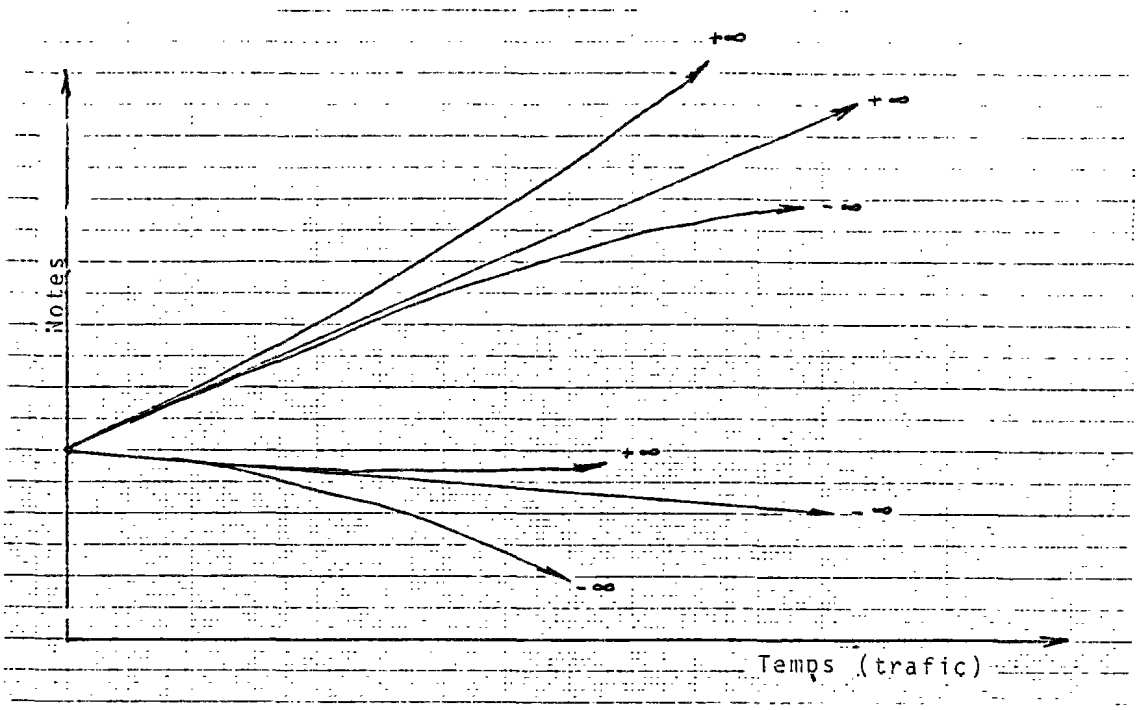


Figure 32.

(2) Les segments de droites (figure 33)

Les segments de droites nécessitent de déterminer les limites de validité pour chaque droite, qui peut être décrite par :

$$\Delta N = a + b * T$$

où : - a et b sont des coefficients

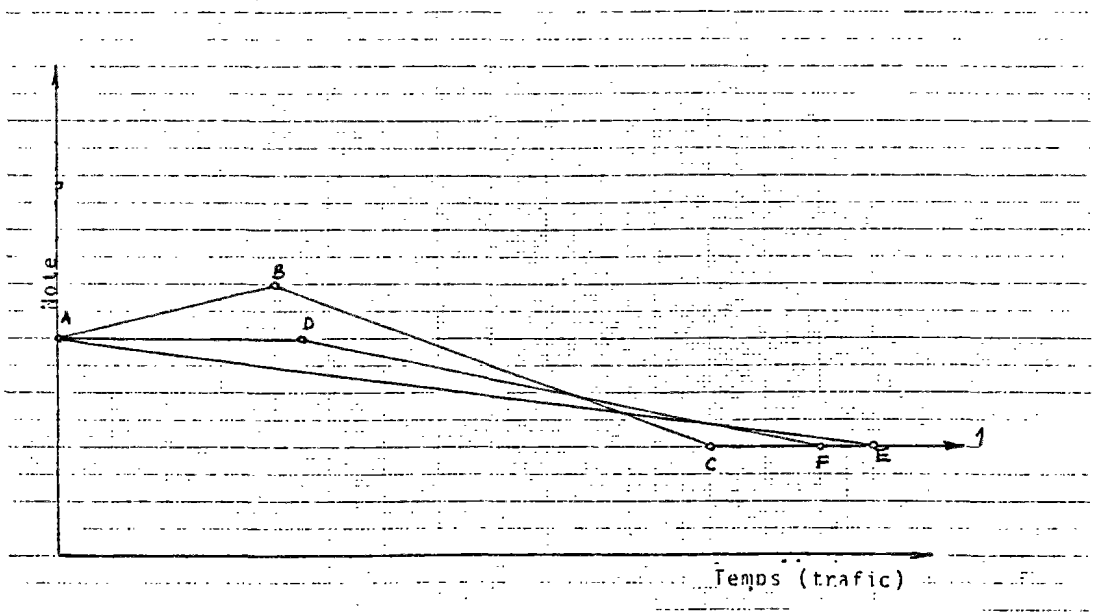


Figure 33. Application des segments de droites pour l'évolution de l'uni

L'expression du type (1) écrite sous la forme logarithmique

$$\lg \Delta N = c_1 + \alpha * \lg N_1 + \beta * \lg T + \gamma * \lg T_1 + \delta * \lg P$$

peut être traitée par régression linéaire, mais n'est malheureusement pas valable pour une valeur nulle des variables, ce qui diminue encore la population des mesures déjà très réduite (ΔN est souvent nul).

L'utilisation des segments de droite n'est possible que dans le cas où les deux mesures exécutées concernent la même droite c'est-à-dire restent dans la zone de validité liée à cette droite.

Pour les premiers essais on a étudié d'une part l'expression du type (1) sous forme logarithmique sans notion de la portance de structure (pour simplifier) et la formule (2) pour une droite et on a appliqué l'analyse de régression multiple (à partir du programme MOULTIVAR de la bibliothèque NLT |70|). La conclusion de cette analyse est que ΔT (trafic ou temps) est dans la majorité des cas un paramètre non significatif de l'analyse. En comparant les deux formules ((2) et (3)), on peut dire que le pourcentage des cas expliqués par l'expression du type (2) est légèrement supérieur mais introduit des paramètres supplémentaires (exposants).

On a donc retenu une formule linéaire.

4.4.2. Choix des variables explicatives et à expliquer

Pour l'analyse ultérieure, on a choisi comme variables à expliquer, les variables suivantes :

$$\frac{\Delta N}{\Delta T} \; ; \; \frac{\Delta N}{\Delta t} \; ; \; \frac{\Delta E}{\Delta T} \; ; \; \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

où :
- ΔE représente l'énergie mesurée à l'APL,
- ΔN est la note correspondante,
- ΔT est le trafic cumulé entre deux passages d'appareil,
- Δt est le temps entre deux passages d'appareil.

Comme variables explicatives on a essayé (au vu des données) les variables présentées dans le tableau 14.

Tableau 14. Variables explicatives

N° de variable	Variable	Groupe de variable
3	T_1	Trafic
4	$lg(T_1)$	
5	T_1*N_1	Trafic/note
6	$lg(T_1*N_1)$	
7	$T_1*(N_1 - 1)$	
9	T_1*E_1	Trafic/énergie
10	$lg(T_1*E_1)$	
12	t_1	Temps
13	$lg(t_1)$	
14	t_1*N_1	Temps/note
15	$lg(t_1*N_1)$	
16	$t_1*(N_1 - 1)$	
18	t_1*E_1	Temps/énergie
19	$lg(t_1*E_1)$	
20	N_1	Note initiale
21	E_1	Energie initiale

L'analyse de la matrice de corrélation entre les variables montre que c'est N_1 (note initiale de l'uni) qui est le mieux corrélé avec toutes les variables à expliquer dans chaque population (groupes et familles de structures). Dans le tableau 15 on peut consulter les listes des cinq variables les plus corrélées par groupes de structure; en déhors de l'uni initial les variable ci-dessous

$$t_1*E_1 \ , \ T_1*E_1 \ , \ lg(t_1*E_1) \ , \ lg(T_1*E_1)$$

sont très souvent citées en relation avec les variables à expliquer

$$\frac{\Delta N}{\Delta T} \ ; \ \frac{\Delta N}{\Delta t}$$

Malgré cette relation, il n'apparaît pas logique d'étudier des formules où une variable de type discontinu (notation) est expliquée par des variables de type continu (énergie).

Tableau 15. Extrait de la matrice de corrélation

Variables à expliquer et explicatives									
	$\Delta N / \Delta T$		$\Delta E / \Delta T$		$\Delta N / \Delta t$		$\Delta E / \Delta t$		Variables explicatives figurant au minimum 3 fois dans la famille de structure
	N° de Variable	100 r^2	N° de Variable	100 r^2	N° de Variable	100 r^2	N° de Variable	100 r^2	
BB	9 10 4 3 6	29 28 23 22 18	3 4 6 5 7	38 38 36 33 32	10 19 9 N1 18	32 28 28 25 22	4 6 13 10 15	30 28 28 27 26	4 10 6
RB	N1 18 9 E1 19	57 49 48 42 42	N1 18 9 E1 10	49 45 45 43 35	N1 18 9 E1 19	57 48 47 43 41	N1 9 18 E1 10	49 44 44 43 34	N1 18 9 E1
NB	13 9 19 18 4	33 29 29 28 28	4 6 3 13 12	43 42 41 38 37	19 10 18 9 N1	32 31 29 27 23	4 13 6 15 19	30 30 29 28 27	13 19 4
HH	N1 10 E1 4 19	48 46 37 28 25	10 4 6 E1 N1	36 30 25 21 20	N1 16 15 14 7	44 38 37 37 33	12 3 14 13 9	36 33 33 32 32	N1
RH	N1 16 14 3 10	68 67 65 60 60	16 14 3 12 5	61 61 57 56 53	N1 10 E1 3 9	76 64 59 56 55	3 5 7 9 6	49 47 46 44 40	3
NH	N1 15 13 16 14	32 31 26 24 24	13 15 19 12 18	26 25 21 21 20	N1 15 7 16 5	42 41 40 40 40	9 12 3 13 15	40 39 39 39 37	15 13
CT	N1 18 19 10 E1	33 24 23 19 19	18 19 10 13 12	30 26 21 20 19	N1 7 18 5 19	39 26 26 25 24	18 19 E1 12 N1	33 28 23 22 20	N1 18 19
Var. Exp. figurant min.4 fois	N1 10 19		12		N1 18 19	9	13		Variables explicatives les plus citées : N1 : 16 fois 18: 13 fois 10 : 12 fois 19: 12 fois

4.4.3. Régressions étudiées et comparaisons de formules

Pour l'analyse par régression linéaire on a utilisé le programme CIDRE [35]. La validation de la formule se fonde sur un test de Fischer-Snedecor et la validation du paramètre pour des variables explicatives sur un test t-Student [72]. L'intervalle de confiance retenu pour les tests est de 95 %.

On a étudié les formules suivantes :

Note / trafic

1	$\Delta N/\Delta T$	=	α	+	β	*	T_1
2	$\Delta N/\Delta T$	=	α	+	β	*	$\lg(T_1)$
3	$\Delta N/\Delta T$	=	α	+	β	*	$T_1 + \gamma * T_1 * N_1$
4	$\Delta N/\Delta T$	=	α	+	β	*	$\lg(T_1) + \gamma \lg(T_1 * N_1)$
5	$\Delta N/\Delta T$	=	α	+	β	*	$T_1 * (N_1 - 1)$
5A	$\Delta N/\Delta T$	=	α	+	β	*	$T_1 + \gamma * N_1$
5B	$\Delta N/\Delta T$	=	α	+	β	*	N_1

Energie / trafic

6	$\Delta E/\Delta T$	=	α	+	β	*	T_1
7	$\Delta E/\Delta T$	=	α	+	β	*	$\lg(T_1)$
8	$\Delta E/\Delta T$	=	α	+	β	*	$T_1 + \gamma * T_1 * E_1$
9	$\Delta E/\Delta T$	=	α	+	β	*	$\lg(T_1) + \gamma * \lg(T_1 * E_1)$
9A	$\Delta E/\Delta T$	=	α	+	β	*	$T_1 + \gamma * E_1$
9B	$\Delta E/\Delta T$	=	α	+	β	*	E_1

Note / temps

10	$\Delta N/\Delta t$	=	α	+	β	*	t_1
11	$\Delta N/\Delta t$	=	α	+	β	*	$\lg(t_1)$
12	$\Delta N/\Delta t$	=	α	+	β	*	$t_1 + \gamma * t_1 * N_1$
13	$\Delta N/\Delta t$	=	α	+	β	*	$\lg(t_1) + \gamma * \lg(t_1 * N_1)$
14	$\Delta N/\Delta t$	=	α	+	β	*	$t_1 * (N_1 - 1)$
14A	$\Delta N/\Delta t$	=	α	+	β	*	$t_1 + \gamma * N_1$
14B	$\Delta N/\Delta t$	=	α	+	β	*	N_1

Energie / temps

15	$\Delta E/\Delta t$	=	α	+	$\beta * t_1$
16	$\Delta E/\Delta t$	=	α	+	$\beta * \lg(t_1)$
17	$\Delta E/\Delta t$	=	α	+	$\beta * t_1 + \gamma * t_1 * E_1$
18	$\Delta E/\Delta t$	=	α	+	$\beta * \lg(t_1) + \gamma * \lg(t_1 * E_1)$
18A	$\Delta E/\Delta t$	=	α	+	$\beta * t_1 + \gamma * E_1$
18B	$\Delta E/\Delta t$	=	α	+	$\beta * E_1$

De plus pour chaque variable à expliquer, on a testé l'hypothèse qu'elle soit constante (indépendante des variables explicatives); la variance résiduelle correspondante a servi de base de comparaison pour vérifier l'efficacité des formules.

Pour chaque variable à expliquer on peut distinguer trois groupes de formules :

- formules utilisantes 1 paramètre (moyenne),
- formules utilisantes 2 paramètres (1 variable explicative),
- formules utilisantes 3 paramètres (2 variables explicatives).

Pour une variable à expliquer donnée le coefficient de Fisher - Snedecor (F) détermine la qualité des formules à l'intérieur d'un même groupe.

Pour comparer des formules expliquant des variables différentes on peut utiliser le paramètre :

$$z(v) = \frac{S}{v}$$

où : - S est l'écart-type de la variable à expliquer,
- v est la moyenne de la variable à expliquer.

Pour la comparaison de formules utilisant des paramètres de nombres différents, il faudrait comparer les valeurs des seuils de signification du coefficient F du test de Fischer-Snedecor, pour une formule donnée. Malheureusement, les tables disponibles ne sont pas suffisamment détaillées pour permettre d'utiliser cette procédure de comparaison, mais on peut dire que, pour un nombre d'individu fixé et pour un seuil donné, si $F(3) > F(2)$ c'est la formule avec 3 paramètres qui est meilleure. Dans le cas inverse il faut que $F(3) << F(2)$ pour que la formule avec 2 paramètre soit meilleure.

Les résultats récapitulatifs de la comparaison des 24 formules décrites ci-dessus sont présentés dans le tableau 16. On peut remarquer que, en général, z(v) est meilleur pour les énergies. Cet effet est dû au système de notation discontinue (voir la figure 34). De même, en général, z(v) pour $\Delta E(\Delta N)/\Delta t$ est plus faible que pour $\Delta E(\Delta N)/\Delta T$ (la variable temps est plus fiable que la variable trafic).

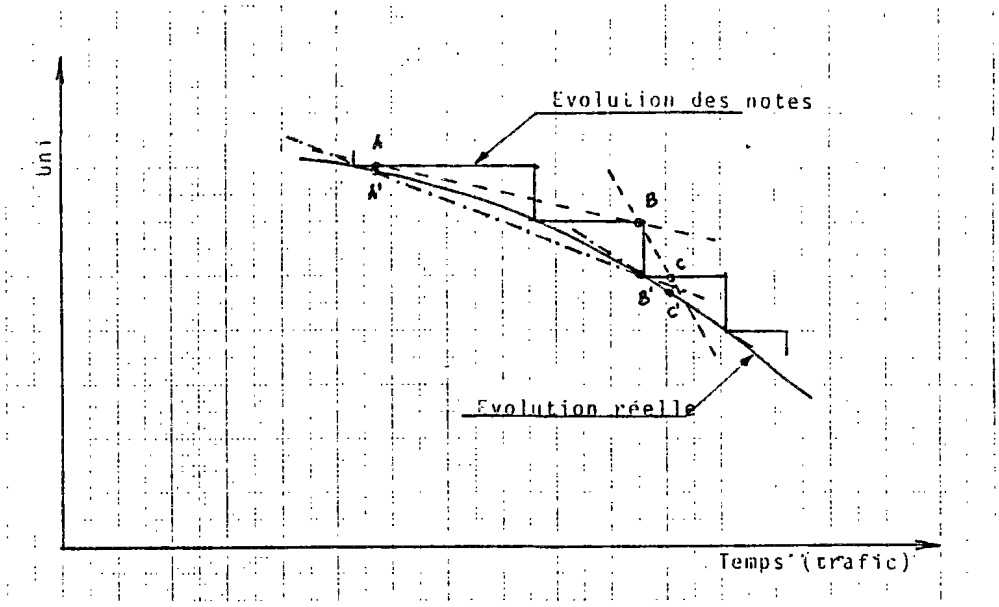


Figure 34. Comparaison de notations de l'APL-72

Tableau 16. Comparaison des performances des formules étudiées

	1	2	3	4	5	5A	5B	6	7	8	9	9A	9B
z(J) BB	1,67 +	+	+	+1,55	-	+	+	1,49 +1,38	+	⊕	⊕	+	-
z(K- RB	1,11 +	+	+0,90	+0,90	-	⊕	-	0,85 -	-	--	-	-	+
z(J) NB	1,80 +	+	+	+1,65	-	+	-	1,66 +	+1,49	⊕	⊕	+	-
z(O) HH	1,81 +	+	+	+1,48	-	+	+	1,49 +	+	⊕	+1,39	+	+
z(O) RH	0,93 +	+	+	+0,67	+	+	+	0,89 +0,73	+	⊕	⊕	+	+
z(J) NH	2,61 -	-	+	+2,45	+	⊕	+	1,85 -	-	--	-	-	-
z(J) CT	1,99 -	-	-	+1,84	-	⊕	+	1,52 -	-	--	-	-	-
	10	11	12 *	13 *	14	14A *	14B *	15	16	17	18 *	18A *	18B
z(J) BB	1,57 -	+	+	+1,45	-	+		1,67 +	+1,60	⊕	⊕	+	-
z(J) RB	1,11 -	-	-	-0,89	+	⊕	+	0,85 -	-	--	-	-	+
z(J) NB	1,63 -	-	+	+1,49	-	+	+	1,74 +	+1.66	⊕	⊕	+	-
z(J) HH	1,70 +	+	+	+1,50	+	+	+	1,36 +1,26	+	+	⊕	+	+
z(J) RH	0,81	-	+0.52	+	+	⊕	+	0,65 +	-	+0,60	-	+	-
z(J) NH	1,96 +	+	+	+1,75	+	+	+	1,51 +	+	+1,37	⊕	+	+
z(J) CT	1,75 -	-	+	+1,59	-	⊕	+	1,35 -	-	+1,28	-	+	-

Légende :

* Formule vérifiée (rejetée maximum 1 fois)

\+ Formule vérifiée pour la structure donnée

⊕ Formule vérifiée mais une des variables explicatives n'est pas significative

z (V) écart-type sur sa moyenne

p.ex. 1.67. écart-type résiduel sur la moyenne générale

BB Chaussée bitumineuse

RB Renforcement bitumineux

NB Chaussée neuve bitumineuse

HH Chaussée hydraulique

RH Renforcement hydraulique

NH Chaussée neuve hydraulique

CT Chaussée traditionnelle

4.4.4. Formules expliquant l'évolution de l'uni par la notion "énergie" APL-72

Dans le domaine des énergies les formules vérifiées (peu nombreuses) se caractérisent par un coefficient de corrélation multiple (r^2) très faible; on retient donc comme représentative la valeur moyenne pour chaque structure.

$$\frac{\Delta E}{\Delta T} = \text{Cste.} \quad ; \quad \frac{\Delta E}{\Delta t} = \text{Cste.}$$

La comparaison des valeurs moyennes pour les types différents de structures est présentée dans le tableau 17 et sur les figures 35 et 36.

Tableau 17. Comparaison de formules du type E/ T(t)

Structure	$\Delta E/\Delta T$ (énergie/PL*10^6)	$\Delta E/\Delta t$ (énergie/mois)	Trafic moyen PL/jour
BB	40,99	1,046	1000
RB	90,18	1,065	300
NB	31,15	1,040	1100
HH	58,07	1,118	800
RH	101,40	0,996	450
NH	44,44	1,157	1000
CT	52,39	1,060	1000

La definition des structures est présentée au tableau 12.

On peut remarquer que :

$$\frac{\Delta E(\Delta N)}{\Delta t} = T_R \cdot \frac{\Delta E(\Delta N)}{\Delta T}$$

où : - T_R est le trafic passant sur la chaussée par unité de temps.

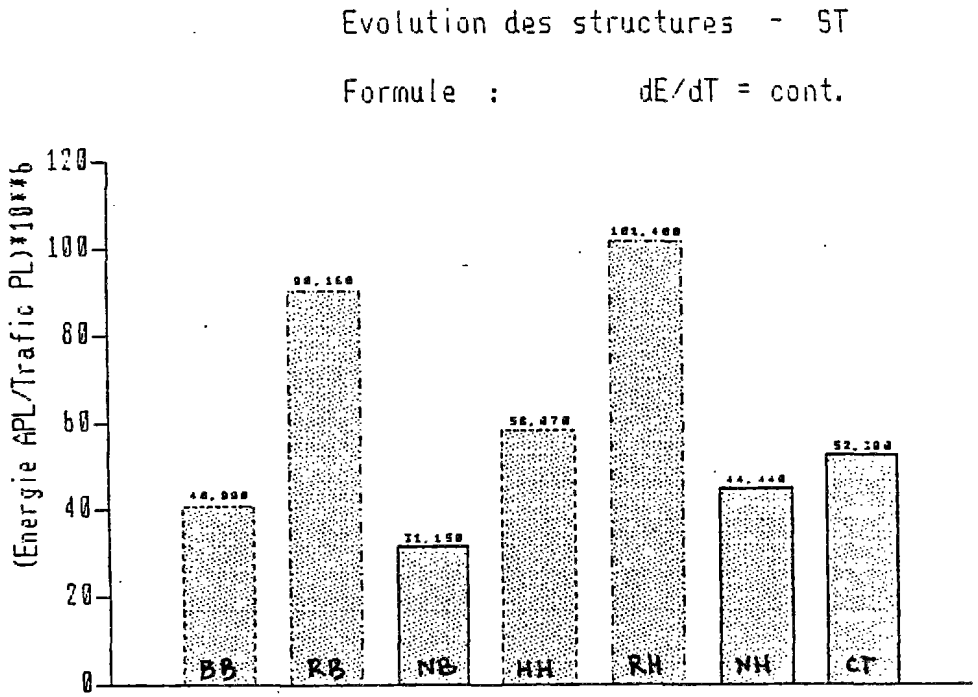


Figure 35.

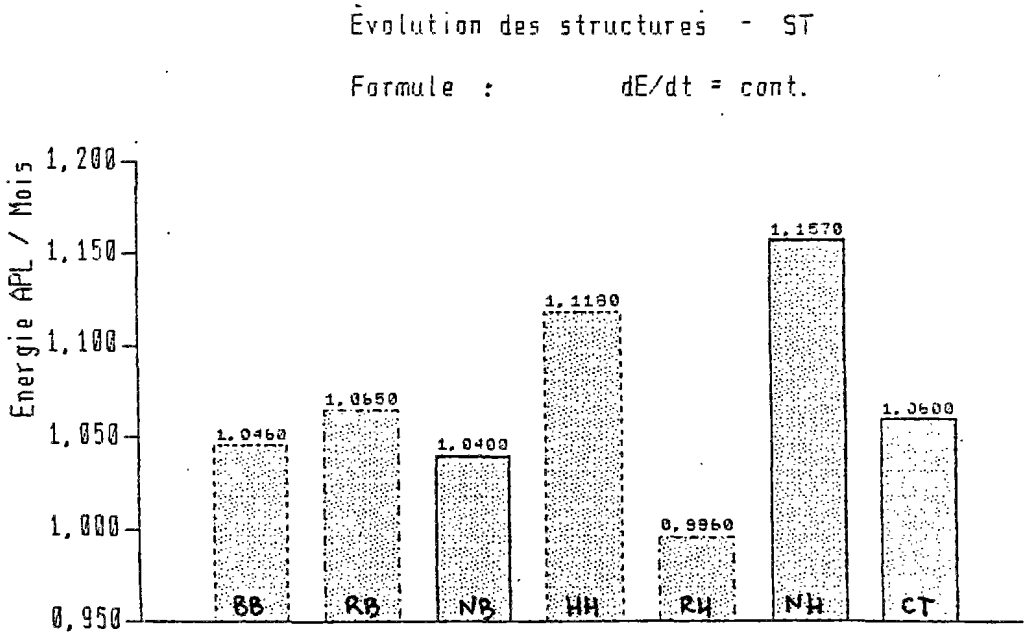


Figure 36.

Ainsi, si on compare deux routes supportant des trafics identiques les variables E(N)/ T et E(N)/ t sont équivalentes. En pratique la variable E(N)/ t peut donc être utilisée pour des routes supportant des trafics comparables (par exemple de même classe de trafic).

Pour les sections témoins, les structures neuves bitumineuses et hydrauliques se caractérisent par un trafic 2 fois plus grand en moyenne que celui supporté par les renforcements; la comparaison directe des valeurs E(N)/ t n'est donc pas possible.

Comme parmi les sections témoins il n'y a pas, pour chaque type de structure, de tronçons supportant des trafics différents, on ne peut pas déterminer de formule convenable pour les variables E(N)/ t .

Pour les énergies, en comparant la formule $\frac{\Delta E}{\Delta T}$ = const.

par groupes de structure on peut remarquer que l'évolution des chaussées neuves est plus lente que celle des renforcements et que l'évolution des renforcements bitumineux et hydrauliques ne se distingue pas tellement (10 % de différence); par contre, pour les chaussées neuves, l'évolution de la structure bitumineuse est plus rapide (30 % de différence).

Un test statistique |17|

$$z = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

où : - x_1, x_2 sont deux moyenne à tester,
- s_1, s_2 sont leurs écart-types,
- n_1, n_2 sont leurs nombres d'individus dans chaque population

peut vérifier si les valeurs x_1, x_2 (moyenne de deux populations différentes) sont significativement différentes.

Le tableau 18 présente les résultats et confirme statistiquement les conclusions précédentes. Pour les familles de structure (BB, HH, CT) les données ne permettent pas de distinguer de différences significatives dans les évolutions.

Tableau 18. Test de distinction d'évolution de l'uni; formules du type $\Delta E/\Delta T$

Population à comparer	Z (test)	Z_{CR} (95%)	Test
RB/RH	0,65	1,64	-
NB/NH	1,61		+ -
RB/NB	3,72		+
RH/NH	5,31		+
BB/HH	2,18		+
HH/CT	0,52		-
BB/CT	0,96		-

4.4.5. Formules expliquant l'évolution de l'uni par la notion "note" APL-72

Dans le domaine des notes les meilleures formules sont :

1. pour $\Delta N/\Delta T$ formule à 2 paramètres : formule n° 5B
formules à 3 paramètres : formules n° 3,4 et 5A; les formules n° 4 et 5A sont les meilleures au niveau r^2 et F (coefficient de test Fisher-Snedecor)

Les formules 4 et 5A ont des performances comparables (la formule n° 4 est un peu meilleure); la formule n° 3 conduit à de moindres performances.

Choix entre les formules n° 4 et 5B.

La comparaison avec la formule 5B montre que cette dernière conduit à une valeur de F deux fois plus grande que la formule 4, mais r^2 (5B) $<r^2$ (4) (c'est évident dans la mesure où la formule 4 a un nombre de paramètres plus important). L'augmentation de r^2 (4) donne ~ 4-5 % de cas expliqués en plus par rapport à la formule 5B.

On retient la formule 5B qui présente le meilleur compromis entre le pourcentage de cas expliqués et le nombre de paramètre introduits dans la formule, soit :

$$\frac{\Delta N}{\Delta T} = \alpha + \beta * N_1$$

2. pour $\Delta N/\Delta t$ formule à 2 paramètres : formule n° 14B
formules à 3 paramètres : formules n° 12, 13 et 14A; on retient la formule n° 13 qui a les meilleurs performances.

La situation est comparable à la précédente. On retient la formule 14B :

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \alpha + \beta * N_1$$

Le tableau 19 présente les performances des formules 5B et 14B .

Tableau 19. Pourcentage de cas expliqués par les formules du type $\Delta N/\Delta T$ et $\Delta N/\Delta t$

Structure	$\Delta N/\Delta T$ (%)	$\Delta N/\Delta t$ (%)
BB	5	6
RB	33	33
NB	6	8
HH	21	19
RH	46	57
NH	9	17
CT	11	15

La definition des structures est présentée au tableau 12.

Dans la famille des chaussées bitumineuses le groupe prépondérant est constitué par les chaussées neuves (115 tronçons de 200 m contre 29 pour les renforcements). La situation est identique dans la famille de structure hydraulique (243 tronçons contre 85).

On remarque sur le tableau 19 que le groupe NB (donc la famille BB) se distingue avec un pourcentage de cas expliqués nettement plus faible que les autres groupes de structure.

Dans l'analyse ultérieure on s'intéresse uniquement à la formule 5B (liée avec le trafic), (voir § 4.4.4.).

Le tableau 20 présente les coefficients de la formule 5B pour chaque groupe de structures ainsi que les valeurs $\Delta N/\Delta T$ (N_1). Cette formule est valable bien sûr uniquement dans une certaine plage, en général pour des notes initiales (N_1) comprises entre 5 et 8, mais pour le groupe RB seulement entre 6 et 7.

Tableau 20. Comparaison des formules du type N/ T = + *N_1

Structure		α	β	$\Delta N/\Delta T$ (N_1)			
				N_1 = 5	N_1 = 6	N_1 = 7	N_1 = 8
BB		0	- 0,1182	- 0,59	- 0,71	- 0,83	- 0,95
	RB	7,86	- 1,467	-	- 0,94	- 2,41	-
	NB	0	- 0,09131	- 0,46	- 0,55	- 0,64	- 0,73
HH		3,56	- 0,719	- 0,04	- 0,75	- 1,47	- 2,19
	RH	4,79	- 1,033	- 0,37	- 1,41	- 2,44	- 3,47
	NH	2,13	- 0,445	- 0,10	- 0,54	- 0,99	- 1,43
CT		2,50	- 0,565	- 0,32	- 0,89	- 1,46	- 2,02

On retrouve ici encore que les chaussées neuves évoluent moins vite que les chaussées renforcées.

L'évolution de l'uni pour les différentes familles de structures est illustrée sur la figure 37.

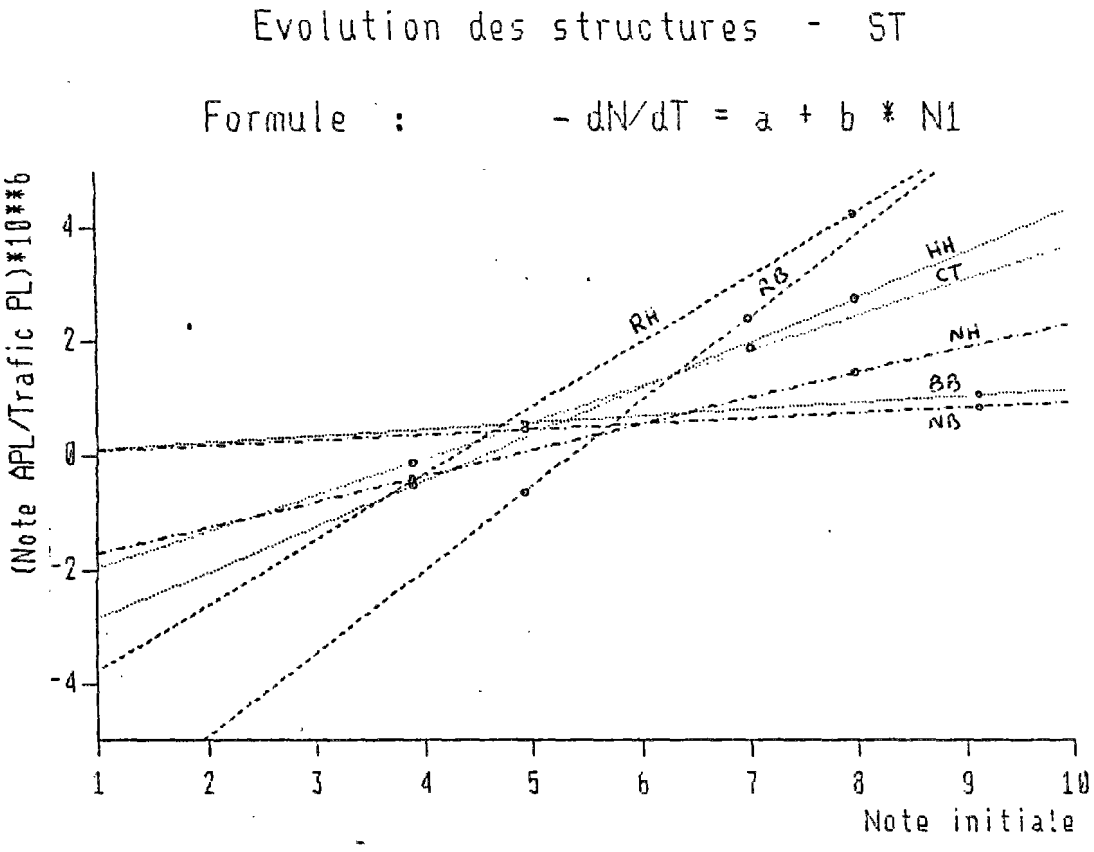


Figure 37.

Une analyse de covariance [32] peut déterminer si les formules sont significativement différentes pour les diverses structures. Le tableau 21 regroupe les résultats des tests.

Tableau 21. Test de distinction d'évolution de l'uni; formules du type N/ T = + *N1

POPULATION A COMPARER	TEST
NB/NH	-
RB/NB	+
RB/RH	-
RH/NH	+
CT/HH/BB	-
BB/HH	+
CT/HH	-
CT/BB	-

4.4.6. Formules faisant intervenir la portance de la structure

Comme définition de la portance de structure pour les sections témoins on a retenu |62| :

$$H_{eq} = \sum_{i=1}^{n} h_i * z_i$$

où : - H_{eq} est l'épaisseur équivalente ,
- h_i est l'épaisseur réelle de la couche i,
- z_i est un coefficient d'équivalence dépendant de la nature de la couche,
- n est le nombre de couches.

Les valeurs du coefficient z_i utilisées habituellement sont |98|:

1,0	pour une couche de grave non traitée ,
2,2	pour une couche bitumineuse,
1,5	pour une couche hydraulique,

mais pour les conditions françaises (materiaux traités aux liants hydrauliques de rigidité elevée) on a préféré retenir respectivement 1,0 ; 2,2 ; 3,17 (rapports entre les racines cubiques des modules.

On a essayé les formules suivantes :

19 $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1 + \gamma * H_{eq}$ (pour les notes)

20 $\Delta E/\Delta T = \alpha + \beta * H_{eq}$ (pour les énergies)

Pour la formule n° 19 le test t-Student montre que n'est pas significativement différent de "0" pour tous les groupes de structures, cette formule est donc à remplacer par :

19A $\Delta N/\Delta T = \beta * N_1 + \gamma * H_{eq}$

Les résultats de l'analyse de régression sont présentés dans les tableaux 22 (pour les notes) et 23 (pour les énergies). Les groupes de structures NB et RB traités séparément ne donnent pas de plages de valeurs H_{eq} suffisamment distinctes pour un traitement statistique; elles ne sont donc pas incluses dans l'analyse. On a essayé les formules 19 et 20 pour tous les groupes de structures réunis. Les résultats sont aussi présentés dans le tableau 22 et 23.

Mis à part le cas des chaussées traditionnelles pour la formule 20, l'introduction du paramètre H_{eq} procure une amélioration de l'efficacité de la formule surtout pour la famille des structures hydrauliques pour laquelle la dispersion des valeurs H_{eq} introduites était plus grande.

L'illustration des formules obtenues se trouve sur les figures 38 (pour les énergies) et 39, 40 et 41 (pour les notes).

Tableau 22. Formule $\Delta N/\Delta T = \beta * N_1 + \gamma * H_{eq}$

Structure	F / Test F		r^2	β /Test		γ /Test		Pourcentage de cas expliqués
BB	5,28	+	0,070	0,3778	+	- 0,0196	+	7 %
HH	78,21	+	0,322	0,6396	+	- 0,0192	+	32 %
NH	20,87	+	0,146	0,4516	+	- 0,0128	+	15 %
RH	40,41	+	0,496	0,8698	+	- 0,0289	+	50 %
CT	4,32	+	0,128	0,4840	+	- 0,0275	+	13 %
TOUS	48,80	+	0,159	α = - 2.095 ; β = 0,5574 ; γ = 0,0044				15 %

Tableau 23. Formule $\Delta E/\Delta T = \alpha + \beta * H_{eq}$

Structure	F / Test		r^2	α /Test		β /Test		Pourcentage de cas expliqués
BB	3,93	+	0,027	- 260,6	+	2,3469	+	3 %
HH	81,29	+	0,197	- 217,5	+	0,9938	+	20 %
NH	29,65	+	0,108	- 151,2	+	0,6370	+	10 %
RH	70,92	+	0,461	- 633,1	+	3,9940	+	46 %
CT	1,87	-	0,030					
TOUS	42,75	+	0,023	- 88,99	+	0,2741	+	3 %

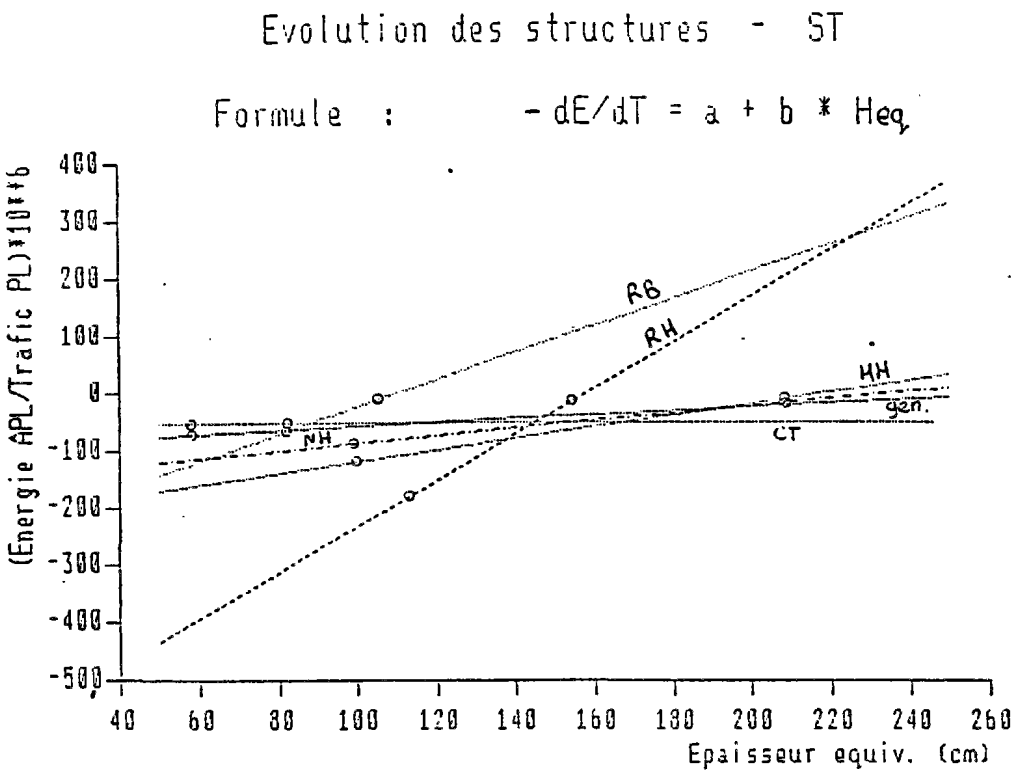


Figure 38.

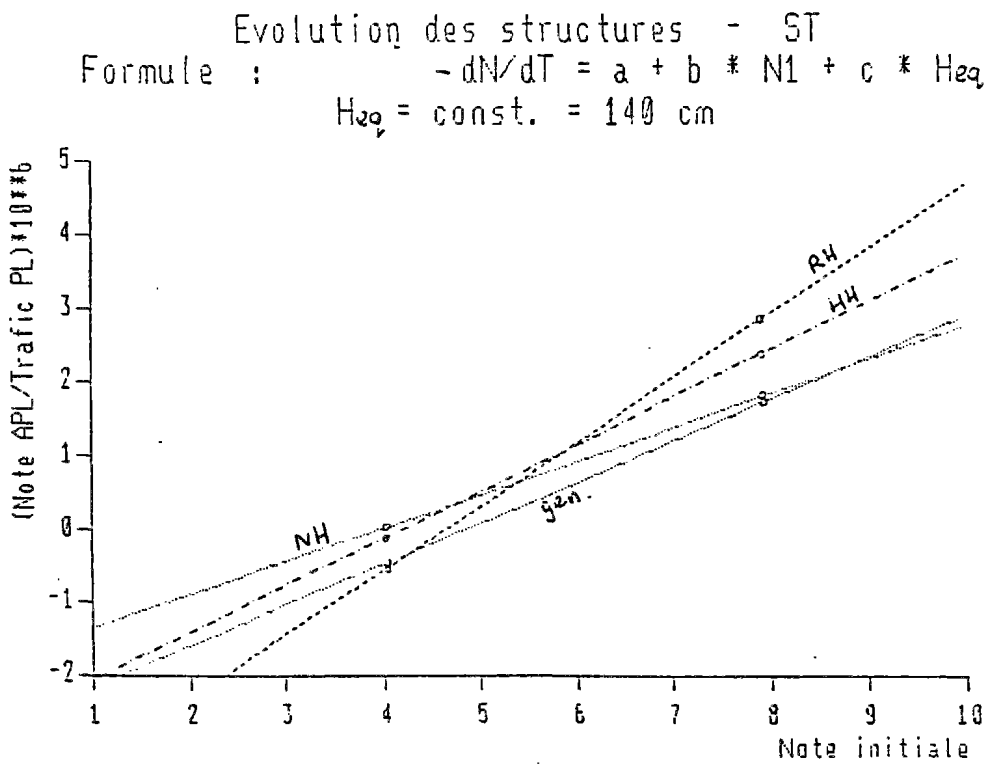


Figure 39.

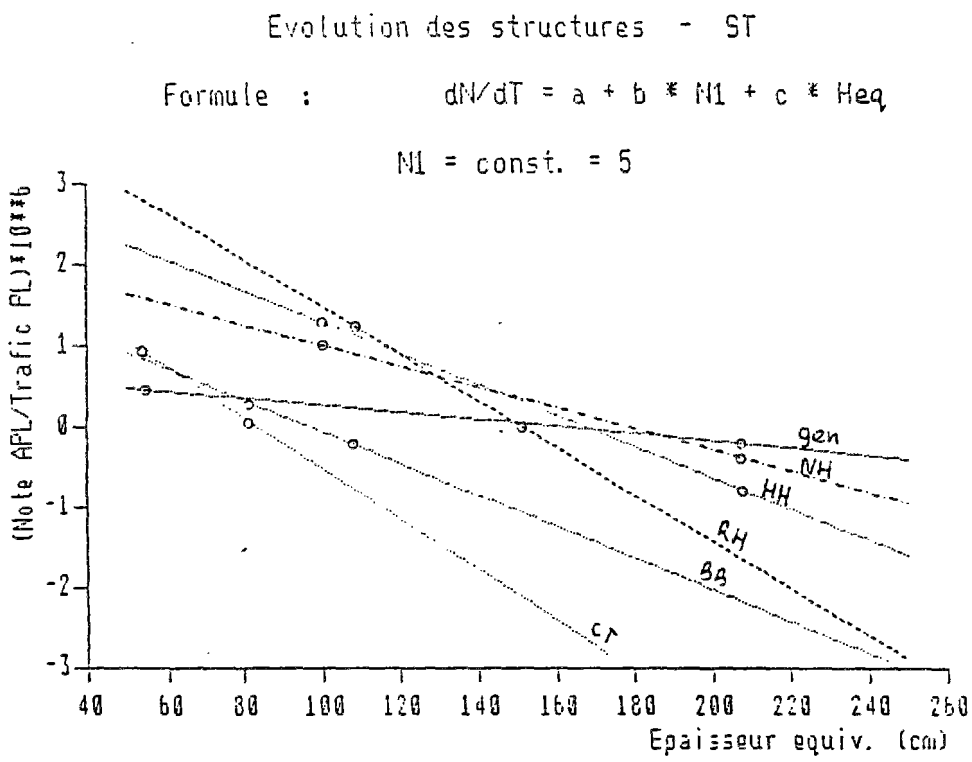


Figure 40.

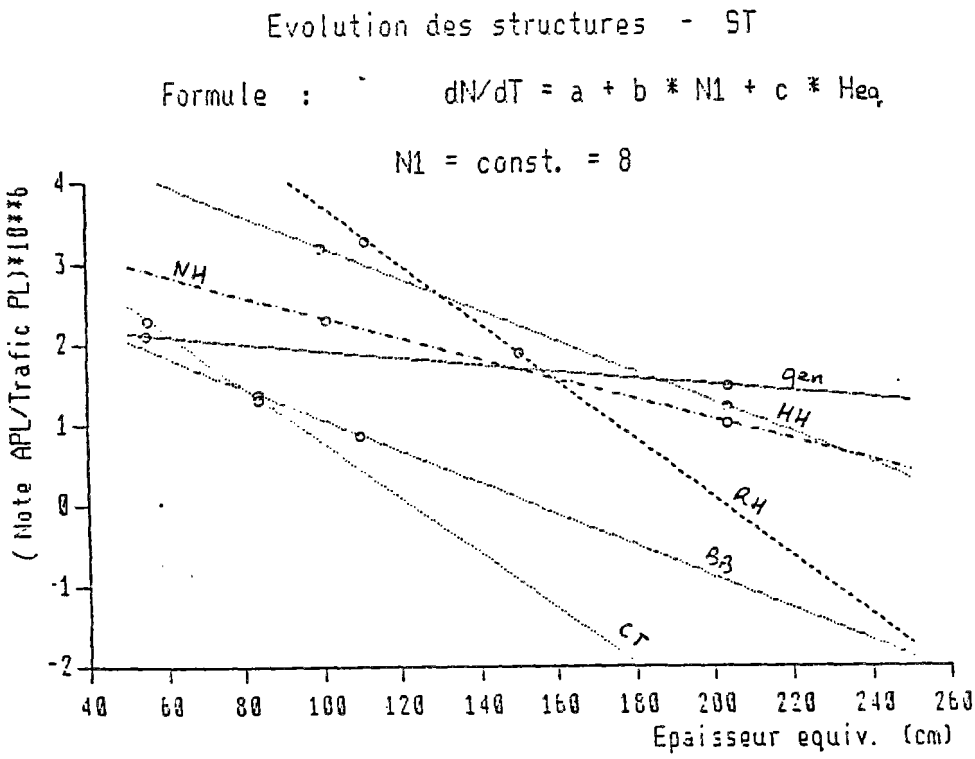


Figure 41.

Les tests de signification des différentes formules (par type de stucture) donnent les résultats présentés dans le tableau 24.

Tableau 24. Test de distinction d'évolution de l'uni; formules faisant intervenir l'épaisseur équivalente des structures

Population à comparer	Formule 19 A	Formule 20
CT/HH	-	-
HH/BB	+	-
CT/BB	-	-
NH/RH	+	+
Tous/HH	- ($N1^+$)	-
Tous/BB	- ($N1^+$)	-
Tous/CT	-	-

Les formules 19 et 20 ont été testées également avec les coefficients z_i classiques. De plus, on a essayé de déterminer les coefficients d'équivalence les meilleurs permettant d'expliquer le phénomène d'évolution d'uni, avec les formules suivantes :

19B $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1 + \gamma_{CT} * h_{CT} + \gamma_{BB} * h_{BB} + \gamma_{HH} * h_{HH}$

20B $\Delta E/\Delta T = \alpha + \gamma_{CT} * h_{CT} + \gamma_{BB} * h_{BB} + \gamma_{HH} * h_{HH}$

où : - h_{CT}, h_{BB} et h_{HH} sont les épaisseurs des couches :traditionnelle non traitée, bitumineuse et hydraulique,
- γ_{CT}, γ_{BB} et γ_{HH} sont des coefficients, dont les rapports peut déterminer les valeurs z_i.

Les résultats d'analyse sont regroupés dans le tableau 25.

Tableau 25. Formules faisant intervenir l'épaisseur équivalente des structures; choix des coefficients

Formule	F/Test		r^2	α		β		γ		γ_{CT}		γ_{BB}		γ_{HH}		Pourcentage de cas expliqués
19	51,19	+	0,160	+3,078	+	-0,561	+	+0,0044	+							16 %
20	10,65	+	0,019	+35,10	+	+0,211	+									2 %
19B	39,71	+	0,229		+		+			-0,0029	-	+0,0438	+	+ 0,0173	+	
20B	16,99	+	0,087		+					-0,357	-	-2,72	+	- 1,38	+	

Les tests d'efficacité montrent que :

- il n'y a pas de différence significative entre les formules utilisant les coefficients classiques et celles utilisant les coefficients a priori les mieux adaptés aux conditions françaises,
- les données sur lesquelles on a travaillé ne permettent pas de déterminer de meilleurs coefficients.

4.4.7. Remarques sur les formules étudiées

La figure 42 présente un nuage de points introduits dans l'analyse de régression (toutes les structures incluses). On voit l'influence importante de l'uni initial sur les rapports différences de notes / différences de trafic; cette influence apparaît sur toutes les formules présentées. Les points du nuage sont dispersés ; les coefficients r^2 ne peuvent donc pas être élevés. Le nombre de points du nuage (même pour le regroupement des structure) n'est pas important ce qui constitue un facteur limitant l'introduction d'autres paramètres dans les formules et l'efficacité de ces formules (pourcentage de cas expliqués).

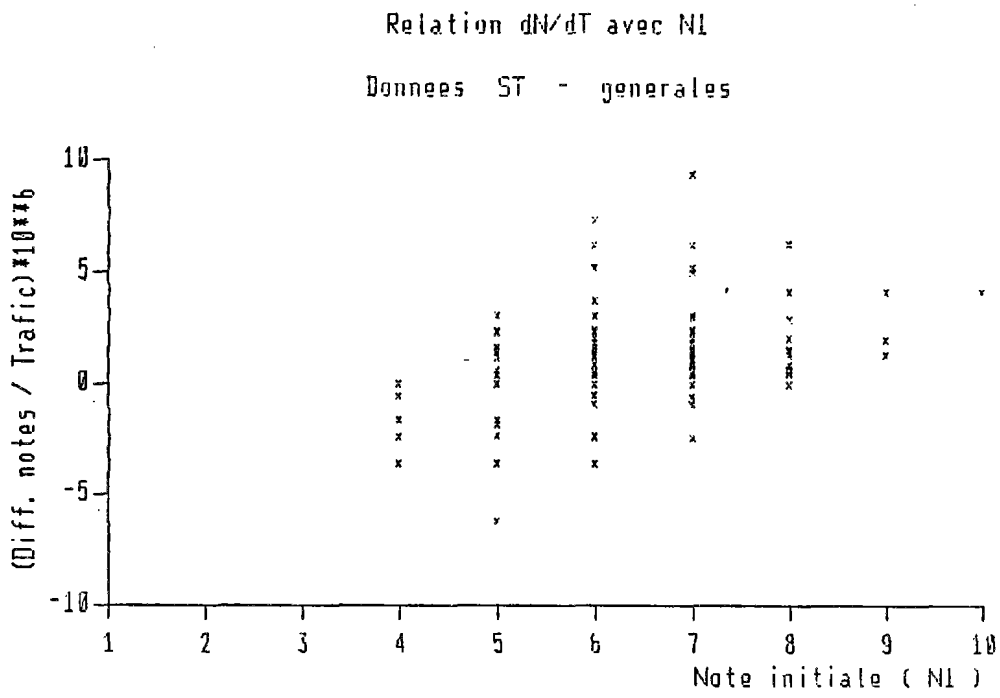


Figure 42.

La figure 43 présente une comparaison entre les valeurs des différences de notes (N) observées (mesurées) et les valeurs estimées avec la formule 19 pour toutes les structures regroupées.

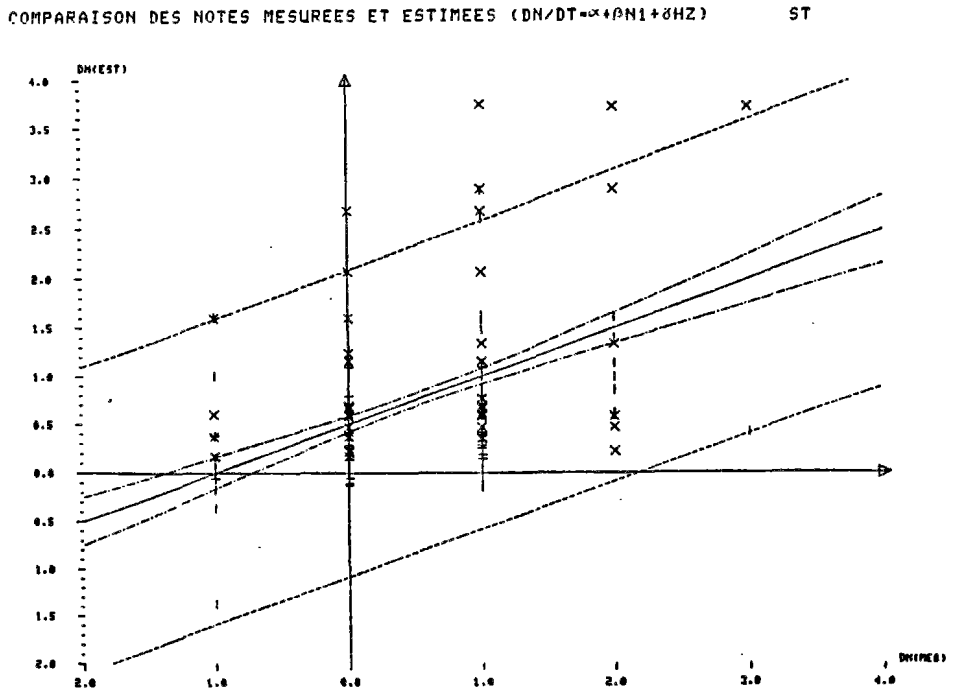


Figure 43.

On peut remarquer que la droite de régression est distincte de la première bissectrice.

Cet effet est dû à la spécificité des données mesurées par lots et peu nombreuses, ce qui fait que la distribution d'erreur est probablement non centrée (voir § 3.5.3.). On ne peut pas, non plus, oublier l'incertitude sur les données de trafic (qui est d'ailleurs une variable aléatoire à distribution inconnue et ne rentre pas dans le cadre de cette étude). Comme dernière explication de cet effet, il faut remarquer que les formules étudiées sont linéaires et peut-être, l'introduction d'exposants pourrait elles améliorer (voir la figure 42).

Les courbes tracées sur la figure 43 déterminent, à l'intervalle de confiance 95 % :

- la zone 1 où se situe la droite de régression (pour la population infinie) ,
- la zone 2 où se situent les observations.

Dans le tableau 26 figurent les moyennes et les écart-types des différences de notes et d'énergie pour chaque groupe de structure.

Tableau 26. Paramètres de distribution des évolutions d'uni; données ST

N (MOY)	S(DV)	E (MOY)	S (DE)	STRUCTURE
0.34	0.60	- 27.8	38.5	CT
0.66	1.01	- 38.1	41.6	RB
0.68	0.79	- 30.6	27.9	NB
0.67	0.83	- 32.1	31.1	BB
0.86	0.69	- 46.3	25.7	RH
0.36	0.61	- 23.3	29.2	NH
0.49	0.67	- 29.1	30.0	HH

En comparant ces valeurs avec les valeurs des distributions d'erreurs liées à l'appareil on voit que la part de la variance liée à l'appareil (voir § 3.6.4.) est relativement importante dans la variance totale.

4.5. Utilisation des données de la Banque des Données Routières (BDR)

Dans cette étude, on traite uniquement les données relatives aux petites ondes (voir § 4.4.).

Dans le fichier de la BDR |46| figurent les mesures d'uni réalisées sur le réseau routier national soumis à l'entretien préventif. Les mesures ont commencé en 1975 et couvrent actuellement la majorité des itinéraires renforcés. Les mesures de routine d'APL-72 sont réalisées, en général, tous les 4 ans; on peut donc retrouver des sections sur lesquelles l'appareil est passé plusieurs fois (au moins 2, rarement 3).

Dans le fichier de la BDR, le seul renseignement relatif à l'uni est exprimé sous forme de notes APL-72.

On a sélectionné les sections pour lesquelles on a deux passages de l'APL sur la même couche (sans travaux dans la période entre deux passages); n'ont par ailleurs été pris en compte que les tronçons de longueur supérieure à 1 km.

Enfin, on a ressorti pour ces sections les données sur la structure de la chaussée à l'époque des mesures, les données de trafic (poids lourds) et la déflexion mesurée simultanément (au cours de la même campagne).

Globalement il y a dans la BDR 5428 PR avec deux mesures APL

4.5.1. Données sur l'uni

Pour comparer deux passages d'APL-72 il faut bien superposer les mesures. Le décalage des tronçons mesurés (tous processus inclus : mesure, traitement,codage et archivage) peut, en pratique, être important (jusqu'à 200 m, exceptionnellement plus).

Au niveau des données de la BDR il n'y a pas moyen de vérifier le décalage réel de la mesure (s'il existe). Par précaution il faut donc augmenter la longueur du tronçon élémentaire de comparaison de façon à diminuer son décalage relatif. D'autre part, l'augmentation de la longueur du tronçon élémentaire n'est pas sans influence sur la précision de calcul et peut rendre difficile la sélection de tronçons homogènes du point de vue de l'uni.

Le décalage relatif retenu pour l'analyse des ST était de 10% ce qui, pour un décalage toléré de 200 m, correspond ici à une longueur de tronçon élémentaire égale à 2000 m.

L'homogénéité de l'uni sur un tronçon élémentaire, surtout pour la notation APL-72 est très importante pour l'analyse ultérieure. Pour les données de la BDR on a retenu comme critère d'homogénéité la différence entre les valeurs extrêmes du lot de mesures (notes)

$$\Delta N = N_{max} - N_{min} \leqslant 1$$

Les deux conditions précédentes (décalage inférieur à 10% et différence de notes inférieur ou égale à 1) sont, pour les données de la BDR, trop sévères et leur application simultanée ne donne pas de population suffisamment nombreuse pour le traitement statistique. Finalement, on a resélectionné les sections en tenant compte d'un critère de différence de notes mais sur un tronçon élémentaire (unité de comparaison) de 1 km (plus exactement 5 x 200 m en continu). Bien sûr, les mêmes critères ont été imposés pour les deux passages.

On a créé un fichier qui contient les deux mesures APL , les dates de mesure, le trafic journalier de PL, le trafic cumulé de PL entre deux passages d'APL, le temps (en mois) entre les passages de l'APL et l'évaluation de la structure en épaisseur équivalente Hz (voir § 4.4.6.) avec les coefficients qui correspondent aux conditions française de module.

Dans ces fichiers sont représentées les structures suivantes :

- chaussées traditionnelles (CT),
- renforcements bitumineux (RB),
- renforcements hydrauliques (RH),
- chaussées neuves avec couche de base bitumineuse sur fondation bitumineuse (NBB),
- chaussées neuves avec couche de base hydraulique sur fondation hydraulique (NHH),
- chaussées neuves avec couche de base hydraulique sur fondation non traitée (NHN),

Il n'y a pas de représentants de la famille de chaussées neuves couche de base bitumineuse sur fondation hydraulique (uniquement 3 PR sélectionnés) et la famille de couche de base bitumineuse sur fondation non traitée est intégrée dans la famille de chaussée bitumineuse car il n'y a pas de nombre d'observations statistiquement suffisant pour la traiter séparément.

Les distributions des différences de notes entre deux passages (moyenne et écarts-types) sont présentés dans le tableau 27.

Tableau 27. Paramètres de distributions des évolutions d'uni; données BDR

N (MOY)	S	Structure
0.76	0.86	CT
0.70	0.97	RB
0.86	0.82	NBB
0.35	0.39	NBN *
0.71	1.15	RH
0.63	0.79	NHH
0.13	1.41	NHN

* population peu nombreuse

4.5.2. Données sur la déflexion (def)

Actuellement dans la BDR on stocke des valeurs caractéristiques de déflexion en axe et en rive définies comme la deuxième mesure brute la plus élevée par tronçon de 100 m. Dans cette analyse on traite uniquement les données de déflexion en rive.

Le problème d'homogénéité de la mesure se pose également pour la déflexion. Parmi les critères possibles on a choisi :

$$Z = \frac{S(def)}{def}$$

où : - S(def) est l'écart-type de la distribution de mesure sur 1000 m en continu,
- def est la moyenne de cette distribution.

La longueur de tronçon élémentaire déterminée pour l'APL doit rester la même pour la déflexion (1000 m).

Les données de déflexion sélectionnées avec les critères d'homogénéité définis par Z = 0,5 ; 0,3 et 0,2 ont été croisées avec les données d'APL .

4.5.3. Données sur les épaisseurs équivalentes (Heq)

La notion de l'épaisseur équivalente est décrite au § 4.4.6. .

Les données relatives à l'épaisseur et à la nature des couches incluses dans le fichier BDR ne sont pas fiables (surtout pour les chaussées traditionnelles) . On a donc imposé un critère supplémentaire de tri, utilisant la notion Heq. Comme seuils limites on a retenu les valeurs suivantes :

- CT : Heq min = 50 cm,
- NBB, NHN : Heq min = 80 cm,
- RB, RH : Heq min = 100 cm,
- NHH : Heq min = 120 cm

au-dessous desquels les données n'ont pas été prises en compte.

Pour une grande partie des sections sélectionnées comme homogènes on retrouve les lots d'enregistrement. Ce sont des tronçons voisins (la mesure est réalisée en continu) donc structurellement identiques. Pour chaque lot, on a une valeur unique de l'épaisseur équivalente (Heq). De plus, pour les itinéraires donnés, les dates de passage de l'APL-72 sont évidemment les mêmes pour tous les tronçons, et les mesures ont été faites pour l'ensemble du lot avec une fonction de transfert constante. Alors, dans ce cas, il y a évidemment une corrélation très forte entre les différences de notes et Heq. Pour éliminer cet effet on prend uniquement un enregistrement de chaque lot tiré au sort (option sans lots). Le nombre d'observations retenu dans ce cas là, est alors limité au nombre de lots existants.

4.6. Traitement statistique des données de la BDR

Les histogrammes de répartition des variables introduites dans le calcul sont présentés dans l'annexe.

On a vérifié les formules suivantes :

1. $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1$
2. $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1 + \gamma * Heq$
3. $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1 + \gamma * def$

pour chaque groupe de structures, et également les formules 2 et 3 pour l'ensemble des structures.

Les données ont été analysées :

- Pour la formule n° 1 : sans sélection supplémentaire (l'homogénéité de l'uni sur le tronçon d'unité de 1000 m uniquement).
- Pour la formule n° 2 : sélection de Heq min,
  sélection de Heq min et réduction des lots à un seul enregistrement.
- Pour la formule n° 3 : sélection Z max = 0,5,
  sélection Z max = 0,3,
  sélection Z max = 0,2.

4.6.1 Formule utilisant uniquement le facteur de l'uni initial

La formule n° 1 (tableau 28) est retenue comme valable, ses paramètres étant significatifs pour tous les groupes de structures sauf les chaussées neuves à couche de base hydraulique (la moyenne des différences de notes et son écart-type sont très bas; voir le tableau 27). Elle est aussi valable pour les familles de structures bitumineuses (BB) et hydrauliques (HH).

Tableau 28. Formule $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1$; données BDR

	RB	NBB	BB RB+NBB+NBN	RH	NHH	NHN	HH RH+NHH+NHN	CT
Nombre d'obs.	288	454	788	147	780	55	982	479
F /Test	40,58 +	60,04 +	56,86 +	59,70 +	0,12 -	87,12	32,20 +	67,35 +
r^2	0,124	0,117	0,067	0,292	0,000	0,622	0,032	0,124
α /Test	- 1,385+	- 2,609+	- 1,341+	- 2,461 +	+	- 12,975+	- 0,650+	- 1,771 +
β /Test	0,322+	0,773+	0,454+	0,618 +	-	2,065+	0,256+	0,552 +
γ /Test								
$\left(\frac{\Delta N}{\Delta T}\right)$					0,911			
$s\left(\frac{\Delta N}{\Delta T}\right)$					0,1398			

On a également fait des tests d'analyse de covariance pour voir si les formules diffèrent significativement pour chaque groupe et famille de structures. Les résultats des tests sont présentés dans le tableau 29.

Tableau 29. Test de distinction d'évolution de l'uni; formule $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1$; données BDR

Structures à comparer	Test
RB/NB	+
RH/NH	+
RH/RB	+
NB/NH	+
BB/HH	- (N_1+)
BB/CT	-
HH/CT	+

On peut noter que les tests donnent des résultats positifs (formule spécifique à la structure en question) dans la majorité des cas. Les populations RB/NB, RH/NH, RH/RB, NB/NH et HH/CT diffèrent de la façon présentée sur la figure 44A. Les populations BB et CT ne diffèrent pas. Pour les populations BB et HH le test général est négatif mais l'influence de la note initiale d'uni (N_1) est significativement différente. La différence entre ces deux populations peut être représentée de la façon indiqué sur la figure 44B.

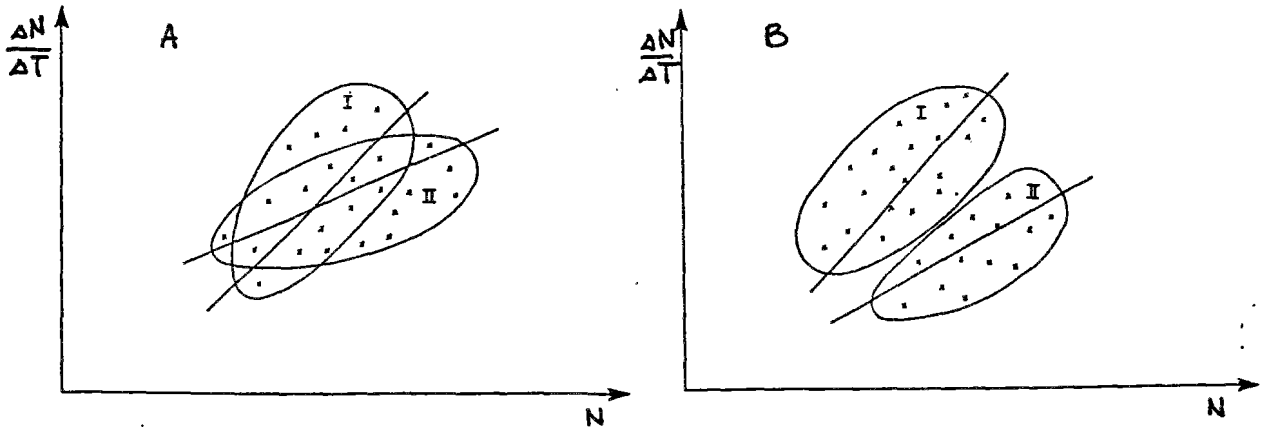


Figure 44. Formes de distinction de deux populations

La formule $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1$ pour les groupes et familles de structure différentes est présentée sur la figure 45.

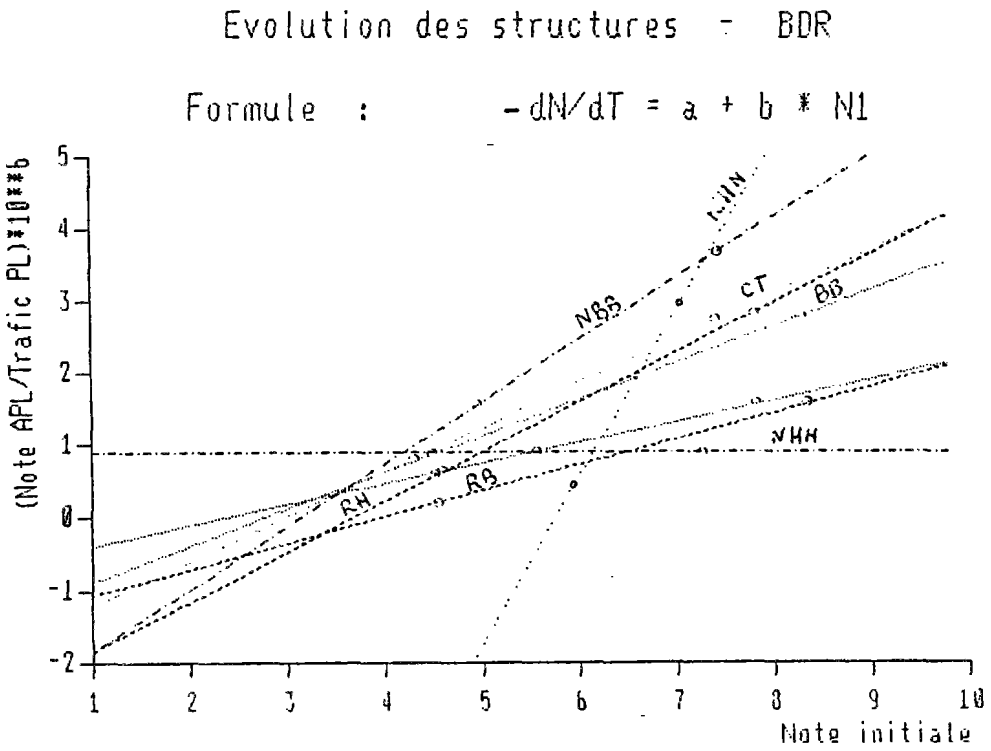


Figure 45.

4.6.2. Formule faisant intervenir les épaisseurs équivalentes des structures

La formule n° 2 (tableaux 30 et 31) est rejetée dans la plupart des cas, même dans sa version avec réduction des lots de mesure et sans sélection.

Il faut remarquer que le nombre d'observations retenues valables (surtout pour la version avec réduction de lots) est très limité.

De plus, on rappelle que les données Hz extraites de la BDR ne sont pas fiables.

Tableau 30. Formule $-\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_I + \gamma * H_{eq}$; données BDR avec lots de mesures

	RB Hz > 100	RH Hz > 100	NHH Hz > 120	NHN Hz > 80	HH RH+NHH+NHN	CT Hz > 50	TOUS
Nombre d'obs	128	137	64	55	2,56	1,40	524
F/test	23,04 +	33,49 +	4,68 -	44,21	38,57 +	1,58 -	39,15 +
r2	0,269	0,333	1,33	0,630	0,277	0,023	0,131
α /test	3,853 +	-	-	+	- 5,382 +	-	-
β /test	0,187 +	+	+	+	0,741 +	-	+
γ /test	- 0,038 +	-	-	-	-0,0120 +	-	+
F^*/test							38,05 +
r2							0,128
β /test							0,391 +
γ /test							- 0,0114 +

Tableau 31. Formule $-\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_I + \gamma * H_{eq}$; données BDR sans lots de mesures

	RB	RH	NHH	NHN	HH RH+NHH+NHN	CT	TOUS
Nombre d'obs	26	35	13	7	55	31	112
F/test	3,26 -	13,74 +	2,15 -	0,43 -	12,07 +	0,55 -	11,85 +
r^2	0,221	0,462	0,300	0,176	0,319	0,038	0,179
α /test	-	-	-	-	+	-	-
β /test	-	+	+	-	+	-	+
γ /test	+	-	-	-	-	-	-
F^*/test							10,17 +
r^2							0,157
β /test							0,373 +
γ/test							- 0,0102+

4.6.3. Formule faisant intervenir la déflexion

La formule n° 3 (tableaux 32, 33 et 34) donne un résultat convenable pour les chaussées bitumineuses.

On a testé cette formule avec des valeurs Z différentes (0,5 ; 0,3 ; 0,2) pour trouver le meilleur compromis entre l'homogénéité de la mesure de la déflexion sur chaque tronçon élémentaire et le nombre d'enregistrements valables. Pour Z = 0,2 le nombre de mesures paraît être insuffisant pour améliorer la qualité des paramètres. Par contre, Z = 0,5 n'assure pas une homogénéité suffisante des données pour fournir une solution adaptée au cas de la famille des chaussées hydrauliques.

Il faut remarquer que les valeurs de déflexion introduites dans l'analyse restent dans une plage très restreinte, surtout pour les chaussées hydrauliques (les structures intégrées à la BDRsont en général en très bon état).

Tableau 32. Formule $-\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1 + \gamma * def$; données BDR; Z = 0,2

	RB	NBB	BB RB+NBB+NBN	NHH	HH RH+NHH+NHN	CT	TOUS
Nombre d'obs	131	125	247	64	95	116	458
F/test	2,38 -	106,82 +	84,50 +	10,57 +	16,19 +	3,87 -	68,96 +
r^2	0,046	0,637	0,409	0,257	0,260	0,064	0,233
α/test	-	- 7,778 +	- 4,562 +	+	+	-	- 3,274 +
β/test	-	0,9253 +	0,4909 +	+	+	+	0,4964 +
γ/test	-	12,074 +	9,374 +	-	-	-	4,737 +

Tableau 33. Formule-$\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1 + \gamma * def$; données BDR; Z = 0,3

	RB	NBB	BB RB+NBB+NBN	NHH	HH RH+NHH+NHN	CT	TOUS
Nombre d'obs.	142	178	344	106	168	162	674
F / test	10,33 +	83,70 +	84,72 +	10,26 +	25,66 +	5,70 +	85,13 +
r^2	0,129	0,489	0,332	0,166	0,237	0,067	0,202
α /test	- 1,683 +	- 9,106 +	- 4,485 +	+	- 2,606 +	-	- 3,498 +
β /test	0,240 +	1,278 +	0,563 +	+	0,6248 +	+	0,551 +
γ /test	3,089 +	8,275 +	7,010 +	-	- 2,599 +	-	4,119+

Tableau 34. Formule-$\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1 + \gamma * def$; données BDR; Z = 0,5

	RB	NBB	BB RB+NBB+NBN	NHH	HH RH+NHH+NHN	CT	TOUS
Nombre d'obs.	172	218	506	152	227	191	924
F/test	11,99 +	87,26 +	97,64 +	23,47 +	39,47 +	9,99 +	129,19 +
r^2	0,124	0,448	0,280	0,240	0,261	0,096	0,219
α /test	- 1,692 +	- 8,769 +	- 2,665 +	+	+	+	- 2,940+
β /test	0,253 +	1,264 +	0,503 +	+	+	+	0,549+
γ /test	2,569 +	7,235 +	3,658 +	-	-	-	2,792+

Les tests de signification des différentes formules donnent les résultats présentés dans le tableau 35.

Les renforcements se distinguent des chaussées neuves au niveau de l'évolution de l'uni pour chaque niveau d'homogénéité de la déflexion (Z). La comparaison des familles de structures bitumineuse (BB) et hydraulique (HH) (Z = O,3 seul possible) montre que la distinction ces deux famille de structures ne se fait qu'avec le paramètre lié à la déflexion (la situation type correspond à la figure 44B). On obtient les mêmes résultats pour la comparaison BB/ensemble des structures.

Tableau 35. Test de distinction d'évolution de l'uni; formule $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N1 + \gamma * def$; données BDR

Structures à comparer	Niveau d'homogénéité	test
RB/NB	z = 0,5	+
	z = 0,3	+
BB/HH	z = 0,3	- (def+)
BB/TOUS	z = 0,5	- (def+)
	z = 0,3	- (def+)
	z = 0,2	- (def+)

La figure 46 représente la relation entre les valeurs ΔN mesurées et estimées par la formule 3 pour Z = O,5, valable pour l'ensemble de structures. On trouve, comme pour les ST (voir § 4.4.7) que la droite de régression s'éloigne de la bissectrice.

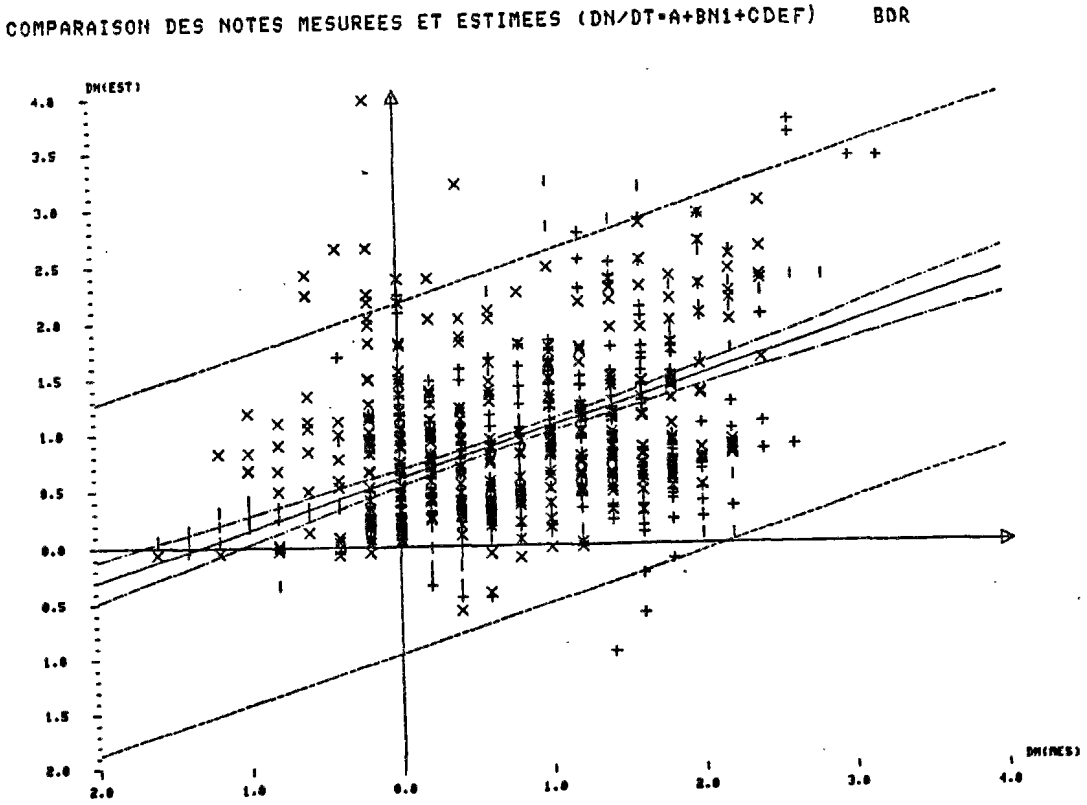


Figure 46.

4.7. Comparaison des résultats obtenus pour les ST et pour la BDR

Il faut souligner que les données introduites dans la BDR, ne sont pas fiables au niveau de la définition de la structure ; dans de nombreux cas il n'y a pas d'information (ou des informations sont fausses) sur les couches inférieures (surtout pour les chaussées traditionnelles). Au niveau de la décomposition automatique des données en structures différentes, on ne peut donc pas éviter les erreurs. Surtout les distinctions entre chaussées neuves et renforcées, ainsi que celles entre chaussées traditionnelles et neuves bitumineuses restent délicates.

La comparaison des résultats est possible uniquement pour la formule :

$$\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_1$$

pour laquelle les résultats sont significatifs pour les deux groupes de données (BDR et ST). Les figures 47, 48 et 49 présentent la comparaison, par famille de structures, entre les résultats des ST et ceux de la BDR (les résultats des comparaisons par types de structures sont fournis en annexe).

La meilleure corrélation est trouvée pour les chaussées traditionnelles. Dans la famille des chaussées hydrauliques, les chaussées neuves de la BDR présentent une faible étendue des notes d'uni initial et la formule obtenue a donc une plage de validité très restreinte. Pour les renforcements hydrauliques on obtient des résultats comparables. L'étude consacrée aux chaussées bitumineuses montre la divergence des résultats. Une partie de cette divergence peut être expliquée par une incertitude relative aux données structurelles contenues dans la BDR.

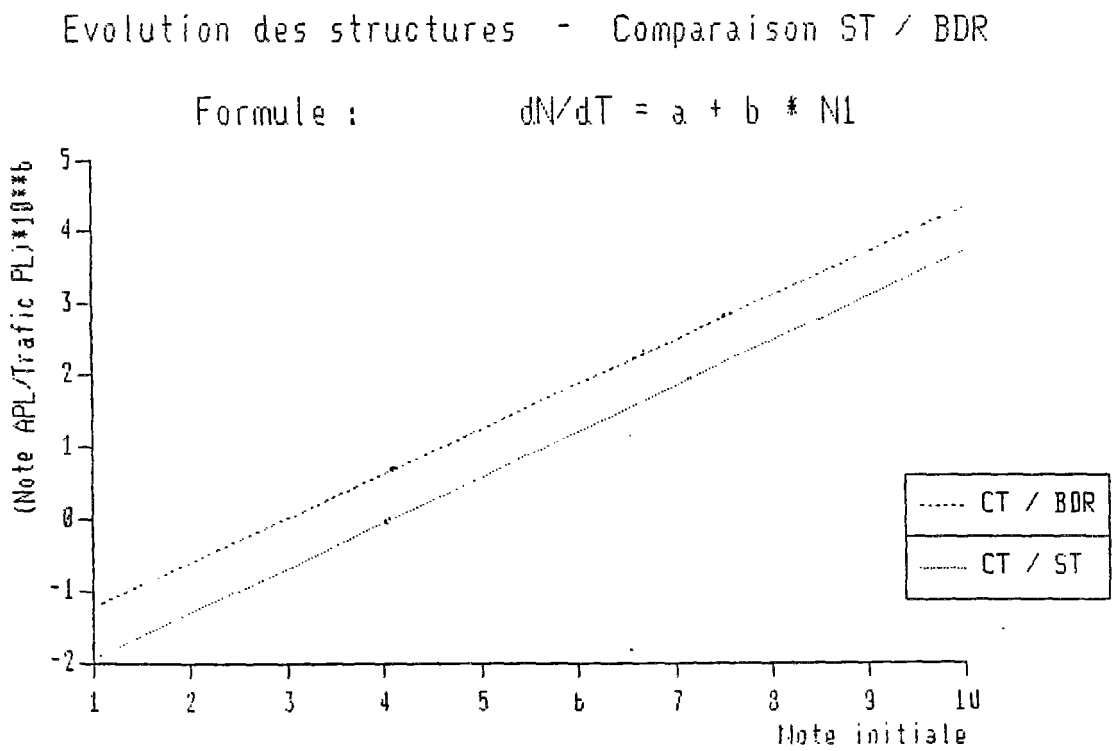


Figure 47.

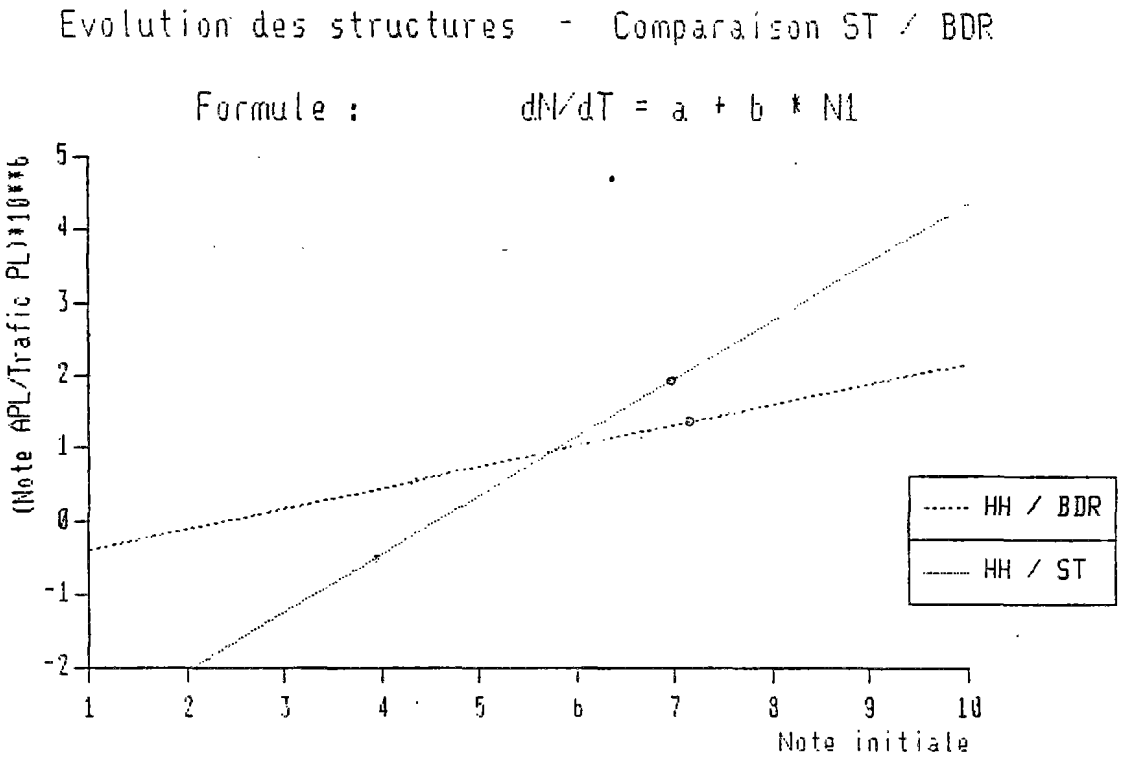


Figure 48.

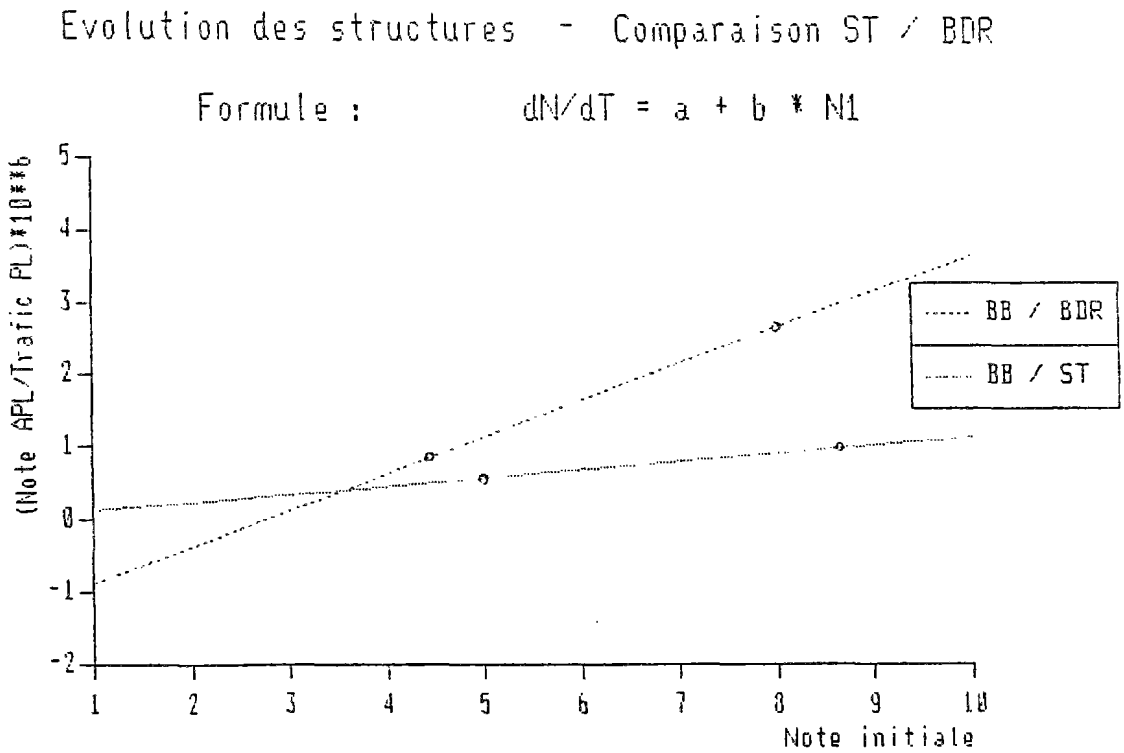


Figure 49.

4.3. Conclusions sur l'évolution de l'uni des chaussées

Dans tous les cas (données des ST et de la BDR pour des structures différentes) les données exploitables sont en nombre très réduit et il convient d'être prudent dans l'utilisation des formules établies. Les formules étudiées ont un caractère statistique, sont obtenues par régression et ne sont donc valables que dans la zone de variation des données introduites (note initiale allant de 5 à 8, durée de prévision inférieure à 48 mois). Les conclusions de l'analyse sont les suivantes.

- Les sections retenues et validées pour l'analyse des sections témoins ne sont pas nombreuses et proviennent des mêmes itinéraires. Le résultat final de cette analyse n'est donc pas très représentatif des routes nationales. Les données de la Banque des Données Routières sont assez nombreuses mais aussi spécifiques. En général, on dispose des mesures effectuées immédiatement après les travaux de renforcement ou de construction de chaussées neuves (mesure de l'année "0") et comme deuxièmes mesures des résultats des passages effectués 4 ou 3 ans après. Il s'agit donc de structures en très bon état.

- Le système de mesure n'assure pas de superposition convenable des tronçons de mesures (surtout pour ceux mesurés avant 1978). Le décalage d'un tronçon mesuré peut atteindre jusqu'à 200 m ; le tronçon d'unité de comparaison de 200 m peut être retenu uniquement dans le cas d'analyse fine comme celle des sections témoins. Pour toutes les unités de comparaison plus grandes, se pose les problèmes d'homogéneité de la structure, de l'uni et des autres facteurs analysés.

- Dans de nombreux cas, les travaux effectués sur les sections suppriment la continuité des mesures dans le temps. Il faut donc comparer soigneusement les dates de mesures et de travaux.

- Seules les petites ondes ont été considérées; en effet on trouve que l'uni évolue dans le temps. Les formules retenues expriment l'évolution de l'uni par le rapport entre une différence d'uni (énergie ou note APL) et un trafic total poids lourds entre deux mesures. Les formules de base sont :

  pour les notes : $\Delta N/\Delta T = \alpha + \beta * N_l$

  pour les énergies : $\Delta E/\Delta T = \alpha$ = const.

  Les paramètres des formules dépendent des groupes et familles de structure et sont, en général, statistiquement différents dans les cas de RB/NB, RH/NH, NB/NH et RB/RH. Il semble évident que les renforcements (R) évoluent plus vite que les chaussées neuves (N) aussi bien pour les chaussées bitumineuses (B) que pour les chaussées hydrauliques (H)

- L'introduction dans les formules de la notion de portance de la structure (déflexion ou épaisseur équivalente) augmente fortement le pourcentage de cas expliqués dans tous les cas où les données introduites sont suffisamment étendues.

- La comparaison des résultats obtenus pour les sections témoins et pour la Banque des Données Routières montre une bonne convergence pour les chaussées traditionnelles et satisfaisante pour les chaussées hydrauliques. Il faut souligner que l'analyse de la BDR doit être plus représentative (nombre de points dans le calcul plus élevé) pour les structures traditionnelles souples et hydrauliques. Par contre, pour les chaussées bitumineuses, l'analyse des ST présente des données plus fiables (la distinction des types de structure dans les données de la BDR peut être erronée).

- On propose donc les formules suivantes :

  où : - ΔN est la différence des notes des petites ondes,
  - ΔT est le trafic exprimé en 10^6 PL (les formules fournies sont valables pour $\Delta T < 2*10^6$ PL),
  - ΔE est la différence des énergies des petites ondes.

(1) Si on connait seulement la note d'uni (petites ondes) initiale (N_1) (en parenthèse les limites de validité pour des notes initiales) :

bitumineuse (ensemble)	$\Delta N/\Delta T = -0,12*N_1$	(5-8)
	$\Delta E/\Delta T = 40,99$	
renforcement	$\Delta N/\Delta T = +7,86 - 1,46*N_1$	(6-7)
	$\Delta E/\Delta T = 90,18$	
chaussée neuve	$\Delta N/\Delta T = -0,09*N_1$	(5-8)
	$\Delta E/\Delta T = 31,15$	
hydraulique (ensemble)	$\Delta N/\Delta T = +0,65 - 0,26*N_1$	(5-8)
	$\Delta E/\Delta T = 58,07$	
renforcement	$\Delta N/\Delta T = +2,46 - 0,62*N_1$	(5-8)
	$\Delta E/\Delta T = 101,40$	
chausseé neuve (BDR)	$\Delta N/\Delta T = -0,91$	(6-7)
chaussée neuve (ST)	$\Delta N/\Delta T = +2,13 - 0,57*N_1$	(5-8)
	$\Delta E/\Delta T = 44,44$	
chaussée traditionnelle	$\Delta N/\Delta T = +1,77 - 0,55*N_1$	(5-8)
	$\Delta E/\Delta T = 52,39$	

(2) Si on connait la note d'uni initiale (N_1 (5,8)) et l'épaisseur équivalente (Heq) exprimé en cm (en parenthèse les limites de validité pour des épaisseurs équivalentes) :

bitumineuse	$\Delta N/\Delta T = -0,38*N_1 + 0,0196*Heq$	(80-110)
hydraulique	$\Delta N/\Delta T = -0,65*N_1 + 0,0192*Heq$	(120-200)
chaussée traditonnelle	$\Delta N/\Delta T = -0,48*N_1 + 0,0275*Heq$	(60-90)
toutes les structures confondues	$\Delta N/\Delta T = 2,1 - 0,56*N_1 + 0,0044*Heq$	(60-200)

(3) Si on connait la note d'uni initiale (N_1 (5,8)) et la déflexion (def (0.1,0.5)) exprimée en mm :

bitumineuse $\Delta N/\Delta T = -4,49 + 0,56*N_1 + 7,01*def$

5. RELATIONS ENTRE L' UNI DES CHAUSSEES ET LA VITESSE DES VEHICULES

5.1. Introduction

5.1.1. Généralités

La vitesse des véhicules circulant sur les chaussées peut constituer un bon indicateur du service offert à l'usager. Cette vitesse joue en effet un rôle prépondérant dans la détermination des coûts des usagers dont les différentes composantes (fonctionnement des véhicules, temps de parcours, accidents) sont en relation directe avec la vitesse du trafic.

On considère généralement que c'est l'uni des chaussées qui permet d'établir le lien entre l'état des chaussées et le service offert exprimé en terme de vitesse.

Bien sûr, l'uni n'est pas le facteur principal déterminant la vitesse. Les différents auteurs [78,82,92] ont mis en évidence les principaux paramètres suivants :

- volume du trafic,
- tracé en plan (rayon de courbure des virages),
- profil en long (rampe notamment),
- limitation de vitesse imposée aux usagers (disposition générale ou signalisation particulière).

Les autres facteurs (visibilité, uni, dévers, largeur de la chaussée, obstacle latéraux, pourcentage de poids lourds) sont, en général, considérés comme secondaires.

Les résultats des recherches montrent que la vitesse décroît à partir de sa valeur de base déterminée pour des conditions idéales pour un véhicule non géné (véhicule isolé sur section sans virage, en palier, voie suffisament large, sans obstacles latéraux, visibilité idéale, etc...).

Dans ce chapitre, on présente les résultats de mesures de vitesse avant et après des travaux de renforcement sur 12 sites sélectionnés. On étudie d'abord les différences de vitesse entre avant et après (liées a priori au changement d'uni) et ensuite, par analyse de régression, on propose des formules faisant la relation entre uni et vitesse (comparaison des valeurs absolues).

5.1.2. Vitesses dans l'analyse routière

Différents auteurs, en France et à l'étranger, ont essayé de trouver des relations entre la vitesse et les facteurs principaux présentés au § 5.1.1. . Les résultats obtenus sont décrits dans |78|.

Différentes études financées par la Banque Mondiale ont permis d'établir des liens entre l'uni des chaussées (mesuré avec Bump Integrator) et la vitesse des véhicules. Une relation directe entre l'uni des chaussées et la vitesse du trafic pour les conditions en Inde est par exemple fournie dans |81|. On trouve que l'uni est l'un des plus importants facteurs influençant la vitesse (le deuxieme après la sinuosité de la route) et on retient des formules pour différents groupes de véhicules (l'uni est ici exprimé en mm/km - mesuré de bump-integrator). Les études effectuées au Brezil et Kenya |103| montrent que l'uni est un facteur important et infuance significativement la vitesse du trafic.

En France, l'instruction |94| fournit des relations entre vitesse, débit, largeur de chaussée et visibilité avec les hypothèses suivantes :

- déclivités moyennes et dénivelées nulles,
- sinuosité du tracé en plan d'influence négligable,
- accôtement dérasé et satisfaisant aux critères d'aménagement,
- revêtement de chaussée de bonne qualité.

Cette instruction peut donc constituer une base de comparaison pour les mesures décrites au § 5.2. . Pour une chaussée large de 7 m, 100% de visibilité, débit quasi-nul la vitesse est de 95,2 km/h (37,8 sec/km).

Dans |77,96| la vitesse est liée à la pente, la visibilité, la largeur de chaussée, le pourcentage des poids lourds (PL); pour une pente nulle, une visibilité 100%, une chaussée de 7 m, 15% de PL , la vitesse est de 86,3 km/h (41,7 sec/km) pour les VL et de 77,6 km/h (46,4 sec/km) pour les PL.

L'instruction |95| qui fournit une méthode de calcul des effets économiques des investissements routiers en rase campagne, utilise la notion de vitesse dépendant uniquement du débit horaire. Cette vitesse est introduite dans les formules déterminant les coûts avec plusieurs facteurs correcteurs tels que par exemple la longueur des pentes ou la sinuosité du tracé.

L'uni est l'une des causes prépondérantes d'inconfort ressenti par l'usager sous la forme des accélérations verticales et des résonances des véhicules |85|. Une corrélation entre la variance de pente et l'appréciation subjective d'un échantillon d'usagers a été effectuée lors de l'essai AASHO et permet de situer le niveau moyen d'uni qui fait la frontière entre l'acceptable et l'inacceptable. Par corrélation théorique entre le profilomètre AASHO et l'APL-72 on obtient les résultats présentée par |86| (voir le tableau 36).

Tableau 36. Seuils d'acceptabilité et d'inacceptabilité de l'uni de chaussée (d'après |86|)

Appréciation d'un groupe d'usagers (Essai AASHO)	Niveau d'uni APL correspondant (obtenu par corrélation théorique)		
	Ondes courtes 1 à 3,3 m	Ondes moyennes 3,3 à 13 m	Grandes ondes 13 à 40 m
Médiane d'acceptabilité de la route	6 - 7	4	6 - 7
Médiane d'inacceptabilité de la route	5	2	5

Dans les différentes études , c'est en général une hypothèse de distribution gaussienne de répartition des vitesses qui est retenue , mais d'autres lois sont parfois étudiées |79|.

5.2. Campagne de mesures de vitesses

5.2.1. Choix des sections étudiées

L'expérimentation réalisée dans le cadre de ce travail avait pour but d'apprécier l'influence de l'uni des chaussées sur la vitesse des usagers. A cet effet, on a recherché des sections pour lesquelles les principaux facteurs influençant la vitesse restent constants, les mesures efféctuées avant et après travaux permettent de caractériser des unis différents. Ce critère est satisfait pour les sections ayant subi des travaux de renforcement (en général amélioration importante de l'uni) sans élargissement de la chaussée.

S'agissant d'une expérience fine visant à mettre en évidence l'incidence d'un paramètre secondaire (uni), on a imposé des critères de choix des sections assez sévères :

- section droite, longueur minimale 800 m - 1000 m,
- en palier (déclivité maximal ± 1%),
- visibilité minimum 500 m en aval et en amont à partir du point de mesure,
- point de mesure situé au minimum 200 m après le dernièr virage,
- largeur de chaussée constante 7,0 m ± 0,2 m,
- accôtement droit d'au minimum 1,80 m (sans plantation),
- aucune limitation particulière de vitesse,
- sections en rase campagne, sans croisement ni passage de piétons.

Finalement on a retenu 12 sections (d'étude) sur des itinéraires devant faire l'objet de travaux de renforcement en 1984 et 7 sections sans travaux (témoin, voir § 5.2.2.). Le tableau 37 présente une liste de ces sections. Dans l'annexe on peut consulter les plans des sites sélectionnés.

Tableau 37. Sections de mesures de vitesses

N°	Code CETE	N° dans CETE	CETE	Departement	Route	PK	Sens	Remarques
1	1	1	Lille	Somme	RN 17	4+100	+	étude
2	1	2	Lille	Oise	RN 17	54+700	+	étude
3	1	3	Lille	Somme	RN 17	14+000	+	témoin
4	2	1	Rouen	Indre	RN 143	67+000	+	étude
5	2	2	Rouen	Indre et Loire	RN 143	24+300	+	étude
6	2	3	Rouen	Indre	RN 143	74+800	+	témoin
7	3	1	Nantes	Ille et Villaine	RN 137	7+500	-	étude
8	3	3	Nantes	Loire Atlantique	RN 137	78+800	-	témoin
9	4	1	Bordeaux	Gers	RN 21	28+100	-	étude
10	4	3	Bordeaux	Gers	RN 21	19+500	-	témoin
11	5	1	Aix	Bouches du Rhône	RN 113	54+300	-	étude
12	5	2	Aix	Bouches du Rhône	RN 113	57+000	-	étude
13	5	3	Aix	Bouches du Rhône	RN 113	24+200	-	témoin
14	6	1	Lyon	Isere	RN 90	31+700	+	étude
15	6	2	Lyon	Isere	RN 90	34+000	+	étude
16	6	3	Lyon	Isere	CD 523	28+200	+	témoin
17	8	1	Paris	Seine et Marne	RN 19	24+000	-	étude
18	8	2	Paris	Seine et Marne	RN 19	21+000	-	étude
19	8	3	Paris	Seine et Marne	RN 19	28+700	-	témoin

5.2.2. Principes des mesures

Les principes de mesure adoptés ont été les suivants :

- A chaque section est associé sur le même itinéraire un témoin assez proche présentant des caractéristiques de géometrie et de trafic similaires, mais qui ne faisait pas l'objet de travaux en 1984.

- Pour chaque section on a relevé précisement les caractéristiques de la géometrie, de la signalisation et du revêtement des chaussées, avant et après travaux.

- Les sections font l'objet d'un relevé d'uni, avant et après travaux, les témoins n'étant auscultés qu'une seule fois.

- Chaque section fait l'objet de deux campagnes de mesure de vitesse, avant et après travaux .

- Les mesures de vitesse sont effectuées simultanément sur chaque section de mesure et sur le témoin correspondant, à l'aide de deux analyseurs de vitesse, pendant 72 heures continues choisies dans une plage du lundi midi au vendredi midi, hors période de congés scolaires et de jours fériés.

- Afin d'apprécier l'incidence du facteur nuit et du facteur niveau de trafic, la période de 72 heures est décomposée en 3 fois 11 périodes pour lesquelles on fournit un histogramme des vitesses mesurées.

- En complément, on a recensé à certaines heures les véhicules légers (VL) et les poids lourds (PL, silhouettes g,h,j d'après |93|).

- On a noté aussi certaines conditions rencontrées par l'usager (vent, pluie, brouillard, chaussée mouillée) susceptibles de modifier les vitesses pratiquées.

La première série de mesures de vitesses a été réalisée avant les travaux préparatoires, au printemps 1984. Les mesures après l'achèvement des travaux étaient prévues à l'automne 1984, mais à cause de retards dans les travaux et de conditions climatiques défavorables, ces mesures ont été réalisées au printemps 1985.

Les mesures de vitesse ont été réalisées avec l'analyseur dynamique de vitesse type SETRA/CETE de Rouen ou Sterela. Dans les deux cas il s'agit d'appareils automatiques qui peuvent être laissés sur le bord d'une route; ils comportent deux ou trois tuyaux pneumatiques (distants, en général de 1 m, fixés en travers de la chaussée) et un boitier à l'intérieur duquel sont enregistrées les vitesses des véhicules par classe de vitesse. Ces appareils à grande autonomie, permettent d'obtenir pour chaque site un histogramme des vitesses.

Les appareils de mesure disposent d'un dispositif d'inhibition permettant de ne pas enregistrer la vitesse d'un véhicule très proche du véhicule précédent (temporisation qui était fixée à 0,5 sec.).

L'appareil type SETRA/CETE de Rouen nécessite un relevé manuel après chaque période retenue, le type Sterela mémorise automatiquement à chaque heure les données recueillies. De plus, en fonction du logiciel utilisé, l'appareil type Sterela distingue aussi les poids lourds.

Pour les sites où la mesure de vitesse était effectuée avec l'appareil type SETRA/CETE de Rouen les relevés ont été effectués aux heures suivantes : 12, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 6, 7, 8, 9.

Il y a donc trois groupes de données :

- VL, PL séparément, relevés à chaque heure,
- VL et PL ensemble, relevés à chaque heure,
- VL et PL ensemble, relevés à certaines heures.

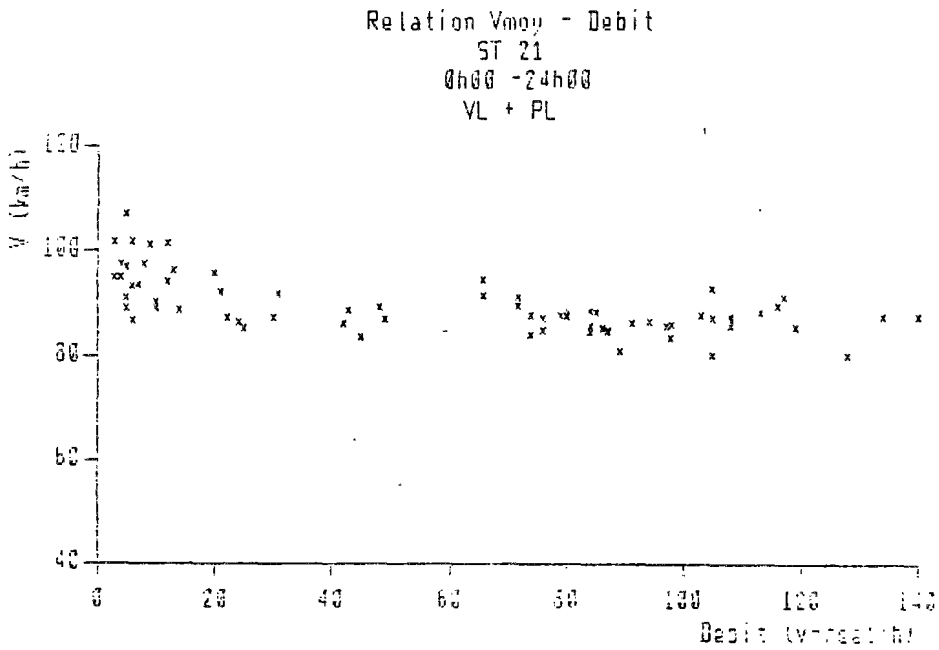
Parmi les 12 sites, 2 d'entre eux (numéros 11 et 12 du tableau 73) préalablement choisis et auscultés avant travaux n'ont pas fait l'objet de travaux en 1984 (diminution de credits).

5.3. Sélection et quantification des données

5.3.1. Limites de débit horaire

Les mesures effectuées avec un analyseur type Sterela dépouillées à l'aide d'un logiciel developpé (distinction des PL et VL) ont servi pour vérifier les méthodes de traitement de mesure.

En analysant les vitesses (moyenne, v85 - vitesse dépassée par 85% des véhicules, v15 - vitesse dépassée par 15% des véhicules) et les écart-types en fonction du débit horaire on trouve (voir la figure 50) deux zones. La première qui se situe jusqu'à la valeur de 20-30 véh/h montre des écart-types variés (de 10 km/h à 25 km/h) et des vitesses également supérieures.



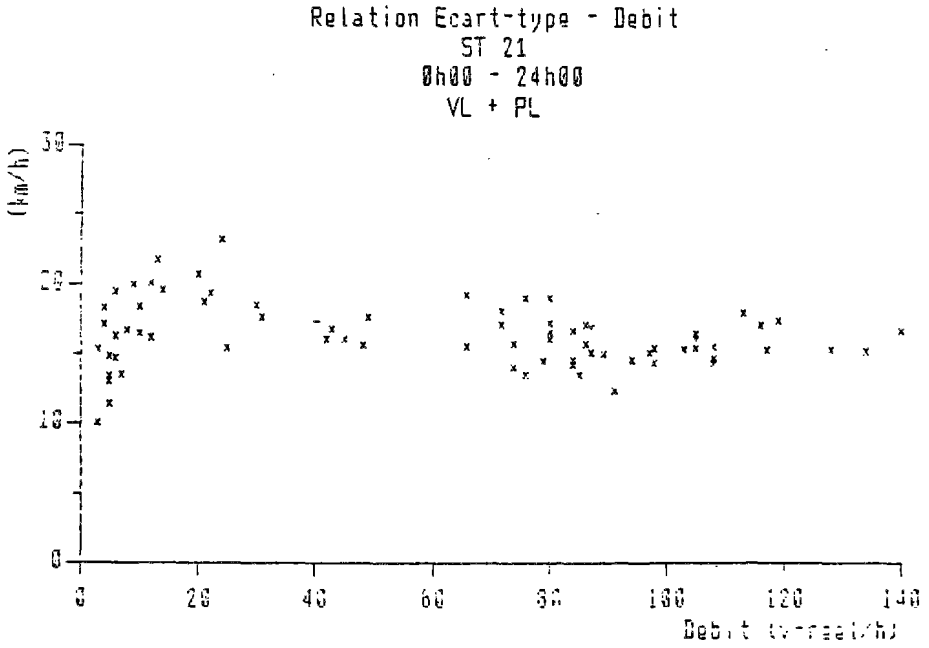


Figure 50.

La deuxième, au-dela de 30 véh/h présente des points assez serrés. En comparant les débits horaires et les heures de mesure (voir la figure 51) on voit que les débits inférieurs à 30 véh/h se produisent entièrement pendant la nuit. Dans la mesure où la nuit représente pour le trafic des conditions différentes et en tenant compte de la relation décrite ci-dessus on a distingué dans l'analyse les périodes de nuit (21 heures - 6 heures) et les périodes de jour (6 heures - 21 heures).

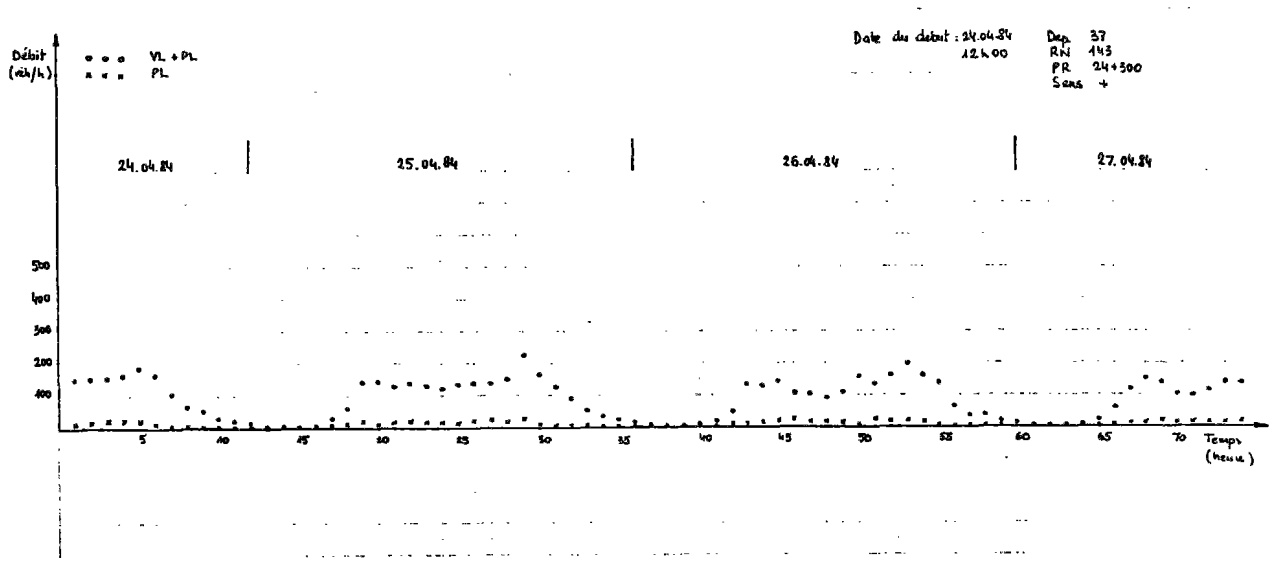


Figure 51. Débits horaires sur le site n° 5; mesures avant travaux

Le débit horaire est un facteur qui influence considérablement la vitesse. Comme principe de cet essai, on a retenu des conditions ne conduisant à aucune gêne pour les véhicules. On trouve une certaine stabilisation de vitesse dans le domaine du débit mais uniquement jusqu'à une valeur proche de 150 véh/h. A partir de cette valeur la probabilité pour que les véhicules se suivent à moins de 2 sec. dépasse en moyenne 10% (de 6% à 16% en fonction de la loi de distribution, voir la figure 52) |83|. Ce phènomène se traduit aussi par une diminution théorique et pratique de la vitesse (voir la figure 53).

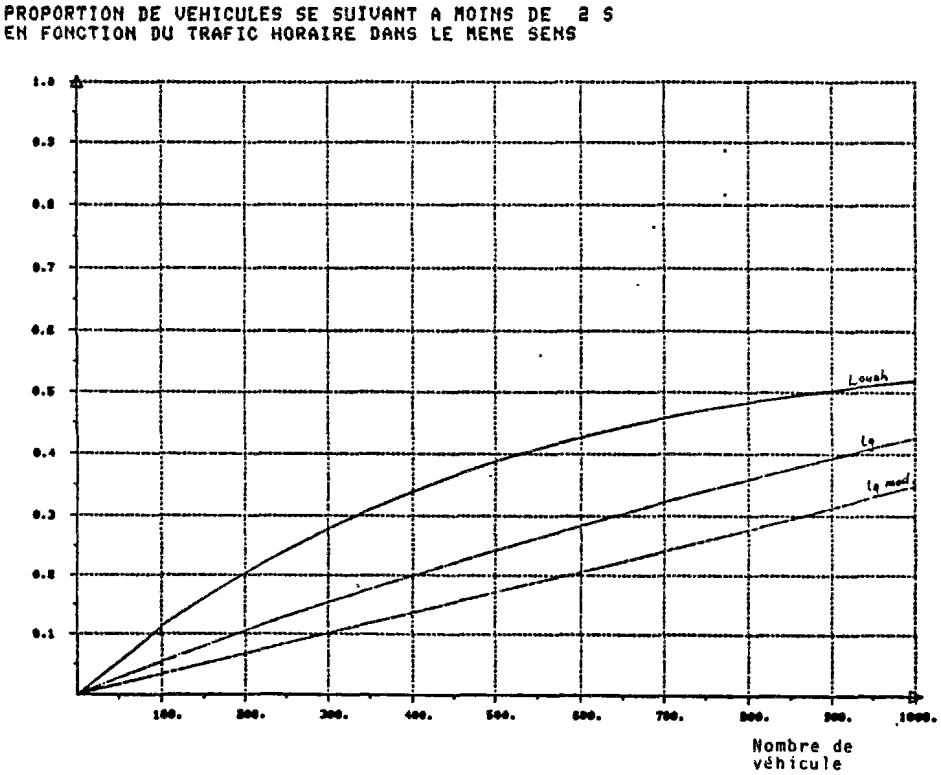


Figure 52. D'après |83|

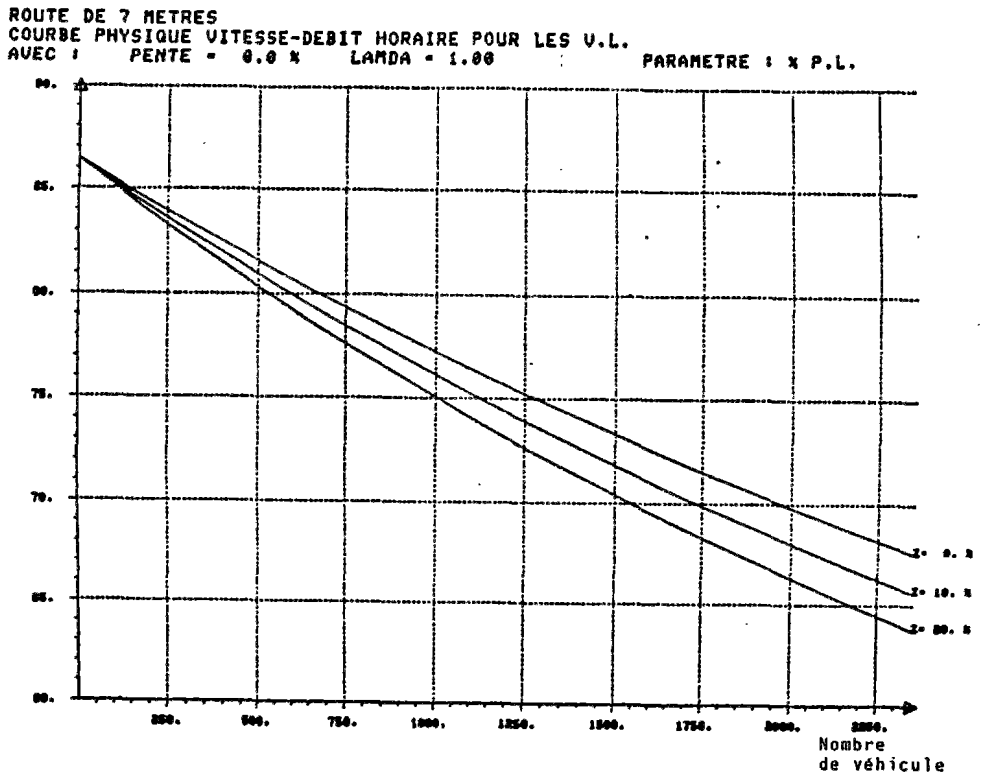


Figure 53. Relation vitesse - débit horaire d'après |82|

Finalement, la deuxième zone est limitée par le débit de 150 véh/h. Les périodes caractérisées par un débit supérieur à 150 véh/h sont négligées.

5.3.2. Trafic des poids lourds et des véhicules légers

L'existence dans le trafic de deux groupes de véhicules (légers et poids lourds) doit être considérée dans toute recherche sur la vitesse du trafic. La limitation de vitesse des poids lourds et différentes caractéristiques dynamiques font distinguer, en général, ces deux groupes de véhicules au niveau de la vitesse moyenne. Cette distinction n'est pas négligeable non plus pour le calcul des coûts des usagers.

Malheureusement, la distinction automatique de ces deux groupes de véhicules n'est pas toujours possible (inconvénient technique des outils de mesures).

Dans la bibliographie on peut trouver de multiples méthodes de décomposition d'un histogramme en composantes gaussiennes |76|. Parmi ces méthodes, celle proposée par Bhattacharya |75| a trouvé une application directe dans le domaine du trafic routier |78|, à partir d'histogrammes de vitesse de même nature que les nôtres.

Cette méthode, graphique à l'origine, a été récement automatisée |78|. Elle n'implique aucune hypothèse a priori sur le nombre de composantes du mélange, mais suppose qu'au voisinage d'un mode, les autres populations ont une influence négligeable.

Cette méthode nécessite un nombre total d'individus suffisant (sans préciser de limite).

Une vérification de l'efficacité de cette méthode a été faite sur 2 groupes de données :

- histogrammes horaires (ayant un nombre de véhicules enregistré supérieur à 100),
- histogrammes cumulés par 24 heures et 72 heures en continu.

Pour le premier groupe on peut remarquer :

(1) Sur 320 histogrammes vérifiés, dans 55 cas uniquement la méthode a permis de décomposer les histogrammes (dans les autres cas, une population seulement était sélectionnée).

(2) Parmi les histogrammes décomposés, 90% de cas donnent une population de véhicules rapides et une de très rapides.

(3) Pour les décompositions théoriquement correctes (au niveau de la vitesse) les pourcentages des deux populations étaient manifestement faux.

Pour le deuxième groupe on conclut :

(1) Sur 26 histogrammes uniquement 8 pour 24 heures et sur 8 uniquement 2 pour 72 heures ont été décomposés.

(2) Les remarques (2) et (3) faites à propos du premier groupe s'appliquent également ici.

(3) La comparaison des vitesse moyennes réelles et décomposées par la méthode de Bhattacharya (dans les cas où cette méthode ne précise qu'une population on retient $v_{moy}(VL) = v_{moy}(PL)$) donne :

-Pour les VL (voir la figure 54) les valeurs vraiment décomposées (points entourés) sont en général trop grandes (liées avec les valeurs très basses de vitesse de PL), par contre l'ensemble de points reste au-dessous des valeurs réelles.

-Pour les PL (voir la figure 55), sauf quelques points avec une vitesse proche de 40 km/h, la décomposition donne des vitesses plus grandes qu'en réalité.

Finalement, cette méthode ne permet pas une décomposition automatique des histogrammes proposés.

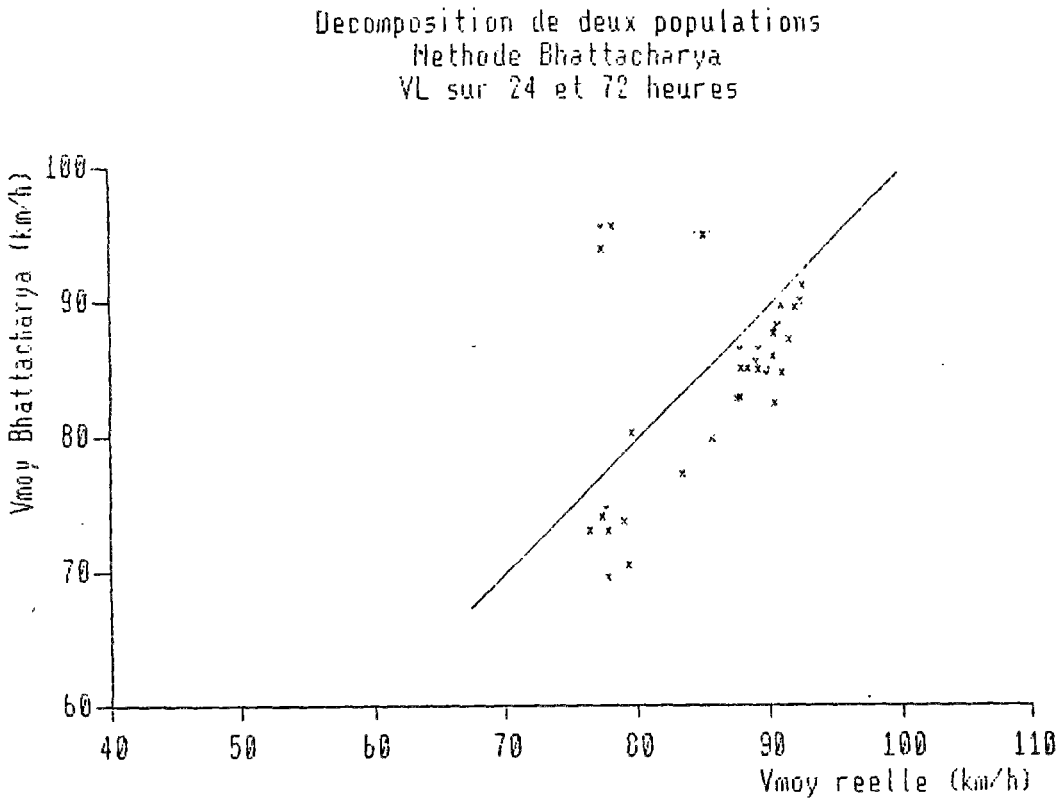


Figure 54.

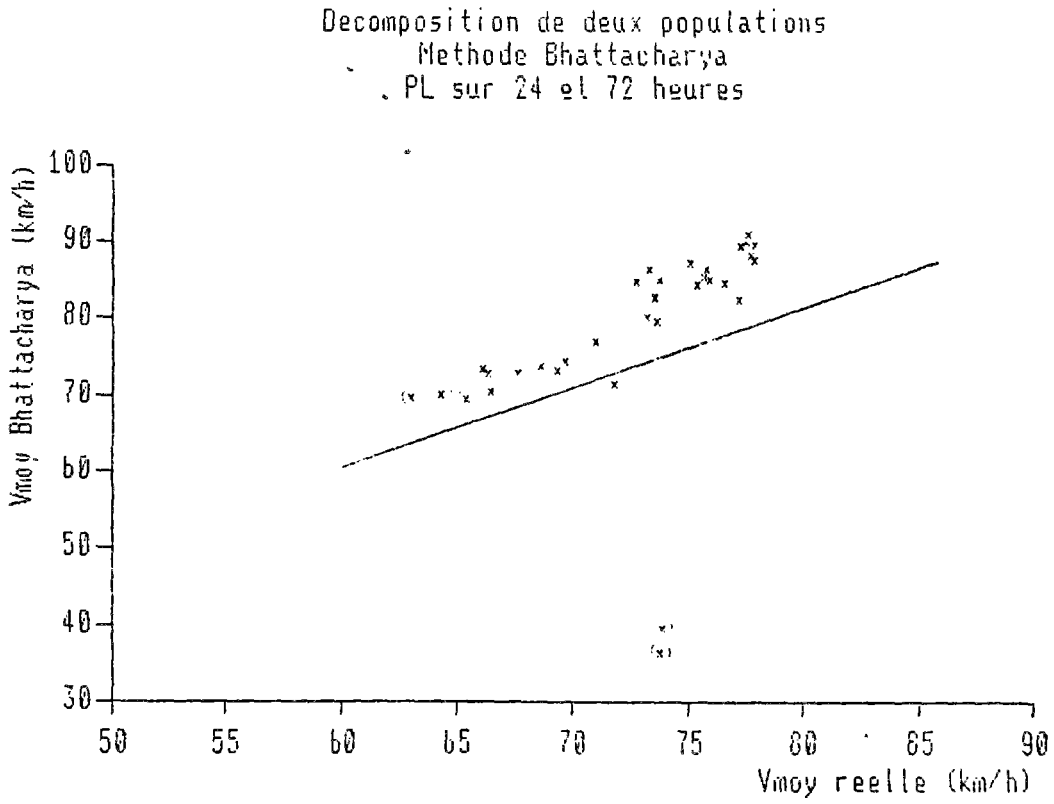


Figure 55.

5.3.3. Uni des sections

Les sites sélectionnés pour la mesure de vitesse ont fait l'objet de mesures d'uni avec l'APL-72.

En général, on a mesuré l'uni en aval (1 - 2 PR) et en amont (3 - 4 PR) du point théorique de mesure de vitesse pour chaque site.

Les auteurs |87,91| soulignent la necessité de lissage des caractéristiques en amont du point d'observation jusquà 2000 m et plus . En aval, l'uni n'a pas d'influence sur la vitesse déjà mesurée mais, par précaution (décalage eventuel des points de mesure de la vitesse et de l'uni) on a ajouté 1 PR. En pratique, dans la zone de lissage on a introduit une zone autour du point théorique de mesure de vitesse qui se caractérise par un uni quasi-homogène.

On a calculé, pour chaque gamme d'onde la valeur moyenne et l'écart-type de la note d'uni, mais on a aussi mémorisé la note minimale obtenue sur la section prise en compte.

Certaines des sections retenues pour l'analyse n'ont pas été auscultées avant les travaux par l'APL-72.

Les résultats de mesures avant et après travaux sont présentés dans le tableau 38.

Tableau 38. Uni des sites (1984 et 1985)

Site	1984			1985			Paramètre
	PO	MO	GO	PO	MO	GO	
1	3,44 0,92 1	4,52 1,36 2	5,52 0,82 4	6,13 1,06 9	8,25 1,06 7	7,13 1,02 6	Note moy. (N) Ecart-type (S) Note min (Nmin)
2				6,15 0,99 4	8,25 1,86 4	7,15 1,79 4	N S Nmin
3	VOIR	UNI	1985	6,27 0,59 5	7,20 1,01 6	6,73 1,22 5	N S Nmin
4				7,94 1,39 6	5,94 0,68 5	5,19 1,11 3	N S Nmin
5				6,13 0,72 5	7,00 0,92 6	7,25 1,24 4	N S Nmin
6	VOIR	UNI	1985	4,97 1,55 2	4,21 1,67 2	4,64 1,91 1	N S Nmin
7				6,35 0,79 5	6,94 0,97 5	5,65 1,27 4	N S Nmin
8	VOIR	UNI	1985	6,81 1,17 5	7,06 0,57 6	5,88 1,16 4	N S Nmin

Site	1984			1985			Paramètre
	PO	MO	GO	PO	MO	GO	
9	2,10 0,31 2	2,20 0,52 1	4,15 1,60 1	5,85 0,59 7	6,45 0,60 6	5,30 1,53 2	N S Nmin
10	VOIR	UNI	1985	6,05 1,27 4	5,43 0,83 3	5,58 1,07 3	N S Nmin
14				5,30 0,80 4	6,75 1,74 4	5,20 1,44 3	N S Nmin
15				5,95 0,60 5	7,70 1,30 4	5,90 1,07 3	N S Nmin
16	VOIR	UNI	1985	5,85 0,59 4	6,30 1,56 4	5,95 1,23 3	N S Nmin
17	4,85 0,37 4	6,45 0,51 6	6,70 1,42 3	7,75 0,58 7	8,24 0,75 7	5,59 1,28 3	N S Nmin
18	4,40 0,37 4	6,40 0,82 5	5,71 1,31 3	7,80 1,01 6	8,67 0,90 7	5,80 1,01 4	N S Nmin
19	VOIR	UNI	1985	7,79 0,70 7	8,14 0,95 7	5,86 0,77 5	N S Nmin

5.4. Traitement statistique des données

5.4.1. Comparaison de la vitesse et de l'uni avant et après renforcement

Tableau 39. Resultats des mesures de vitesse

N°	Code	V		S		Nombre de véh	
		1984	1985	1984	1985	1984	1985
1	111/141	82.7	98.6	22.9	20.1	13240	10950
	112/142	90.4	80.4	22.7	26.7	4280	3210
2	121/151	88.9	94.0	20.1	16.1	17050	22500
	122/152	93.0	83.5	22.1	23.6	6620	3650
3	131/161	89.3	90.6	20.6	19.3	18960	4940
	132/162	90.9	77.6	22.2	24.8	7710	5610
4	211/241	87.0	100.6	16.1	17.2	30801	19730
	212/242	91.6	103.4	18.2	17.7	3060	2020
5	221/251	88.9	101.6	17.1	17.4	39150	14880
	222/252	88.9	99.3	18.5	18.3	5280	2380
6	231/261	85.6	92.4	16.1	16.3	32241	19190
	232/262	87.4	93.1	18.2	16.1	3940	1640
7	311/341	87.8	89.4	13.5	14.8	30680	11250
	312/342	86.0	88.1	13.3	15.6	7170	3360
8	331/361	88.2	91.2	14.5	13.1	32850	9060
	332/362	87.5	89.3	15.3	13.9	6570	3860
9	411/441	84.5	91.7	17.5	18.1	32831	20910
	412/442	89.5	94.6	18.3	17.2	4500	3230
10	431/461	91.3	96.8	16.6	16.4	34340	27990
	432/462	94.3	95.2	15.4	15.3	3170	2520
11	611/641	87.3	88.1	17.1	17.4	26630	30660
	612/642	90.3	90.5	15.5	17.3	2110	2370
12	621/651	88.1	93.0	19.0	17.2	24240	36710
	622/652	91.5	97.4	16.7	19.3	2520	2600
13	631/661	92.6	95.8	18.9	18.0	22340	30750
	632/662	95.4	95.4	18.1	18.6	4420	4500
14	811/841	85.1	92.3	22.2	22.9	7250	9890
	812/842	88.7	91.9	23.8	23.2	5250	10070
15	821/851	89.3	99.2	18.4	21.1	7930	7240
	822/852	89.6	96.4	18.6	18.7	7180	6820
16	831/861	87.2	90.7	21.9	20.2	10490	12190
	832/862	84.1	89.9	19.2	20.7	8080	10810

Code de site: premier chiffre - code du CETE (voir tableau 73),
deuxième chiffre - n° du site dans CETE,
troisième chiffre - 1 (jour), 2 (nuit).

* - désigne les sections ayant fait l'objet des travaux.

A chaque section de mesure est associée une section témoin qui donne la base de comparaison entre les vitesses mesurées avant et après travaux.

Les résultats des mesures (vitesse moyenne et écart-type) sont présentés dans le tableau 39.

On remarque que pour toutes les sections (sauf les cas commentés ci-dessous) la vitesse après travaux est augmentée. Cette remarque est aussi bien valable pour les sections qui ont fait l'objet de travaux que pour les témoins qui n'ont fait l'objet d'aucun travaux. Cette augmentation est en moyenne égale à 6,7 km/h, mais peut atteindre 15,9 km/h.

La vitesse moyenne avant travaux reste dans la plage de 83 km/h à 94 km/h (moyenne 88,8 km/h), après travaux de 88 km/h à 103 km/h (moyenne 94,2 km/h). La vitesse v85 augmente aussi et dans des cas particuliers atteint 125 km/h (après travaux).

Par contre, les écart-types restent constants pour les mesures avant et après. On observe aussi que pour les sections de mesure et les témoins associés les écart-types ont des valeurs assez proches et varient de 13 km/h à 24 km/h.

On note une diminution importante de la vitesse (supérieure à 10 km/h) pour les sites 1, 2 et 3 pendant la nuit. Ces mesures ont été faites au mois de mars et il est probable que à cette époque, il y avait un risque de verglas pendant la nuit. Cette raison nous conduit à douter de la validité de ces mesure et à les supprimer.

Le test statistique de la norme NF X 06-055 |97| peut répondre à la question de savoir si les vitesses avant et après sont les mêmes (différence égale à 0). Dans tous les cas (sauf section témoin n° 16) la reponse est négative, c'est-à-dire qu'on observe toujours une différence statistiquement valable.

La norme NF X 06-054 |97| donne une estimation de la différence de deux populations (dans notre cas : avant et après travaux). Le tableau 40 regroupe les resultats de calculs pour un intervalle de confiance égal à 95%.

Dans la mesure où le trafic sur les témoins est plus rapide, on a corrigé les resultats obtenus. Les valeurs ainsi corrigées sont aussi présentées dans le tableau 40.
Après correction, l'augmentation de vitesse après travaux apparait toujours (moyenne de 3,4 km/h). Cette augmentation est un résultat de l'amélioration de l'uni qui apparait aussi.

Les résultats obtenus confirment un rapport |99| où l'augmentation de vitesse après renforcement (correction du tracé comprise) était de l'ordre 10%.

Tableau 40. Augmentation des vitesses lors de deuxième série de mesure

N°	Code	$\Delta\bar{V}$	Plage $\Delta\bar{V}$ conf. 95%	$\Delta\bar{V}_{cor}$	$S\Delta\bar{V}_{cor}$
1	111/141	15.9	15.4-16.4	15.1	0.81
	112/142	-10.0			
2	121/151	5.1	3.7-5.5	4.7	0.71
	122/152	- 9.5			
3	131/161	0.8	0.2-1.4		
	132/162	-13.3			
4	211/241	13.6	13.3-13.9	6.8	0.41
	212/242	11.8	10.8-12,8	6.1	1.39
5	221/251	12.7	12.4-13.0	5.9	0.45
	222/252	10.4	9.5-11.3	4.7	1.31
6	231/261	6.8	6.5-7.1		
	232/262	5.7	4.7-6.7		
7	311/341	1.6	1.3-1.9	-2.4	0.45
	312/342	2.1	1.5-2.7	0.3	0.83
8	331/361	3.0	2.7-3.3		
	332/362	1.8	1.2-2.4		
9	411/441	7.2	6.9-7.5	1.7	0.40
	412/442	5.1	4.3-5.9	4.2	1.13
10	431/461	5.5	5.2-5.8		
	432/462	0.9	0.1-1.7		
14	611/641	0.8	0.5-1.1	-2.4	0.43
	612/642	0.2	-0.8-1.2	0.2	1.22
15	621/651	4.9	4.6-5.2	1.7	0.44
	622/652	5.9	4.9-6.9	5.9	1.25
16	631/661	3.2	2.9-3.5		
	632/662	0.0	-0.8-0.8		
17	811/841	7.2	6.5-7.9	3.7	0.73
	812/842	3.2	2.4-4.0	-2.6	0.82
18	821/851	9.9	9.3-105	6.4	0.70
	822/852	6.8	6.2-7.4	1.0	0,71
19	831/861	3.5	3.0-4.0		
	832/862	5.8	5.2-6.4		

* - désigne les sections ayant fait l'objet des travaux.

Les figures 56, 57 et 58 présentent la relation entre la différence de vitesse corrigée et la différence de notes moyennées dans chaque gamme d'onde pour les sites où les mesures avant et après sont validées. Sur la figure 59 on peut retrouver la relation uni - vitesse; l'uni étant alors caractérisé par la somme des différences des notes des petites et grandes ondes. Sur la figure 60 l'uni est comparé aux seuils d'acceptabilité et d'inacceptabilité du tableau 72, selon la logique qui suit.

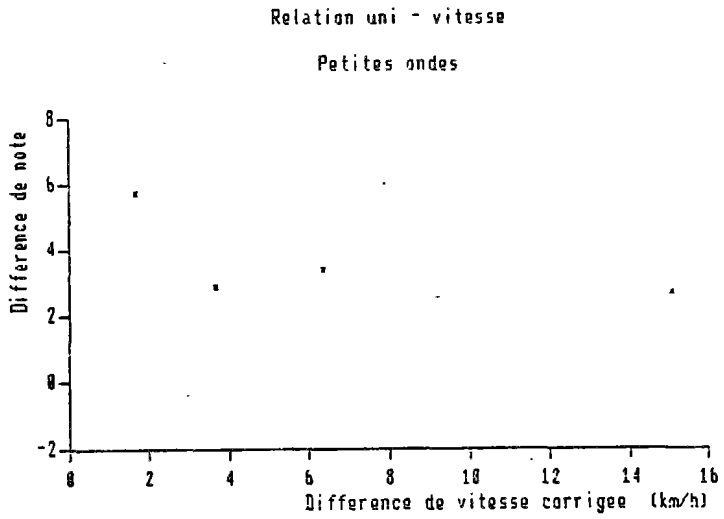


Figure 56.

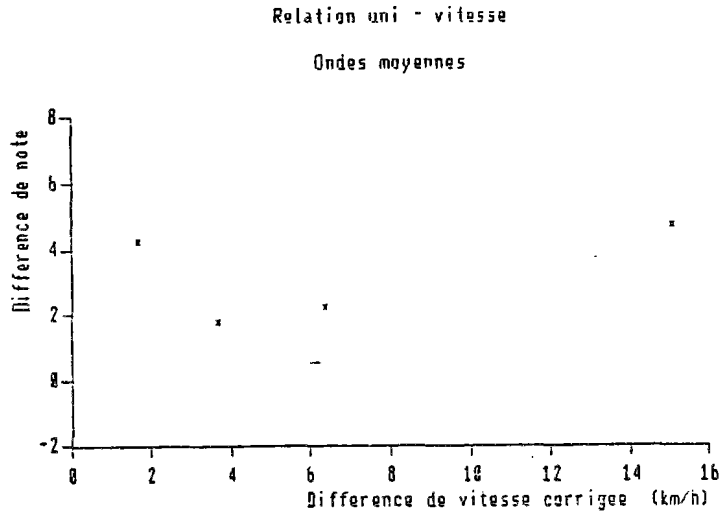


Figure 57.

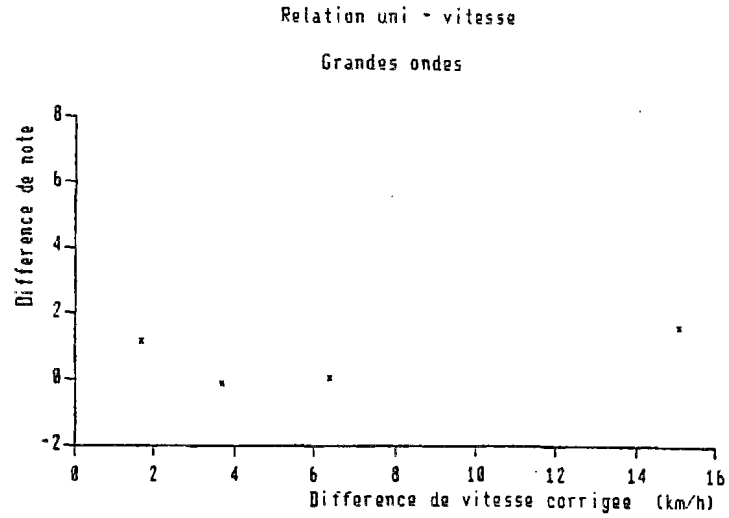


Figure 58.

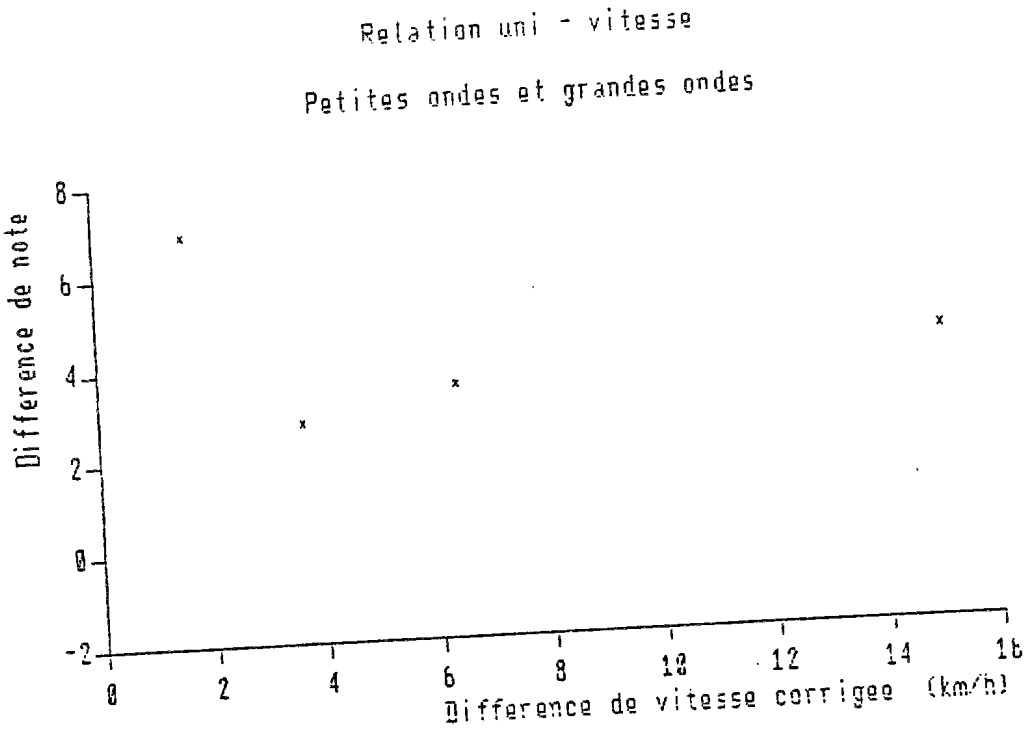


Figure 59.

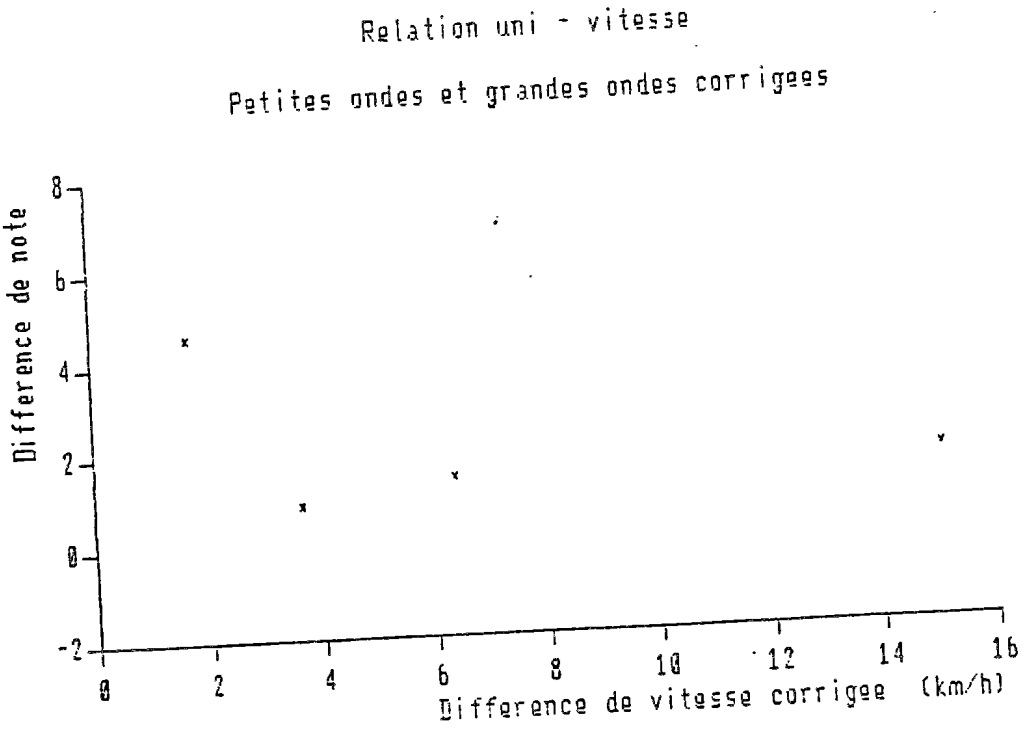


Figure 60.

Pour la mesure avant travaux on a

$$u_1 = S_1 - \text{note moyenne}$$

et pour la mesure après travaux

$$u_2 = \text{note moyenne} - S_2$$

si note moyenne > S_1 ====> $u_1 = 0$
si note moyenne < S_2 ====> $u_2 = 0$

où : - S_1 est le seuil d'inacceptabilité,
- S_2 est le seuil d'acceptabilité.

La quantification de l'uni est $u_1 + u_2$, la sommation étant effectuée pour les petites et grandes ondes.

Sur ces figures on peut retrouver une certaine tendance de répartition des points (surtout pour les petites ondes) mais le nombre de points est trop petit pour une analyse plus detaillée.

5.4.2. Relation générale vitesse - uni

Les figures 61, 62 et 63 présentent les relations entre la vitesse moyenne de jour et les notes d'uni dans chaque gamme d'onde. Les figures correspondantes pour les données de nuit, pour les écart-type et pour la vitesse v85 en fonction des notes moyennes et minimales figurent en annexe.

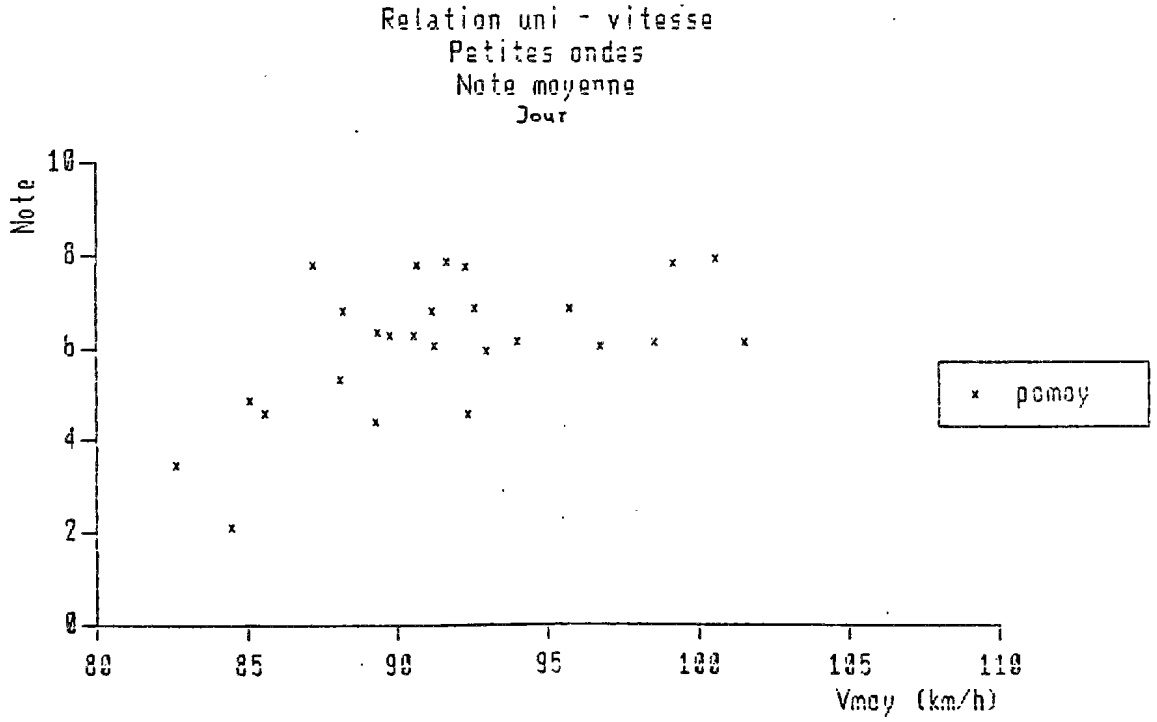


Figure 61.

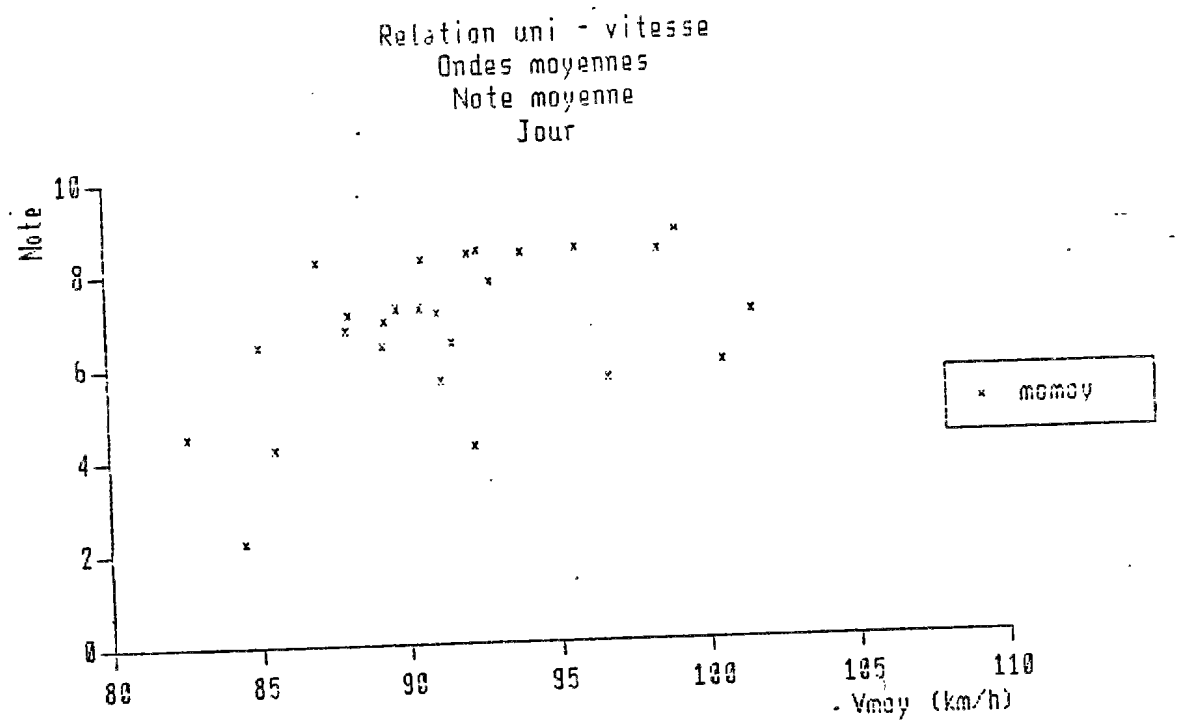


Figure 62.

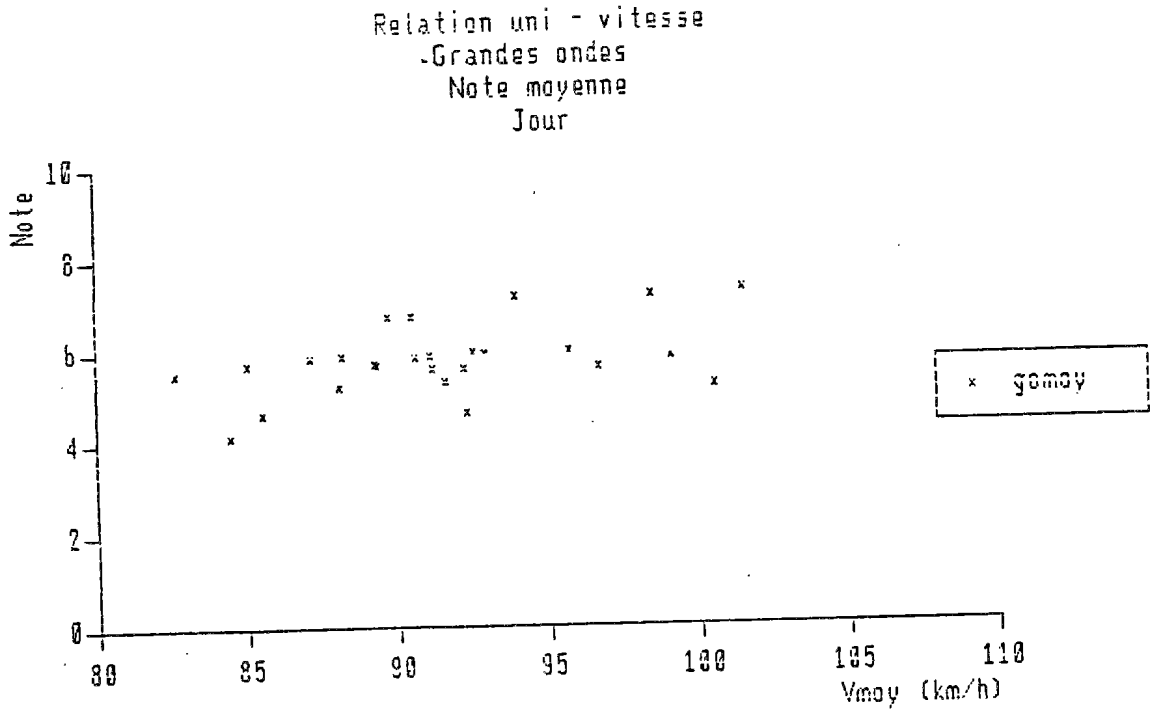


Figure 63.

Dans le tableau 41 on peut consulter la matrice de corrélation (pour les données de jour) entre toutes les variables proposées (à expliquer et explicatives).

Tableau 41. Matrice de corrélation des variables

	V N^{MIN}_{MD} lgN^{MIN}_{GO}	S_{VTT} N^{MIN}_{GO}	V85 CONST.	N_{PO} logV	N_{MD} lgV85	N_{GO} lgN_{PO}	S_{PO} lgN_{MD}	S_{MD} lgN_{GO}	S_{GO} lgN_{GO}	N^{MIN}_{PO} lgN^{MIN}_{MD}
V	1.00000 0.32454 0.26207	-0.13841 0.21744	0.90036 0.0	0.54080 0.99839	0.44387 0.91067	0.44717 0.54924	0.20425 0.44390	-0.03582 0.44234	-0.15173 0.48671	0.41021 0.38319
S_{VTT}	-0.13841 0.33382 0.28450	1.00000 0.30444	0.23924 0.0	0.06456 -0.14578	0.23518 0.23769	0.14047 0.02295	-0.51694 0.19250	0.13916 0.15465	-0.38260 0.04019	0.18904 0.24505
V85	0.90036 0.51580 0.33994	0.23924 0.31386	1.00000 0.0	0.57781 0.89499	0.54211 1.00492	0.42592 0.56196	-0.00570 0.51532	-0.04410 0.42884	-0.28536 0.53963	0.52018 0.51455
N_{PO}	0.54080 0.73786 0.52235	0.06456 0.44578	0.57781 0.0	1.00000 0.55221	0.76997 0.59395	0.37600 0.97715	0.10284 0.78685	-0.03190 0.42445	-0.41471 0.37240	0.89414 0.79076
N_{MD}	0.44387 0.77358 0.74663	0.23518 0.67496	0.54211 0.0	0.76997 0.45564	1.00000 0.55664	0.70062 0.80367	-0.21940 0.97745	0.21697 0.74150	-0.43266 0.73773	0.70009 0.84402
N_{GO}	0.44717 0.57010 0.79569	0.14047 0.79671	0.42592 0.0	0.37600 0.44828	0.70062 0.43492	1.00000 0.45340	-0.28495 0.70507	0.14832 0.99536	-0.32266 0.41948	0.35149 0.63100
S_{PO}	0.20425 -0.39422 -0.30700	-0.51594 -0.32519	-0.00570 0.0	0.10284 0.20583	-0.21940 -0.00540	-0.28495 0.16044	1.00000 -0.12646	0.18743 -0.27084	0.20422 -0.24239	-0.26609 -0.28747
S_{MD}	-0.03582 -0.21591 0.10252	0.13916 0.16492	-0.04410 0.0	-0.03190 -0.06185	0.21697 -0.04134	0.14832 0.05974	0.18743 0.22587	1.00000 0.17064	0.03077 -0.21791	-0.22362 -0.12385
S_{GO}	-0.15173 -0.46723 -0.73848	-0.38260 -0.69286	-0.28536 0.0	-0.41471 -0.14667	-0.43266 -0.28564	-0.32266 -0.37900	0.20422 -0.43176	0.03077 -0.37222	1.00000 -0.35262	-0.44519 -0.45585
N^{MIN}_{PO}	0.41021 0.84902 0.53031	0.18904 0.48427	0.52018 0.0	0.89414 0.41968	0.70009 0.53412	0.35149 0.83240	-0.26609 0.68200	-0.22362 0.38642	-0.44519 0.95555	1.00000 0.82831
N^{MIN}_{MD}	0.32454 1.00000 0.70873	0.33382 0.69727	0.51580 0.0	0.73786 0.32985	0.77358 0.52434	0.57010 0.72580	-0.39422 0.76853	-0.21591 0.60168	-0.46723 0.32652	0.84902 0.96700
N^{MIN}_{GO}	0.21744 0.69727 0.95929	0.30444 1.00000	0.31386 0.0	0.44578 0.21790	0.67496 0.31763	0.79671 0.47336	-0.32519 0.67052	0.16492 0.81470	-0.59286 0.46519	0.48427 0.69734
CONT	0.0 0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 1.00000	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0
lgV	0.99839 0.32985 0.26451	-0.14578 0.21790	0.89499 0.0	0.55221 1.00000	0.45564 0.90859	0.44828 0.56362	0.20583 0.45772	-0.06185 0.44943	-0.14667 0.49978	0.41968 0.39180
lgV85	0.91067 0.52434 0.34736	0.23769 0.31764	1.00492 0.0	0.59395 0.90859	0.55664 1.00000	0.43492 0.58205	-0.00540 0.53315	-0.04134 0.44390	-0.28564 0.55697	0.53412 0.52807
lgN_{PO}	0.54924 0.72580 0.55863	0.02295 0.47336	0.56196 0.0	0.97715 0.56362	0.80367 0.58205	0.45340 1.00000	0.16044 0.85170	0.05974 0.50601	-0.37900 0.33810	0.83240 0.81803
lgN_{MD}	0.44390 0.76853 0.76258	0.19250 0.67052	0.51532 0.0	0.78685 0.45772	0.97745 0.53315	0.70507 0.85170	-0.12646 1.00000	0.22587 0.75530	-0.43176 0.72194	[illegible] 0.87461
lgN_{GO}	0.44234 0.60168 0.83109	0.15465 0.81470	0.42884 0.0	0.42445 0.44943	0.74150 0.44390	0.99536 0.50601	-0.27084 0.75530	0.17064 1.00000	-0.37222 0.45054	0.38642 0.67431
lgN^{MIN}_{PO}	0.48671 0.82652 0.52472	0.04319 0.46519	0.53963 0.0	0.87240 0.49978	0.73773 0.55697	0.41948 0.83810	-0.24239 0.72194	-0.21791 0.45054	-0.35262 1.00000	0.95955 0.83731
lgN^{MIN}_{MD}	0.38319 0.96700 0.75421	0.24505 0.69734	0.51455 0.0	0.79076 0.39180	0.84402 0.52807	0.63100 0.81803	-0.28747 0.87461	-0.12385 0.67431	-0.45585 0.83731	0.82831 1.00000
lgN^{MIN}_{GO}	0.26207 0.70873 1.00000	0.28450 0.95929	0.33994 0.0	0.52235 0.26451	0.74663 0.34736	0.79569 0.55863	-0.30700 0.76258	0.10252 0.83109	-0.73848 0.52472	0.53031 0.75421

On peut remarquer la corrélation importante entre la vitesse et l'uni. Pour la vitesse moyenne et la v85 cette corrélation est plus forte avec les notes moyennées de l'uni ou leurs logarithmes (corrélation de l'ordre de 0,5).

On note aussi, la corrélation entre les écarts-types des vitesses et les écarts-types de l'uni (corrélation de l'ordre de 0,3).

Les corrélations obtenues sont meilleures pour les données de jour.

On remarque enfin la corrélation très forte entre les différentes notes d'uni c'est-à-dire entre notes des petites, moyennes et grandes ondes (coefficients de corrélation proches de 0,7).

La forme des nuages de points suggèrent de rechercher des relations utilisant :

- la fonction linéaire,
- la fonction exponentielle,
- la fonction logarithmique.

L'analyse de la matrice de corrélation montre que la fonction logarithmique n'augmente pas considérablement la corrélation entre les variables (par exemple pour les petites ondes changement de 0,54 à 0,60, pas de changement pour les autres ondes).

Les essais déterminant la meilleur puissance de la fonction exponentielle montrent que pour les petites ondes elle est proche de 1,06 et pour les ondes moyennes proche de 0,88. Le regroupement de points pour les grandes ondes et la plage de valeurs de cette variable assez restreinte suggère de retenir a priori la puissance égale à 1 (fonction linéaire).

Les formules avec une puissance différente de 1 améliorent peu l'efficacité des formules (5% de plus des cas expliqués); afin de ne pas compliquer on a donc retenu la fonction linéaire.

Parmis les variables explicatives on retient les notes moyennées des petites et grandes ondes. Les ondes moyennes sont en corrélation très forte avec les petites et grandes ondes et dans toutes les formules elles sont considerées comme non significatives. La signification des grandes ondes est à la limite du test statistique; la plage très étroite de variation de cette donnée peut en être la cause. On propose donc aussi une formule simplifiée, où uniquement les petites ondes interviennent.

Des formules ont été établies pour la vitesse moyenne et pour v85; cette dernière valeur conduit à un pourcentage de cas expliqués légèrement plus élevé.

L'utilisation des notes minimales d'uni (sur la section considerée) diminue considérablement le pourcentage des cas expliqués (inférieur à 18%), mais théoriquement (d'après l'analyse de la matrice de corrélation), on obtiendrait de meilleurs resultats en utilisant la moyenne des notes pour les petites ondes et la note minimale pour les grandes ondes. On ne trouve pas d'application de ce type de formule qui n'est donc pas étudiée.

Toutes les formules proposées concernent uniquement le trafic de jour. Aucune formule pour les données de nuit ne donne de resultats satisfaisants (pourcentage de cas expliqués très modéré - inférieur, en général, à 5%); de plus les tests ne retiennent ni formule ni variables comme statistiquement valables.

Comme tests statistiques on a utilisé le test de Fisher-Snedecor et de t-Student (voir |72|).

Les formules retenues sont les suivantes (mesures de jour):

(1) $V_{moy} = 80,42 + 1,8347*PO$

29,3 % de cas expliqués

(2) $V_{moy} = 71,85 + 1,4725*PO + 1,8627*GO$

36,2 % de cas expliqués

(3) $V_{85} = 86,25 + 2,0107*PO + 1,9426*GO$

38,5 % de cas expliqués

où : - PO, GO sont les notes moyennes sur une section (de 3 PR min.)

Les formules sont valables pour des notes PO comprises entre 2 et 8 et pour des notes GO comprises entre 4 et 7.

Les figures 64, 65 et 66 présentent les relations entre la vitesse mesurée (réelle) et estimée d'après les formules ci-dessus.

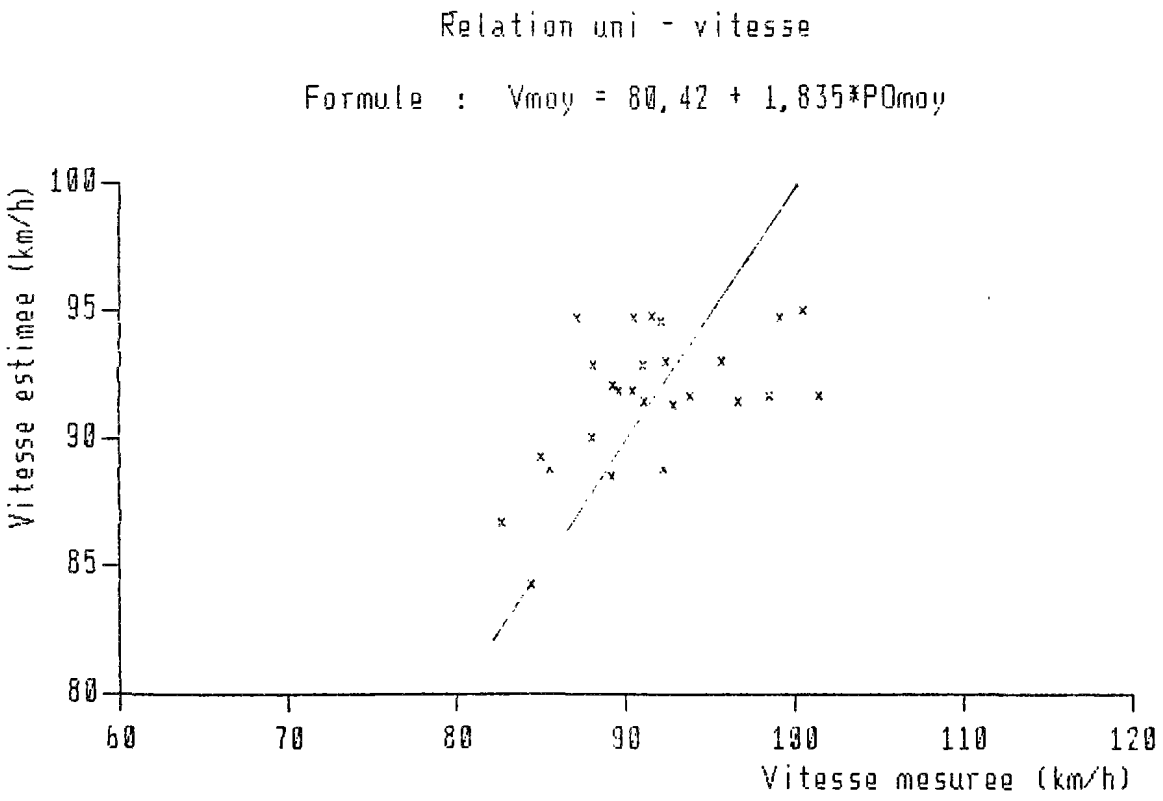


Figure 64.

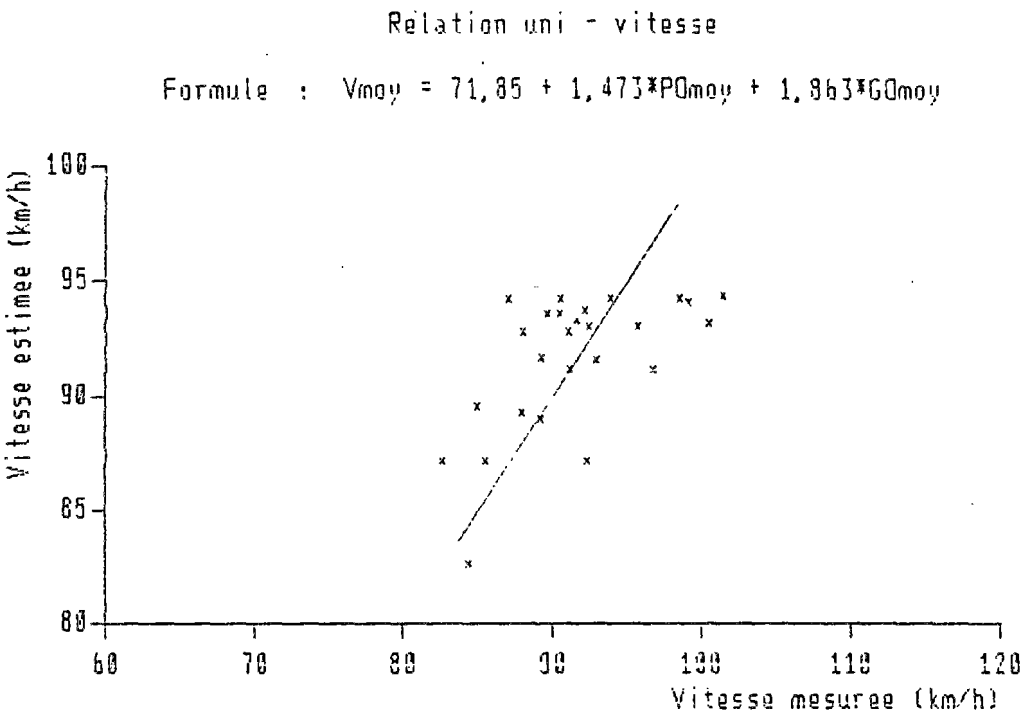


Figure 65.

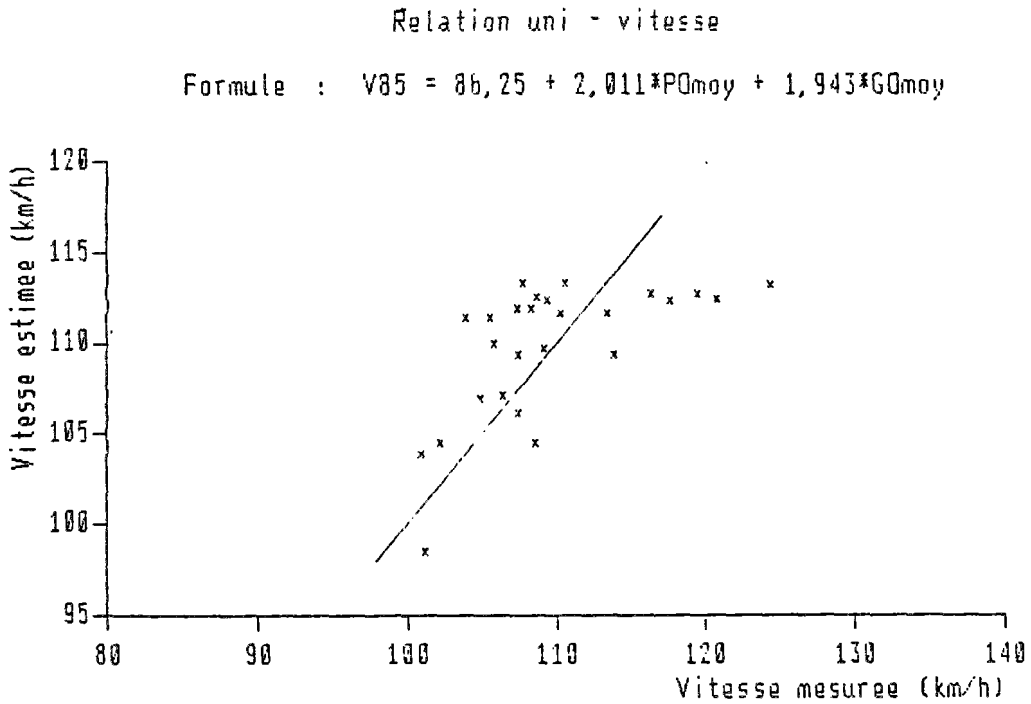


Figure 66.

5.4.3. Comparaison de resultats avec la vitesse de base

Les valeurs fournies par les rapports |77,96| (pour les mêmes conditions 77,6 km/h (PL) et 86,3 km/h (VL)) ne paraîssent pas correspondre à un état convenable de la surface des revêtements , mais il ne faut pas pas oublier la différence entre les principes retenus; ici on étudie uniquement l'influence de l'uni sur la vitesse (sélection des sites, conditions de mesure très sévères). Cette sélection place les mesures réalisées à la limite (ou au dehors) de la plage de validité des relations fournies par |77,96|.

Par contre l'instruction |94| paraît être plus réaliste. D'après la formule (1) (uniquement les petites ondes interviennent), pour la vitesse moyenne de 95,2 km/h l'uni doit être proche de 8,0. Pour les routes ayant un meilleur uni, la vitesse sera supérieure à 95,2 km/h.

La figure 67 présente la relation entre les petites et grandes ondes (notes moyennées) pour laquelle la vitesse reste égale à 95,2 km/h (d'après la formule (2)).

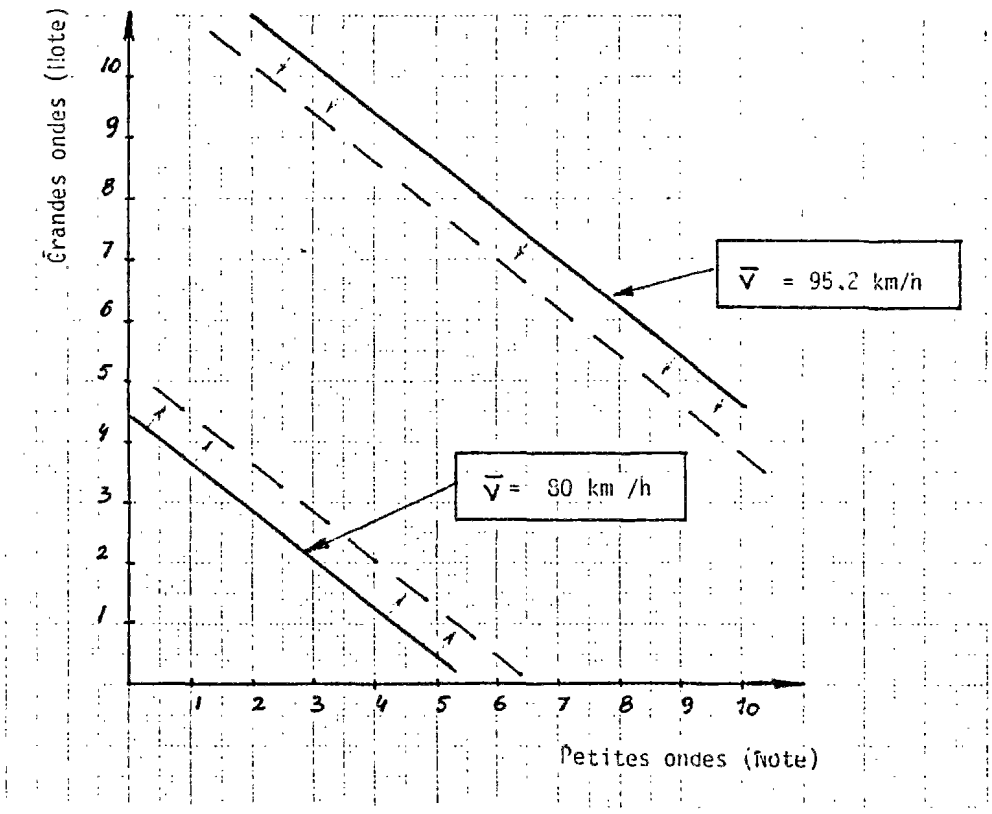


Figure 67. Relation petites et grandes ondes et vitesse de trafic

Il faut noter qu'aussi bien pour la formule (1) que pour la formule (2) cette limite doit être considérée comme par excés (à cause de la linéarité de la fonction utilisée, voir les figures 64, 65 et 66).

Pour les seuils d'acceptabilité proposés par |86| et mentionnés au tableau 36 on obtient :

- seuil d'acceptabilité de la route (N_{PO} = 7, N_{GO} = 7) ====> v = 95,2 km/h
- seuil d'inacceptabilité (N_{PO} = 5, N_{GO} = 5) ====> v = 88,5 km/h

5.5. Conclusions sur la relation uni - vitesse

Dans les conditions françaises l'uni influence la vitesse du trafic. Cette influence a été déterminée ici uniquement pour des débits inférieurs à 150 véh/h (véhicule non gêné par le trafic) et pour des conditions de trafic favorables (sinuosité nulle, visibilité suffisante, largeur de voie proche de 3,5 m et sans gêne particulière). L'expérience de cette recherche conduit aux conclusions suivantes:

- La méthode de Bhattacharya de distinction automatique des histogrammes ne convient pas pour le problème traité ici. Probablement l'écart entre les populations de véhicules légers et de poids lourds est insuffisant pour une décomposition automatique (dans notre cas cet écart est de 10 - 15 km/h avec des écart-types de 8 - 15 km/h). Par contre cette méthode peut être exploitée dans les cas où deux groupes de trafic se distinguent plus nettement (par exemple sur rampes).

- L'analyse de la vitesse du trafic est très delicate surtout lorsqu'il s'agit de mettre en évidence l'influence d'un facteur secondaire, comme l'uni dans les conditions françaises. Il y a un grand nombre de facteurs, principaux et secondaires, qui peuvent influencer la vitesse et le choix de sites est déjà très difficile. On ne peut pas avoir plusieurs sites strictement équivalents; il y a toujours un problème de tolérance qui ne peut être résolu que par appréciation personnelle. Dans le cadre de cet étude tous les sites ont été verifiés par l'auteur personnellement; ce contôle et la surveillance soigneuse des sites pendant les mesures assurent donc des conditions de trafic quasi-homogènes pour l'analyse. A priori, on ne trouve donc sur ces sections qu'un effet lié aux variations de l'uni.

- La grande dispersion des résultats obtenus pour le trafic de nuit peut être traduit par le caractère bien spécifique de ce trafic ; certains automobilistes profitent de l'occasion (trafic quasi-nul et contrôles rares) pour enfreindre toutes les prescriptions alors que d'autres conducteurs, prudents, trouvent les conditions de nuit exceptionnelles et roulent donc moins vite que la normale. L'augmentation du pourcentage de trafic lourd sur certains itinéraire peut jouer aussi un rôle important.

- La vitesse moyenne, même pour les sites de mauvais uni reste proche de 85 km/h ; elle est en général supérieure à 90 km/h (limitation générale). Pendant la nuit la vitesse moyenne augmente , reste toujours supérieure à 100 km/h et peut atteindre 125 km/h.

- Les formules proposées, linéaires, font intervenir les notes moyennées des petites et grandes ondes uniquement. Les notes des moyennes ondes, corrélées fortement avec celles des petites et des grandes ondes ne sont pas significatives dans les formules. La plage de variation introduite dans l'analyse de régression est de 2 à 8 pour les petites ondes et de 4 à 7 pour les grandes ondes. L'extrapolation au-dela de ces limites est risquée surtout pour les grandes ondes.

- Pour la vitesse de base retenue par les directives pour des conditions équivalentes (sous l'hypothèse d'uni bon) égale à 95,2 km/h, la vitesse peut aller de 82,4 km/h pour une note moyenne de petites ondes (N_{PO}) égale à 2 et une note moyenne de grandes ondes (N_{GO}) égale à 4 (limite inférieure de données inclue dans la régression), à 96,7 km/h pour $N_{PO} = 8$ et $N_{GO} = 7$ (limite supérieure).

- Le pourcentage des cas expliqués proche de 40% paraît être élevé, si compte de ce que l'analyse porte sur un seul paramètre (uni) qui est souvent considéré comme secondaire.

6. CONCLUSIONS GENERALES

Le but général de cette recherche, vérifier la possibilité de l'introduction de l'uni comme facteur d'un modèle français de gestion des chaussées, nous a posé des questions fondamentales sur la précision de l'appareil (APL-72) et sur le phénomène de l'uni des chaussées. On a trouvé des réponses positives à ces questions.

- On peut utiliser l'APL-72 pour la gestion d'un réseau routier. Les notes sont discriminantes sauf pour les valeurs les plus elevées de l'échelle de notation.

- L'uni des chaussées françaises évolue dans le temps et peut donc constituer une variable interessante dans une stratégie de gestion, de plus cet évolution peut s'exprimer en utilisant les notes APL.

- Influant notablement les vitesses des usagers, l'uni des chaussées constitue un élément important du service offert.

Les conclusions présentées dans ce chapitre ont un caractère général; des conclusions plus détaillées sont fournies aux paragraphes 2.6., 3.7., 4.8. et 5.5. .

6.1. Conclusions sur la recherche poursuivie

6.1.1. Appareils de mesure

- Les systèmes de base intermédiaire de mesure (géométrique ou inertielle) présentent des avantages importants si on les compare aux appareils de base dynamique (RRTMS), parce que leurs mesures sont plus objectives, les résultats n'étant pas liés au véhicule servant pour la mesure. Les appareils du type APL sont sujets à des variations de leurs caractéristiques dynamiques dans le temps. En comparant avec les appareils du type RRTMS, les variations de ces derniers sont (grâce à leur système de base intermédiaire et grâce à leur système mécanique plus simple) plus controlables .

- Les résultats de l'analyse des facteurs déterminant la précision de l'APL-72 permettent d'envisager d'augmenter la précison de mesure (voir § 6.2.2.); par ailleurs pour les mesures de recherche (par exemple le suivi des sections témoins) il faut contrôler soigneusement les facteurs secondaires qui influencent l'analyse ultérieure (par exemple point de départ, pression dans le pneumatique, précision de la mesure de longueur, vitesse de mesure et conditions de dépouillement des résultats).

- L'APL-72 mesure l'uni sur une "ligne" uniquement (par remorque) ce qui pose des problèmes de reproductibilité de mesure. L'expérience faite dans le cadre de cette recherche montre que la dispersion des résultats obtenus (qui est d'ailleurs évidente) ne met pas en cause la précision des mesures.

- On a montré que l'influence des variations de la fonction de transfert dans le temps est la plus importante dans le domaine des petites ondes (en termes d'énergie 34% de l'erreur totale possible), que la plage de vitesse des mesures actuellement appliquée provoque un erreur allant jusqu'à 28% de l'erreur totale (énergie) et que l'instabilité dans le temps de la fonction de transfert de la chaîne est une source importante d'erreur (pour les grandes et moyennes ondes jusqu'à 50% d'erreur totale).

- La comparaison de résultats de mesures effectuées avec l'APL-72 est statistiquement possible en utilisant la distribution des erreurs qui a été établie dans cette recherche. En général, la précision $\pm$ une classe est retenue, mais pour les notes des grandes ondes inférieures à 4, pour les notes des ondes moyennes supérieures à 8 et surtout pour les notes des petites ondes supérieures à 6 on peut avoir (dans des cas particuliers) des valeurs qui sortent de cette zone-limite.

6.1.2. Evolution de l'uni des chaussées

- Dans cette recherche on a essayé, d'abord d'exploiter toutes les données existantes (les expériences supplémentaires sont assez rares). On n'a donc pas disposé de données préalablement "planifiées". On observe le regroupement des données autour de certaines valeurs et par contre les zones extrêmes ne sont pas représentées. Cet effet a une double conséquence: les formules établies ne sont valables que dans la zone centrale de variation et la qualité de corrélation des formules est diminuée. Dans ces conditions une formule linéaire d'évolution de l'uni dans le temps semble être la plus raisonnable.

- L'évolution de l'uni a été étudiée uniquement dans la gamme des petites ondes, considerées ici comme représentatives de l'évolution des structures de chaussées, ce qui ne veut pas dire que l'évolution dans les gammes des grandes et moyennes ondes n'existe pas.

- L'uni des chausseées évolue dans le temps. Les formules proposées ici font intervenir l'uni initial, l'épaisseur équivalente ou la déflexion de chaussée et le trafic de poids lourds. Comme variable qualitative, on a introduit le type de structure. On a montré que l'évolution des petites ondes après 10^6 passages de poids lourds peut atteint (statistiquement) 2,8 classe d'uni (dans les limites de variables étudiées), et que cette évolution est plus rapide pour les renforcements que pour les chaussées neuves. La vitesse d'évolution ne dépendent enfin que peu du type de structure (hydraulique ou bitumineu) étudiée.

6.1.3. Relation uni des chaussées et vitesse du trafic

- Cette recherche a montré que l'uni des chaussées, considéré souvent comme facteur secondaire de la fonction vitesse, l'influence fortement et doit être considéré comme facteur principal au même titre que les autres.

- On a montré aussi que la vitesse, même élevée, augmente fortement (en moyenne 6,7 km/h) après amélioration de la seule qualité de la surface des chaussées (particulièrement uni). Dans le cas de renforcements, les travaux sur la chaussée doivent accompagnés d'améliorations de la géometrie et de la signalisation pour conserver la sécurité.

- Dans la plage des valeurs étudiées (petites ondes de 2 à 8, grandes ondes de 4 à 7), une variation de l'uni fait varier la vitesse moyenne de 14,3 km/h.

6.2. Conclusions sur les recherches à suivre

6.2.1. Aspect général, méthodologie et base de mesure

- La poursuite de recherches de base, sur les phénomènes techniques (objectifs de gestion) et les relations dans le domaine des vibrations des véhicules est nécessaire pour définir des zones précises de fréquences et des systèmes adaptés de notation (quantification) de l'uni .

- Parmi les techniques de traitement des mesures, l'analyse spectrale, pratiquement non exploitée dans le cas de l'APL-72, paraît être un outil efficace. On peut essayer de constituer un traitement standard à base d'analyse spectrale. Cette méthode peut être aussi efficace pour la détection automatique des déformations des chaussées et pour le "blanchissage" de signal (prétraitement).

- Il manque actuellement un critère d'homogénéité de l'uni et, ce qui est lié, un critère de détermination de la longueur de mesure unité.

- Il paraît logique de continuer les mesures comparatives avec les autres appareils de mesure d'uni, afin de faciliter les échanges d'information entre différents pays.

6.2.2. Amélioration des mesures et du système de traitement de l'APL-72

- On peut essayer "d'allonger" encore la fonction de transfert de la remorque. Compte tenu du comportement dynamique de la remorque, on peut en effet jouer avec la masse totale de la remorque (en même temps que sur les caractéristiques de l'amortisseur et du ressort). Une seule contrainte mécanique, la roue doit être suffisamment rigide, ceci peut être obtenu avec une roue plus petite.

- Une analyse des variations de la fonction de transfert de la remorque dans le temps (ou plutôt en fonction de la distance parcourue) serait utile.

- Il paraît nécessaire de règler le problème de la correction des mesures, en fonction de la vitesse lorsque celle-ci sort des seuils fixés ou, plus généralement, de corriger le signal enregistré en fonction de la vitesse mesurée en continu.

- Une source importante d'erreur est le système analogique de traitement des mesures. Il paraît raisonnable de définir des systèmes de dépouillement strictement numériques (la notation elle-même peut rester sans changement).

6.2.3. Approfondissement des questions abordées dans cette recherche

- Les zones d'erreurs de l'APL-72 ont été déterminées à partir de données existantes et sont dans certains cas seulement estimées. On peut vérifier ces estimations (en ayant les données exactes).

- L'analyse statistique de la distribution d'énergie pour les gammes d'ondes de l'APL-72 est faite pour des pas d'un tiers d'octave et uniquement pour 30 sections. Il paraît utile d'élargir cette base de données en ajoutant des sections supplémentaires, en diminuant le pas de calcul et en incluant des zones de fréquence hors de la fourchette standard.

- Il paraît utile de continuer une recherche sur la répétabilité de mesure avec la notation standard et avec les autres notations en ajoutant aussi le paramètre vitesse de mesure comme variable.

- L'analyse de points de mesure dans un profil en travers, ce qui est lié avec la reproductibilité de mesure, peut fournir une explication supplémentaire sur l'évolution de l'état de structure, et aussi sur la différence entre la partie de la chaussée qui se fatigue et la chaussée d'origine.

6.2.4. Evolution de l'uni des chaussées

- Dans le domaine de la technique routière, un plan d'expérimentation, compris en terme purement statistiques, est difficile (presque impossible). Mais, pour une meilleure explication des phénomènes, il est nécessaire de disposer de données qui couvrent toute l'échelle concernée.

- L'analyse des sections témoins peut être considérablement élargie sans mesures supplémentaires (toujours pour la notation standard) sous réserve de retraitement des mesures en décalant respectivement les codes de service (tronçons d'attribution de notes). On peut aussi reprendre cette analyse avec d'autres modes de quantification de l'uni.

- Les formules expliquant la variable $\Delta N / \Delta t$ (temps), utiles pour l'application, peuvent être déterminées à condition de disposer d'un nombre d'observations suffisant.

- Il est nécessaire de poursuivre l'observation des sections témoins (en ajoutant des sections complémentaires) et de conserver ces sections sans travaux pour des raisons de continuité des observations.

- Une vérification plus détaillée des données de la BDR pourrait assurer une distinction convenable des familles structurelles et permettrait de vérifier les formules d'évolution de l'uni.

- Il paraît intéressant de verifier l'évolution de l'uni dans les gammes des moyennes et grandes ondes.

- Le modèle d'évolution de l'uni dans le temps ne sera complet qu'après introduction de l'influence des travaux routiers.

6.2.5. Relation uni des chaussées et vitesse du trafic

- La décomposition en véhicules légers et poids lourds est très importante au niveau du calcul des coûts des usagers. La recherche d'une méthode de décomposition automatique des histogrammes peut resoudre ce problème et permettre l'analyse des deux groupes (VL et PL) séparés.

- Il y a plusieurs facteurs principaux dont l'influence est non négligeable sur la vitesse. La connaissance de cette influence cumulée (uni y compris) est necessaire pour le calcul du coût des usagers.

7. BIBLIOGRAPHIE

1. ABAYNAYAKA S.W. - Calibrating and standardising road roughness measurements mode with response type instruments - Colloque Route et Développement, Paris 1984

2. ABRACHE M. - Uni des revêtement routiers et confort de l'automobiliste - B.L.L.P. et Ch. n° 71, V/1974

3. ABRACHE M. - Influence de l'uni des revêtements routiers sur le confort du véhicule - Thèse Docteur-Ingénieur, CNRS AO 7598

4. AUTRET P. - L'expérience du LCPC dans l'application pratique du modèle HDM - Mini Colloque HDM, LCPC V/1983

5. AUTRET P. - Auscultation des chaussées dans le cadre des études d'entretien et de renforcement. Transposition dans les pays en voie de développement - B.L.L.P. et Ch. n° 93, I-II/1978

6. BALMER G.G. - Road Roughness Technology, State-of-the Art - Report N° FHWA-RD-73-54, Federal Highway Administration, XII/1973

7. BOULET M., de BOISSOUDY A. - Appréciation des besoin en entretien d'une chaussée à partir des qualités d'uni de sa surface - Colloque Routes et Développement, Paris 1984

8. BOULET M., DUCROS D.-M., MARC F. - La version APL-25 de l'analyseur de profil en long - B.L.L.P. et Ch. n° 131, V-VI/1984

9. BONTHOUX P., VICQ A., CHRISTORY J.-P., - Renforcement des chemins départementaux dans les Yvelines. Evaluation de l'état des chaussées. Exploitation des données - R.G.R. et A. n° 612, X/1984

10. BROKAW M.P. - Development of the PCA Road Meter; A Rapid Method for Measuring Slope Variance - H.R.R. n° 189/1967

11. CHEVET C. - Le modèle HDM. Note de présentation - Mini Colloque HDM, LCPC V/1983

12. CHRISTORY J.-P., MARSOT A., JOUBERT P., VICQ A. - Evaluation du réseau routier national non renforcé - R.G.R. et A. n° 615, I/1985

13. DIENG P.A. - Recherche d'un paramètre d'uni des chaussées et méthodologie d'utilisation en vue de la programmation de l'entretien routier préventif dans les pays en développement - Thèse du DDI, ENPC Paris 1981

14. DUCROS D.-M. - Le système de dépouillement automatique APL-25 - F.A.E.R. 1.02.02.0, LCPC IX/1980

15. DUCROS D.-M. - L'APL-25 en six questions - B.L.L.P. et Ch. n° 107, V-VI/1980

16. ELOI J.-P. - Sections témoins APL - F.A.E.R. 1.01.16.6, LROP 1976

17. FREUND J.E. - Modern Elementary Statistics - Prentice-Hall, New Jersey 1967

18. GILLESPIE T.D. - Technical considerations in the Worldwide Standardization of Road Roughness measurement - Report to the World Bank, VI/1981

19. GILLESPIE T.D., SAYERS M.W., SEGEL L. - Calibration of Respons-Type Road Roughness Measuring Systems - T.R.B. XII/1980

20. GORSKI M.B. - Etude de l'uni longitudinal des revêtements routiers - CRR, CR 15/81 Bruxelles

21. GROB H. - Ebenheit und Griffigkeit von Strassenbelaben - Strasse und Verkehr, heft 3, 1969

22. HAAS R., KOBI D. - Longitudinal, Transverse and Microprofile Road Roughness Measurements by High Speed; Automated Means and Use of the Data in Pavement Management - Workshop on State of Art on the Use of Road Roughness Meters, Winnipeg, IX/1981

23. HREMM F.N. - Devices for Recording and Evaluating Pavement Roughness - H.R.B.B. n° 264, 1960

24. HUSCHEK S. - Die klassischen Ebenheitsmessgerate - Strasse und Verkerh, heft 3, 1972

25. HUTCHINSON B.G. - Analysis of Road Roughness Records by Power Spectral Density Techniques - D.H.O. Report n° 101, University of Waterloo, Ontario 1965

26. JORDAN P.G., YOUNG J.C. - Developments on the Calibration and Use of the Bump Integrator for Ride Assessment - TRRL Report n° 604, 1980

27. JORDAN P.G. - Measurement and Assessement of Unevenness on Major Roads - TRRL Report n° 1125, 1984

28. KOBI D., HAAS R., KARAN M.A., MEYER F. - A New System for Collecting Pavement Management Data - Proc. Can. Tech. Asph. Assoc. XI/1979

29. KOBISCH R., ROBERT B. - Evaluation de la qualité du réseau routier à partir de l'uni - F.A.E.R. 1.01.16.1, LR de Saint-Brieuc, 1983

30. LAMBERT M., MEUNIER Y. - Auscultation des chaussées en béton par la mesure du décalage des dalles avec l'APL-25 - B.L.L.P. et Ch. n° 97, IX-X/1978

31. de LARMINAT P., THOMAS Y. - Automatique des systèmes linéaires. Signaux et systèmes - Flamarion Sciences, Paris 1975

32. LEBART L., MORINEAU A., FENELON J.-P. - Traitement des données statistiques. Méthodes et programmes - Dunod, Paris 1979

33. LEGER Ph. - L'uni des revêtement routiers - B.L.L.P. et Ch. n° 49, XII/1970

34. LEGER Ph. - L'uni des chaussées - Annales de l'Insitut Technique du Batiment et des Travaux Publics, Série Travaux Publics n° 142, I/1971

35. LOUAH G. - Le programme CIDRE - SETRA, 1975 (non publié)

36. LUCAS J. - Appareils permettant un relevé d'uni - Rapport du Comité Technique de la Glissance et de l'uni, AIPCR, XV-éme Congrés Mondial 1975

37. LUCAS J., VIANO A. - Mesure systématique de l'uni sur le réseau routier. L'APL à grand rendement - version 1978 - B.L.L.P. et Ch. n° 101, V-VI/1979

38. LUCAS J. - Caractéristiques de surface des chaussées. Etat actuel des travaux en France - B.L.L.P. et Ch. n° 110, X-XII/1980

39. MAGNUSSON G., ARNBERG P.W. - The Rating and Measuring of Road Roughness - National Swedish Road and Trafic Research Institute, Report n° 83A, 1976

40. MARCHAND M. - Comportement structurel et mécanismes de dégradation - Formation Continue de l'ENPC, Stage Entretien de Routes, Paris XI/1983

41. MASSOL J., TENENHAUS M. -Documentation du programme MOULINET (Modèle Lineaire Iteratif) - SETRA, II/1978 - non publiée

42. MOYER R.A., AHLBORN G. - New development in the BPR Roughness Indicator and Test on California Pavements - H.R.B.B. n° 139/1956

43. NEAL B.F. - Evaluation and Calibration of Road Meter Devices for Measuring Pavement Ridealibity - Report n° FHWA-CA-TL-79-14, California Departament of Transportation, VI/1979

44. QUEIROZ C.V. - A Procedure for Obtaining a Stable Roughness Scale from Road and Level Profiles - Working Document n° 22, Brazilian Ministry of Transport, Brezil, IX/1981

45. ROUQUES G., LUCAS J., VIANO A. - Mesure systématique de l'uni sur le réseau routier. L'APL de routine - B.L.L.P. et Ch. n° 81, I-II/1976

46. SAUZET G. - Constitution d'une banque de données routières; bilan et enseignement - Colloque Routes et Développement, Paris VI/1984

47. SAYERS M., GILLESPIE T.D., QUEIROZ C.A. - International Experiment to Establish Correlation and Standard Calibration Methods for Roughness Measurements - Report to the World Bank, V/1984

48. SAYERS M., QUEIROZ C.A., GILLESPIE T.D., PATERSON W.D.O., AUTRET P., REICHERT J. - The International Roughness Index for Calibration of Measuring Systems. Results of an International Experiment - 10th IRF World Meeting, Rio de Janeiro, X/1984

49. SCHWADERER W. - Der Strassenbau in physikalisch - messtechnischer Betrachtung - Schiftenzeihe des Otto-Graf-Institutes, heft 39, Stuttgart

50. SIFFERT M., VIANO A., ELOI J.-P. - Mise en route de l'analyseur de profil en long (APL) de routine - F.A.E.R. 1.01.16.5, LROP, 1975

51. SIFFERT M., VIANO A., ELOI J.-P., BESNARD G. - L'APL-72 à grand rendement, nouvelle version à micro-ordinateur intégré - B.L.L.P. et Ch. n° 122, XI-XII/1982

52. SPANGLER E.B., KELLY W.J. - GMR Road Profilometer; A Method for Measuring Road Profile - H.R.R. n° 121, 1966

53. VIANO A., ELOI J.-P. - Contribution des mesures d'uni à la gestion des réseaux routier - F.A.E.R. 1.01.50.9, LROP, 1979

54. VISSER A., QUEIROZ. C.V. - Roughness Measurements Systems - Working Document n° 10, Brazilian Ministry of Transport, Brezil, VII/1979

55. L'analyse spectrale : un outil privilégié pour l'analyse du signal - Mesure-Regulation-Automatisme, VI-VII/1982

56. Analyseur de Profil en Long (APL). Remorque de mesure - Fiche de materiels MLPC - 1A AC 76, LCPC, 1976

57. Analyseur FFT 2 voies, le concept Bruel&Kjaer pour les vibrations et l'acoustique - Bruel&Kjaer France, 1984

58. The ASHHO Road Test Report 5, Pavement Research - H.R.B., Special Report n° 61E, 1962

59. Colloque Routes et Développement - communications, Paris, VI/1984

60. Entretien des routes en rase campagne, principes d'un système de gestion de l'entretien - Rapport OCDE, 8/1973

61. Entretien préventif du réseau routier national. Répertoire des dégradations - SETRA - LCPC, 1979

62. L'essai ASHOO - B.L.L.R. spécial E, V/1966

63. Etalonnage de la remorque d'APL-72 - dossier LCPC (non publié)

64. VIANO A., ELOI J.-P. - Etalonnage des chaînes de traitement des mesures APL-72 - dossier LROP (non publié)

65. Evaluation du réseau national non renforcé 1983 - LROP, dossier n° 13754, III/1984

66. Guide technique de l'entretien préventif - SETRA-LCPC, 1979(1984)

67. Guide technique pour le dimensionnement des renforcement de chaussées souples - SETRA-LCPC, 1978

68. Mays Ride Meter Booklet - 3rd edition, Rainhart Co., Austin, Texas, 1973

69. Mesure de l'uni de couches de chaussées avec l'analyseur dynamique de profil en long type APL-25 - Avant-projet de Mode Opératoire, LCPC, I/1980

70. Méthode de régression multiple non linéaire - Note technique SCIe, Bibliotheque Clotilde, 1970

71. Pré-étude relative à la circulation des véhicules longs (poids lourds, véhicules légers tractant une remorque ou une caravanne) - SETRA, X/1982 (non publié)

72. Tables statistiques - Revue de Statistique Appliquée n° spécial, 1973

73. GAST H. - Ergebnisse von Vergleichsmessungen zur Ermittlung der Ebenheit, Griffigkeit und Rauhigkeit von Strassendecken - Die Strasse heft 3, 1973

74. CHRISTORY J.-P. - Auscultation continue et non destructive des chaussées en béton. Quelques aspects de la méthode utilisée en France pour le réseau géré par l'Administration - B.L.L.P. et Ch. n° 129, I-II/1984

75. BHATTACHARYA C.G. - A Simple Method of Resolution of a Distribution in to Gaussian Components - Biometrics, III/1967

76. COHEN S. - Décomposition d'histogrammes en composantes gaussiennes par la méthode des nuées dynamiques. Une application à un problème de trafic autoroutier - Séminaire de Mathématique Appliquée, IRT, X/1983

77. DETERNE J., MORELLOT O., LE BRETON P. et les autres - Temps de parcours des véhicules sur itineraire interurbain - SETRA, 1978

78. GAMBART J.M. - Comportement cinématique du véhicule libre sur un axe routier - Thèse du DDI, ENPC (à paraître)

79. GERLOUGH D.L., MATTHEW J.H. - Trafic Flow Theory. A Monograph - T.R.B., Special Report 165, 1975

80. GOVINDASSAMY R.A., VIANO A., ELOI J.-P. - L'uni des pistes - R.G.R. et A. n° 597, V/1983

81. KADIYALI R.R., VISWANAIHAN E., GUPTA R.K. - Free Speeds of Vehicles on Indian Roads - Journal of the Indian Roads Congresse, vol. 42 - 3, New Delhi, 1981

82. LE BRETON - Temps de parcours des véhicules sur itineraire interurbain. Note de synthèse - SETRA, 1984

83. LOUAH G. - Temps d'attente au carrefour plan sous feux. Loi d'arrivées des véhicules - SETRA - non publiée

84. MC LEAN J. - Driver Speed Behaviour and Rural Road Alignment Design - T.E.&C.,IV/1981

85. MEUNIER Y., CANESTRELLI M., GODARD J.-F., LARUE F. - Mesures sur véhicule automobile des accélérations verticales subies par le passager avant - B.L.L.P. et Ch. n° 92, XI-XII/1977

86. ROUQUES G., LUCAS J. - Mèthode moderne de surveillence du réseau routier - B.L.L.P. n° 84, VII-VIII/1976

87. WALAWSKI J., SANDECKI T., TRACZ M. - Rapport au XVIIe Congré Mondial de la ROUTE, Question III - Routes et Autoroutes Interurbaines, Sydney, 1983

88. VIANO A., ELOI J.-P. - Système de dépouillement automatisé des mesures de décalage des dalles avec l'APL-72 - F.A.E.R. 1.01.03.1, LROP, X/1982

89. VIANO A., ELOI J.-P. - Mesure de l'uni des chaussées. Avant-projet de mode opératoire APL à grand rendement - F.A.E.R. 1.02.02.9 - LROP, XII/1979

90. VIANO A., ELOI J.-P. - Mesures de distance et bornage en continu sur chaussées - B.L.L.P. et Ch. n°87 I/1977

91. YAGAR S., VAN AERDE M. - Geometric and Environmental Effects on Speeds of 2 - Lane Highways - Transportation Researche A, vol. 17A, n° 4, Pergamon Press Ltd., 1983

92. Capacité des routes - Traduction du Highway Capacity Manuel, SETRA, 1973

93. Circulation sur les Routes Nationales et Autoroutes 1970-1979. Principaux résultats - SETRA, IX/1981

94. Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Routes Nationales - DRCR, Paris, 1975

95. Instruction sur les méthodes d'évaluation des effets économiques des investissements routiers en rase campagne - DRCR, Paris, III/1980

96. Temps de parcours et coûts globaux sur tronçons de routes interurbains - SETRA, VIII/1980

97. Statistiques. Vocabulaire, estimation et tests statistiques - AFNOR, Paris, 1983

98. JEUFFROY G. - Conception et construction des chaussées - Eyrolles, Paris, 1974

99. APPY M., BOUZIGUES J.-B., HUART Y. - Intérêt économique des renforcement coordonés. Les enseignents de l'étude RCB - R.G.R. et A. n° 615, I/1985

100. Catalogue des structures types de chaussées neuves - SETRA-LCPC, 1977

101. VIANO A., ELOI J.-P. - Notice APL pour dossier standard - LROP, 1978

102. Etat de surface des produits. Préscription. Généralités, terminologie, définitions - Norme AFNOR n° NF E 05-015, Paris, XII/1972

103. HDM-III, vol. IV, XII/1984

45833

NS 12766 (3)
t. 2

THESE DE DOCTEUR - INGENIEUR

présentée

à

L'ECOLE NATIONALE des PONTS et CHAUSSEES

par

DARIUSZ GODLEWSKI

pour obtenir le grade de

DOCTEUR - INGENIEUR EN GENIE CIVIL

OPTIMISATION DE LA GESTION ROUTIERE
UTILISATION DE L'UNI LONGITUDINAL DES CHAUSSEES

VOLUME II

E.N.P.C.
DOC02451

20

TABLE DE MATIERE

3. PRECISION DE LA MESURE DE L'UNI DES CHAUSSEES AVEC L'APL-72

3.1. Généralités

3.2. Fonction de transfert de la remorque APL

3.2.1. Fonction de transfert de base
3.2.2. Variations de la fonction de transfert en fonction de la pression dans le pneumatique
3.2.3. Variations de la fonction de transfert en fonction d'une masse supplémentaire sur la remorque
3.2.4. Enveloppes des fonctions de transfert
3.2.5. Interprétation manuelle et interprétation informatique
3.2.6. Fonction de transfert par gamme d'onde

3.3. Effet des conditions de mesure

3.3.1. Influence de la précision de mesure de distance
3.3.2. Influence de la vitesse de mesure
3.3.3. Reproductibilité de la mesure

3.4. Effet du traitement du signal

3.4.1. Filtres de la chaîne de traitement
3.4.2. Fonction de transfert de la chaîne de traitement
3.4.3. Fonction de transfert d'énergie
3.4.4. Variations de la fonction de transfert de la chaîne de traitement en fonction de la durée d'alimentation
3.4.5. Variations de la fonction de transfert de la chaîne de traitement dans le temps

3.5. Estimation de la précision des résultats (mesure et traitement)

3.5.1. Méthodologie utilisée
3.5.2. Analyse spectrale
3.5.3. Erreurs cumulées liés aux variations des fonctions de transfert et des vitesses de mesure
3.5.4. Erreur maximale, cumulée pour la BDR
3.5.5. Erreur maximale, cumulée pour les ST
3.5.6. Erreur maximale, cumulée pour les cas particuliers
3.5.7. Relation entre notes mesurées et notes réelles

3.6. Conclusions sur la précision de la mesure de l'uni des chaussées avec l'APL-72

3.6.1. Utilisation de la remorque APL
3.6.2. Système de mesure de l'APL-72
3.6.3. Système de traitement des mesures de l'APL-72
3.6.4. Précision d'ensemble

3. PRECISION DE LA MESURE DE L'UNI DES CHAUSSEES AVEC L'APL-72

3.1. Généralités

Chaque appareil de mesure a sa propre précision qui dépend des conditions de travail et de la construction de l'appareil; cette précision détermine la possibilité des recherches ultérieures.

Il y a trois groupes de facteurs qui influencent cette précision. Dans le cas de l'APL-72, ce sont:

- les caractéristiques mécaniques de l'appareil (fonction de transfert de la remorque et sa variation dans le temps),
- les conditions de mesure (vitesse de mesure, mesure de distance, reproductibilité de mesure),
- le traitement du signal (fonction de transfert de la chaîne de traitement et sa variation dans le temps).

Chacun de ces facteurs peut varier et introduire des dispersions lors de la réalisation d'un lot de mesures.

Dans ce chapitre on aborde la précision de mesure de l'APL-72 en analysant tout les facteurs qui peuvent l'influencer. On examine donc les cas particuliers mais également quelle précision on peut attendre dans le cas du traitement des données sur les séctions témoins et dans le cas de l'exploitation des données de la BDR.

A partir du schéma de principe (voir la figure 6a), en prenant en compte tous les éléments du processus, on détermine, d'abord énergetiquement (unité primaire de l'APL-72), les zones de répartition des valeurs réelle en fonction des valeurs mesurées et on les exprime ensuite en notes standard de l'APL-72.

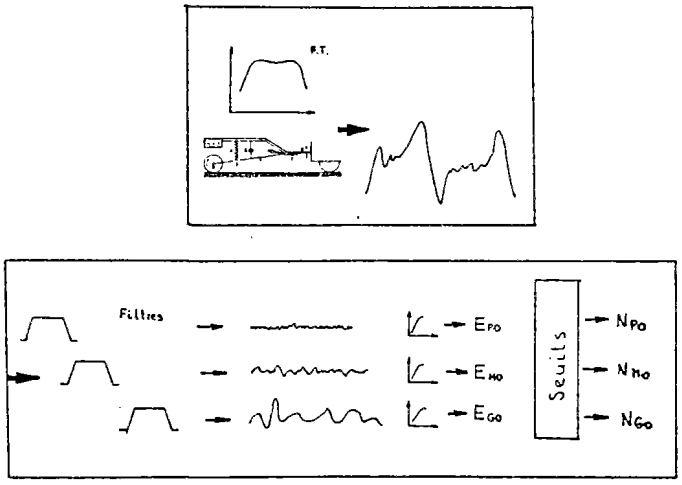


Figure 6a. Schémat du processus de mesure et de traitement du signal pour l'APL-72

3.2. Fonction de transfert de la remorque APL

La remorque APL est représentée sur la figure 7. Son système mécanique peut être schématisé comme indiqué sur la figure 8. Ses caractéristiques dynamiques dépendent :

- de la masse totale de la remorque,
- de la masse du pneumatique,
- du comportement de l'amortisseur,
- du comportement du ressort.

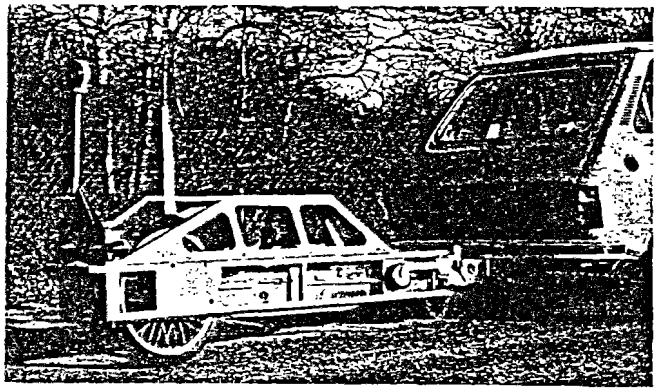


Figure 7. Remorque APL (d'après |56|)

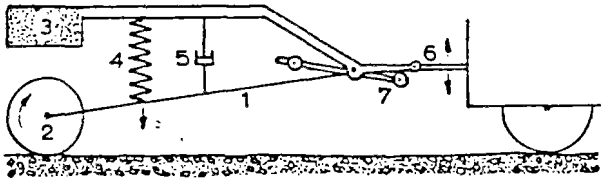


Figure 8. Schéma de principe de la remorque APL (d'après |56|)

Pour préciser ces caractéristiques dynamiques, on a fait au LCPC des essais d'étalonnage sur le banc Schenck. Ce banc assure des vibrations de fréquence et d'amplitude déterminées. Les essais sont réalisés pratiquement chaque année.

L'étalonnage est fait en tenant compte du fait que la tension de 1 mVeff correspond à une fléche de 0,1263 mm . Il est réalisé à l'amplitude standard de 3,5 mm.

3.2.1. Fonction de transfert de base

Fonction de transfert pour l'amplitude standard A = 3,5 mm

Sur la figure 9 sont représentées les fonctions de transfert des remorques de l'APL-72 à partir de l'année 1975 |63|. Le tableau 7 regroupe les dates d'étalonnage pour lesquelles les données sont disponibles .

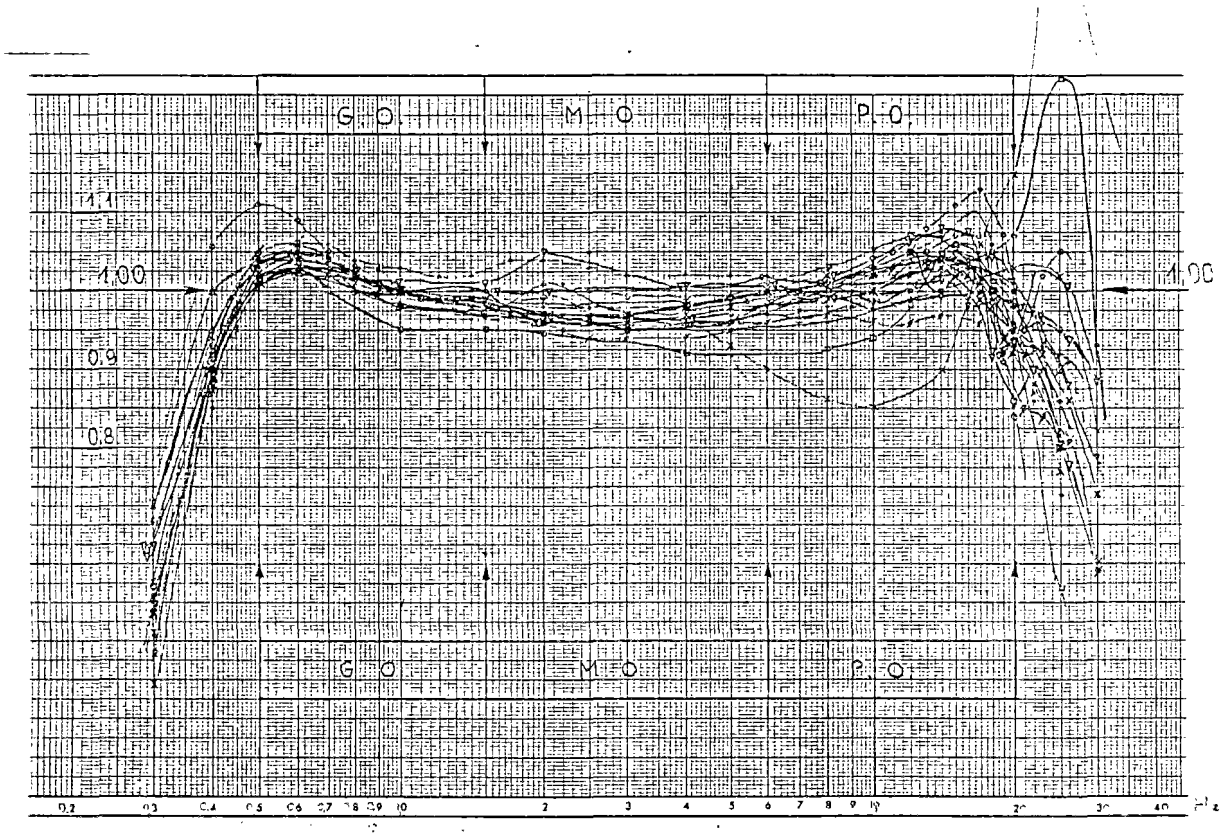


Figure 9. Fonctions de transfert de l'APL-72 1975 - 1984 (parcours proche de 600 000 km)

On remarque que la fonction de transfert varie dans le temps, mais que ces fonctions sont en général cohérentes et restent dans une plage de valeur déterminée (± 5%), sauf quelques cas particuliers décrits ci-après.

- L'étalonnage de la remorque de droite - état final (après réglage) du 30.03.76 - montre une variation de 10%, dans la plage des grandes ondes. L'étalonnage correct suivant est daté du 25.06.76.

- L'étalonnage de la remorque de gauche - état initial (avant réglage) du 27.01.81 - montre une augmentation des valeurs au-dehors de la plage des ondes courtes (limite 20Hz). L'étalonnage précédent correct est daté du 02.79.

- L'étalonnage de la remorque de gauche - état initial - du 15.12.81 montre des déformations importantes dans la plage des ondes courtes. L'étalonnage du 28.01.1981 était convenable.

- L'étalonnage de la remorque de gauche - état initial du 20.09.82 - montre une augmentation des valeurs dans la gamme des ondes courtes. L'étalonnage précédent correct est daté du 15.12.81.

- L'étalonnage de la remorque de droite - état final du 24.10.84 conduit à des valeurs légèrement augmentées dans la gamme des ondes moyennes.

Tableau 7. Calendrier d'étalonnage des remorques de l'APL-72

Date	Mesure avant reglage		Mesure après reglage		Kilométrage	
	Remorque Droite	Remorque Gauche	Remorque Droite	Remorque Gauche	Total	Mesure
23.01.75			+	+		
30.03.76			+	+	35200	6600
25.06.76			+	+	74300	14000
31.03.77			+	+	15000	3600
7.78				+	132000	15200
2.79			+	+	25200	4000
28.01.81	+	+	+	+	99000	15000
15.12.81	+	+			74100	13100
22.09.82	+	+	+	+	71900	15800
24.10.84	+	+	+	+	70000	10000

On ne peut pas évaluer de facon précise les variations de la fonction de transfert en fonction du kilométrage parcouru, mais on peut observer un changement important des fonctions de tranfert surtout dans la gamme des ondes courtes, du fait de l'usure de l'amortisseur.

Fonction de transfert pour l'amplitude A < 3,5 mm

La figure 11 regroupe les fonctions de transfert réalisées pour une amplitude A < 3,5 mm. Ces essais ont été réalisés uniquement en 1977.

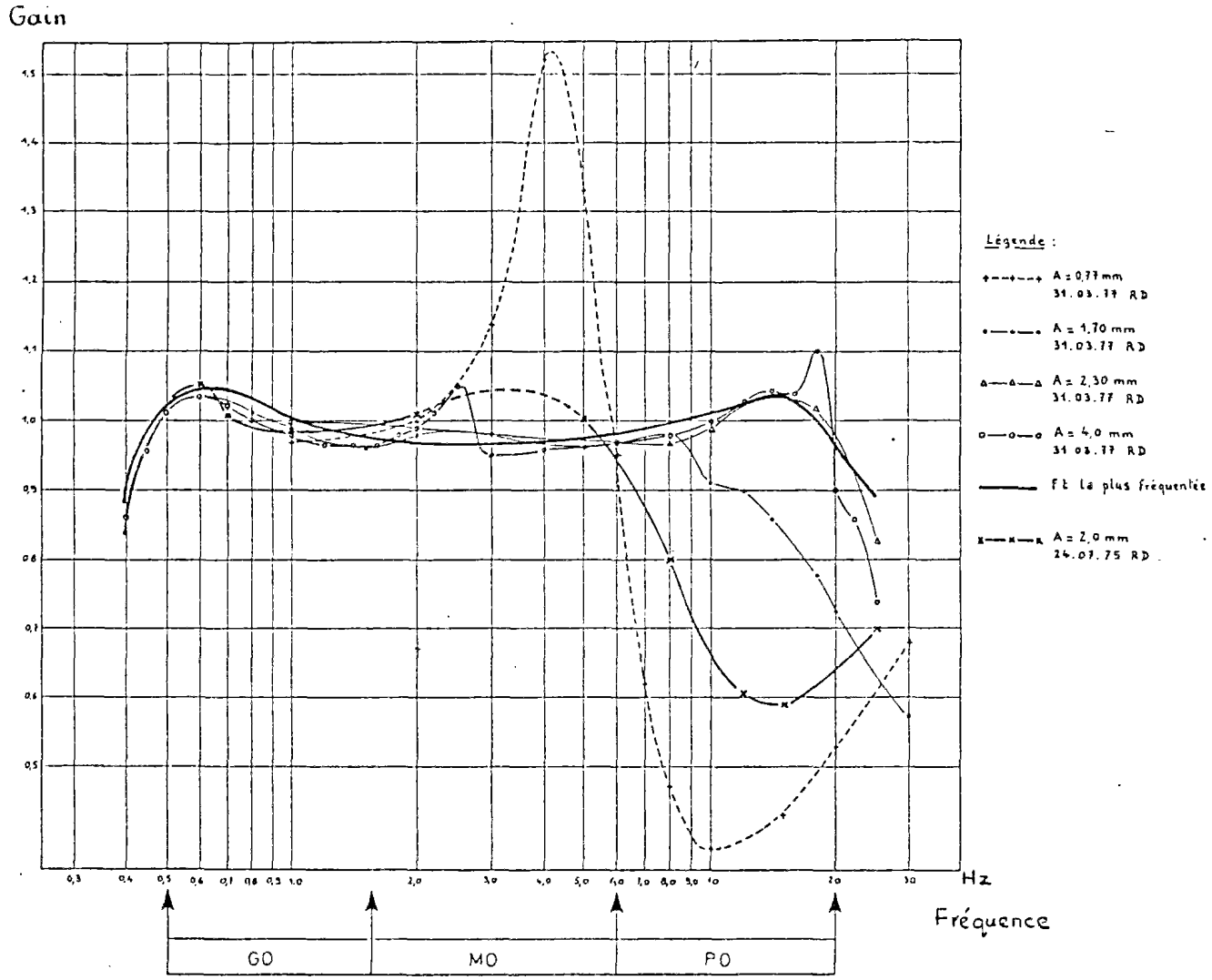


Figure 11. Fonction de transfert de l'APL pour des petites amplitudes

Dans la plage des grandes ondes les fonctions de transfert restent autour des valeurs moyennes et proches de la fonction de transfert réalisée pour l'amplitude standard. Pour les amplitudes inférieures à 2,3 mm, les courbes se déforment, vers des valeurs supérieures du gain pour les ondes moyennes, et vers des valeurs inférieures pour les petites ondes.

Cet effet est dû au frottement sec de l'amortisseur, qui pour des amplitudes très modérées ne se déplace pas. Les essais réalisés au LCPC montrent que l'amortisseur se débloque toujours si les déplacements de la roue dépassent le seuil de 2,5mm. Cette observation est valable pour les mouvements simples (comme pendant l'étalonnage standard), mais aussi pour les vibrations cumulées (voir la figure 12).

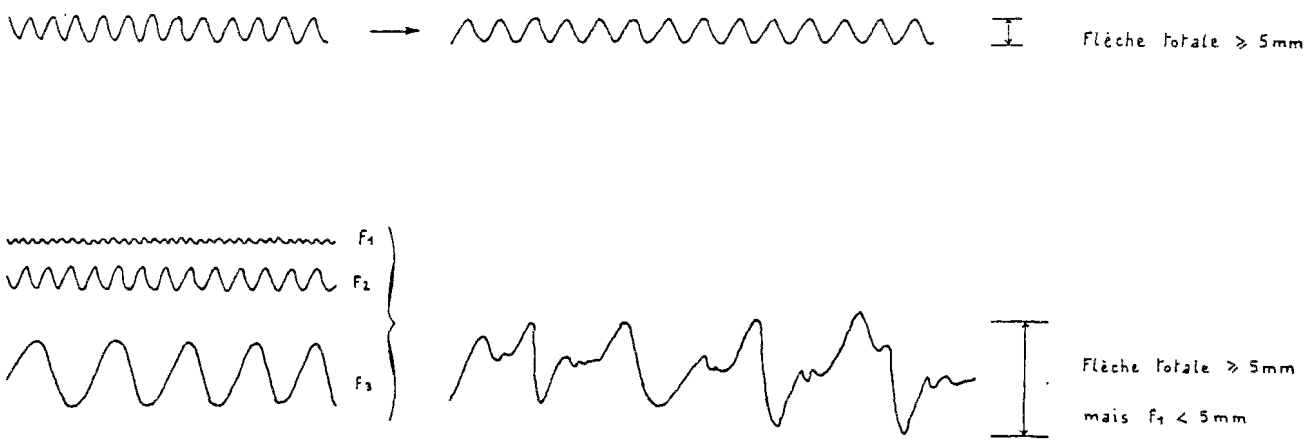


Figure 12. Signal de l'APL

Le phénomène dû au frottement sec peut avoir une influence sur la fonction de transfert uniquement dans le cas d'un déplacement de la roue inférieur à 2,5 mm. Il est donc intéressant d'examiner dans quels cas cela peut se produire.

. Pour chaque gamme d'onde, on peut identifier le déplacement total à la flèche équivalente (voir § 2.4.2.). La flèche minimum (f_{min}) pour débloquer le frottement sec (2 fois l'amplitude) est égale à 5 mm. Donc :

$$f_r > f_{min}$$

où : - f_r est la flèche observée sur la route
- f_{min} est la flèche minimum.

Comme la flèche minimale observée pour les seules grandes ondes est déjà égale à 8 mm (pour les meilleurs routes - classe 10) , on n'observera jamais en réalité pendant les mesures les effets du frottement sec.

Fonction de transfert pour l'amplitude A > 3,5 mm

La figure 13 représente les fonctions de transfert pour des amplitudes A > 3,5 mm. Les essais ont été réalisés le 25.10.84 pour la remorque gauche uniquement. Suite à des difficultés techniques, on a distingué trois étapes pour ces essais:

- amplitude 30 mm et fréquences comprises entre 0,3 Hz et 2 Hz,
- amplitude 20 mm et fréquences comprises entre 2 Hz et 8 Hz,
- amplitude 8 mm et fréquences comprises entre 10 Hz et 14 Hz.

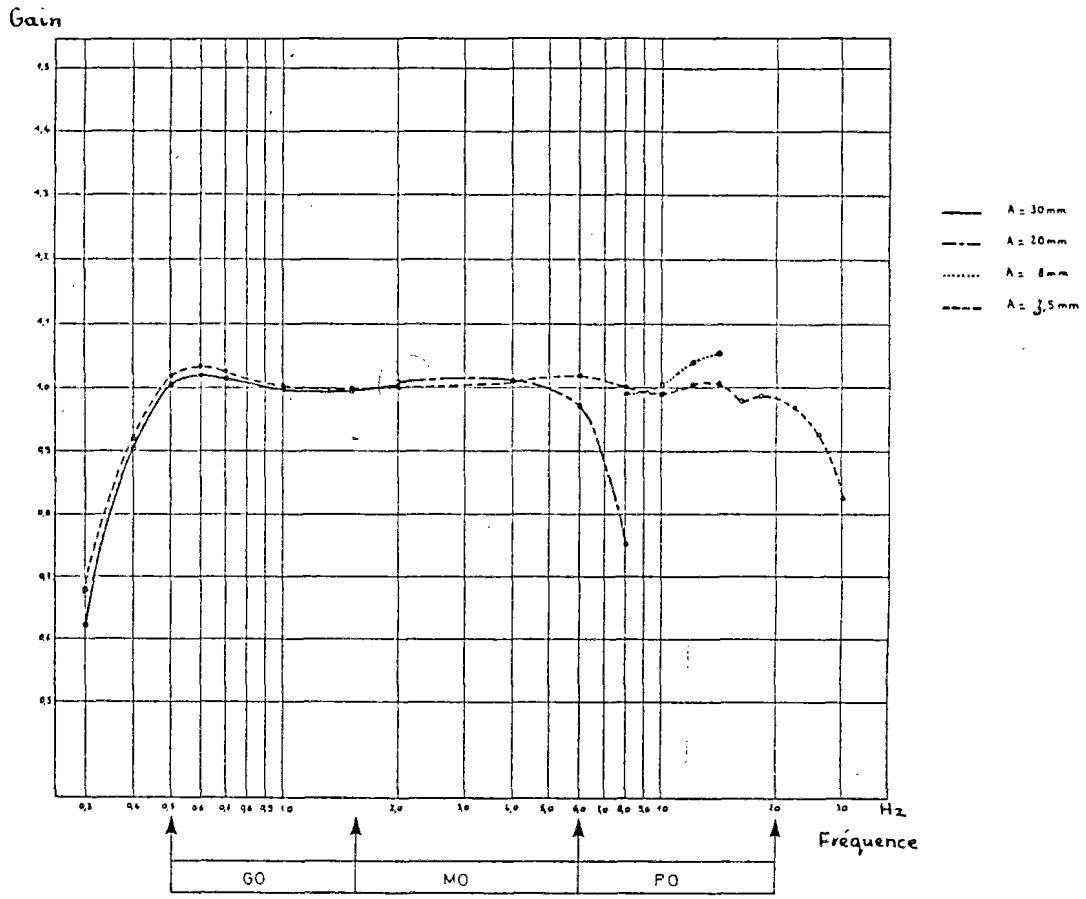


Figure 13. Fonction de transfert d'une remorque APL pour des amplitudes A > 3,5 mm

Ces paramètres déterminent les limites dynamiques du système, au delà desquelles on enregistre des phénomènes parasites (par exemple déplacement de la remorque), donc au-dehors desquelles la fonction de transfert n'est plus valable.

On peut remarquer que dans certaines limites, les fonctions de transfert restent cohérentes avec celles réalisées pour A = 3,5 mm ; on en déduit que :

- jusqu'à 2 Hz, on peut exciter une remorque à une énergie équivalente à l'amplitude de 30 mm,
- jusqu'à 6 Hz, on peut exciter une remorque à une énergie équivalente à l'amplitude de 20 mm,
- jusqu'à 14 Hz, on peut exciter une remorque à une énergie équivalente à l'amplitude de 8 mm.

A 1% près de la fonction de transfert standard (A = 3,5 mm) les plages des fréquences admissibles pour ces différentes flèches seront 2 Hz, 4 Hz et 8 Hz (voir le tableau 8)

Tableau 8. Fonction de transfert de remorque APL pour des amplitudes A > 3,5 mm

Amplitude (mm)	Limite du système (Hz)	Limite de variation ± 1 % (Hz)
30	supérieur à 2	2
20	6	4
8	14	8
4	30	30

3.2.2. Variations de la fonction de transfert en fonction de la pression dans le pneumatique.

Le 25.10.84 nous avons réalisé trois essais pour la remorque gauche en faisant varier la pression de l'air dans le pneumatique. Les figures 14 et 15 représentent les résultats de ces essais.

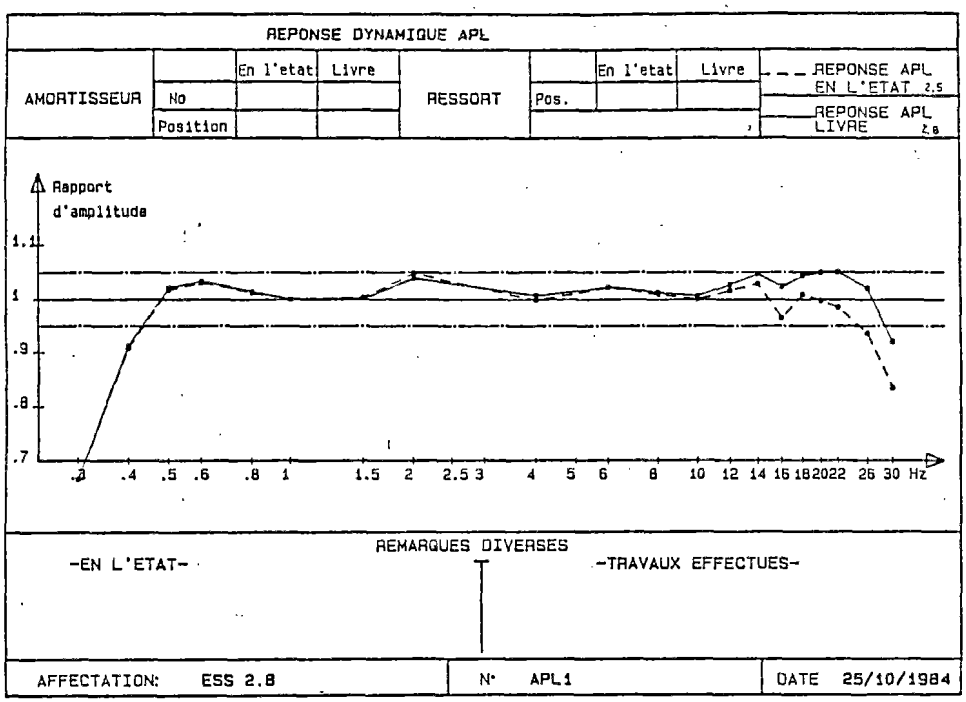


Figure 14. Fonction de transfert de remorque APL avec une pression de l'air dans le pneumatique égale à 2,8 bars

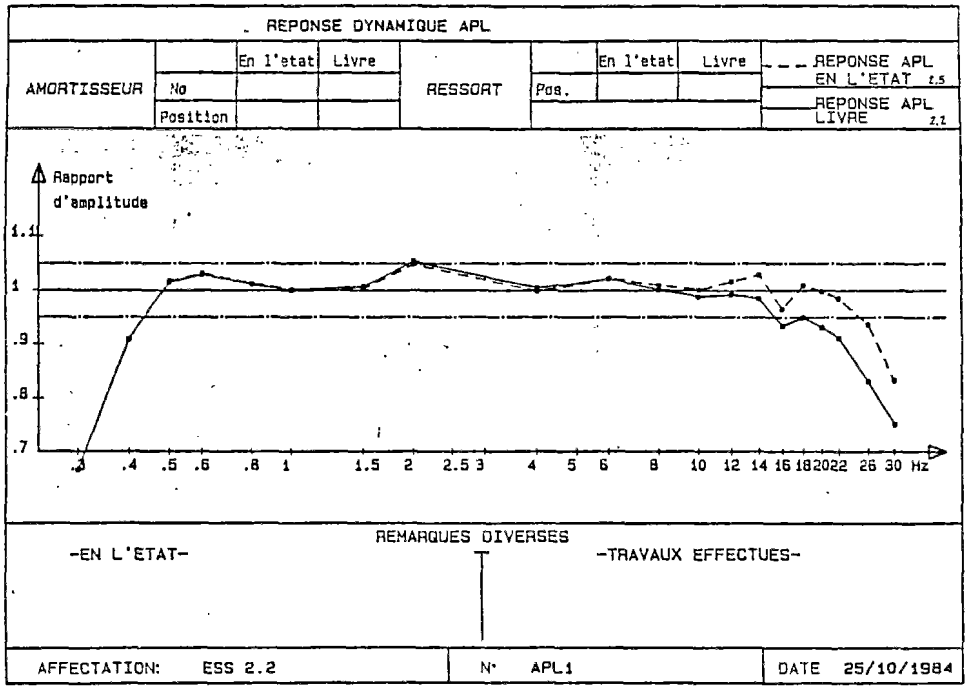


Figure 15. Fonction de transfert de remorque APL avec une pression de l'air dans le pneumatique égale à 2,2 bars

Les valeurs des pressions choisies ont été 2,2 MPa; 2,5 MPa et 2,8 MPa (la pression standard est égale 2,5 MPa); après enquête, on peut considérer qu'une variation de la pression de l'ordre de 0,3 MPa est possible sans anomalies dans le fonctionnement de l'appareil. Par contre, au-dessous de 2,2 MPa il y a un phénomène de déformation visible du pneu, ainsi qu'une différence de mesure de la distance longitudinale, liée à la diminution réelle du diamètre d'une roue de l'appareil. Cette déformation constitue un indicateur suffisant pour l'opérateur. Une pression supérieure à 2,8 MPa ne peut pas être obtenue avec le gonfleur usuel.

Dans la gamme des ondes grandes et moyennes, les variations de la fonction de tranfert restent faibles (inférieures à 1 %). De plus, on ne peut pas distinguer les tendances de ces variations.

Dans la gamme des petites ondes (au-dessus de 6 Hz) les changements deviennent plus importants. Pour la pression 2,2 bars, la fonction de transfert diminue ; pour 2,8 bars les valeurs sont augmentées. Sauf dans le cas de la fréquence 16 Hz, les écarts sont croissants avec la fréquence et restent au niveau min ± 3% pour la fréquence de 16 Hz à 18 Hz et min ± 7% dans la gamme de 22 Hz à 26 Hz (voir la figure 16).

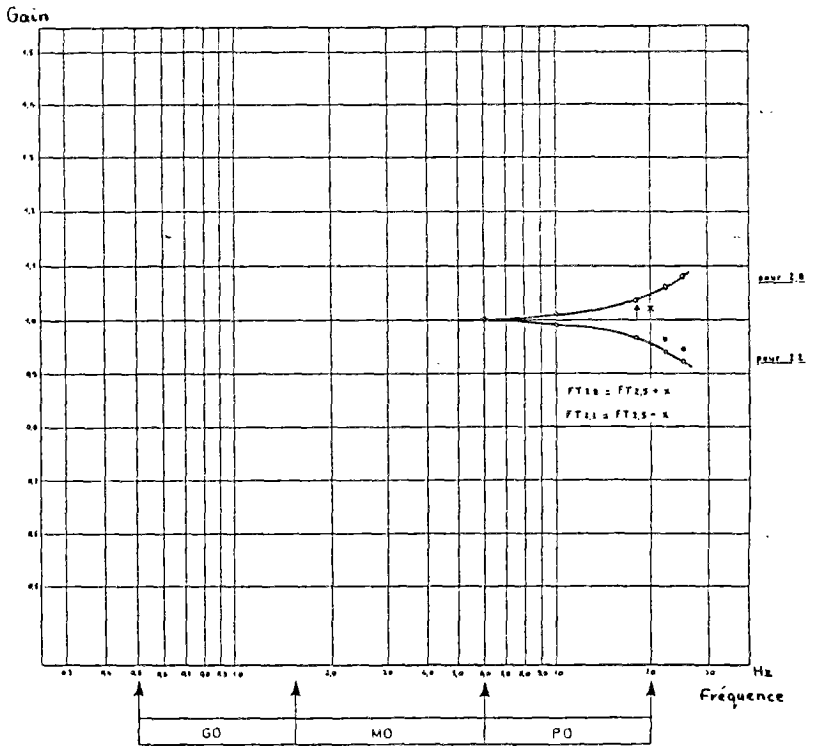


Figure 16. Calibrage des fonctions de transfert pour différentes pressions

A partir de 15 Hz la fonction de transfert obtenue à 2,2 bars reste au-dessous de la limite (-5%). La fonction de transfert obtenue à 2,8 bars se place bien dans toute la plage de fréquence, dans la zone de tolérance prévue par la notice technique de l'appareil (± 5%) |56|.

Suite à l'étude de l'analyse spectrale (voir § 3.5.2.) on a déterminé l'erreur relative PO (petites ondes) liée à un changement de la pression (2*0,3 bar) égale à ± 6 % pour les conditions et la fonction de transfert moyennes (voir le tableau 9).

Tableau 9. Effet de la variation de la pression dans le pneumatique sur la fonction de transfert dans le domaine des petites ondes (PO)

Pression dans le pneumatique (bar)	Note 1 - 8		Note 9 - 10	
	Erreur relative (%)	Ecart des extrêmes (%)	Erreur relative (%)	Ecart des extrêmes (%)
2,8	+6,0	+11,2	+6,3	+12,0
2,2	-5,2		-5,7	

On considère que cet effet est également valable pour toutes les autres fonctions de transfert. Pour trouver les valeurs de la fonction de transfert 2,2 bars et 2,8 bars il faut corriger les valeurs de la fonction de transfert obtenue à 2,5 bars selon les formules :

$$FT_{2,8} = FT_{2,5} + x$$

$$FT_{2,2} = FT_{2,5} - x$$

où x est défini sur la figure 16.

La figure 17 représente la fonction de transfert moyenne et les variations liées au changement de la pression de l'air dans le pneumatique.

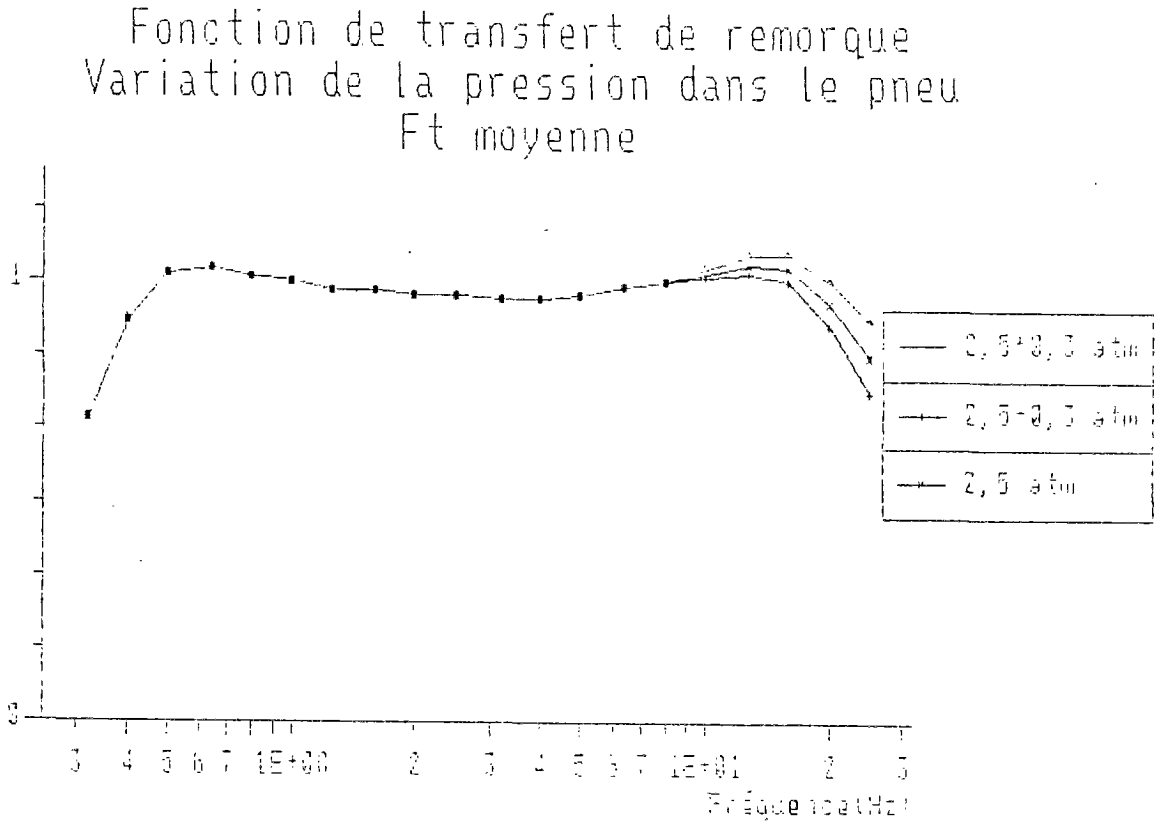


Figure 17.

3.2.3. Variation de la fonction de transfert en fonction d'une masse suplémantaire sur la remorque

La figure 18 représente une fonction de transfert pour une remorque dont la masse a été augmentée de 1 kg (fait le 22.10.84 pour la remorque gauche).

Dans la gamme au-dessous de 14 Hz on n'a pas observé d'influence de la masse supplémentaire. Pour les fréquences élevées on remarque un déplacement de la courbe vers la droite. Le déplacement n'est pas constant; le déplacement le plus important est atteint autour de 18 Hz - 20 Hz. Ce déplacement élargit la zone plate de la fonction ; il en résulte un effet positif et une certaine stabilisation de la fonction de transfert.

Compte tenu de la faible possibilité de la variation de la masse d'une remorque, on considère que ce phénomène n'a pas d'influence sur la précision des mesures.

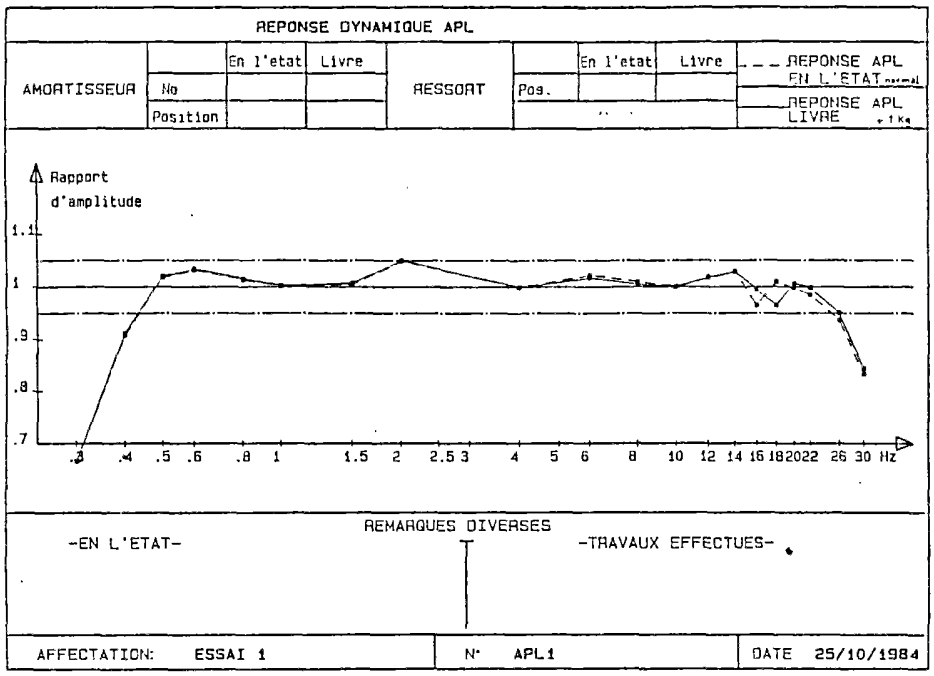


Figure 18. Fonction de transfert de la remorque APL avec une masse supplémentaire de 1 kg

3.2.4. Enveloppes des fonctions de transfert

Afin de déterminer les variations totales possibles des fonctions de transfert on a précisé les enveloppes de ces fonctions.

L'enveloppe 1 représentée sur la figure 19 regroupe toutes les fonctions d'étalonnage existantes.

Dans l'enveloppe 2 (la figure 20) tous les cas particuliers présentés dans le § 3.2.1. ont été exclus.

Au niveau du traitement, les deux signaux APL-72 (droite et gauche) sont cumulés (voir § 2.4.2) . Les enveloppes 3 et 4 (voir les figures 21 et 22) représentent, respectivement pour la totalité des essais et pour les étalonnages sélectionnés, les fonctions de transfert moyennées pour chaque paire d'étalonnage.

L'enveloppe (3) est représentative pour l'analyse des données de la BDR et l'enveloppe (4), compte tenu des periodes des mesures effectuées sur les sections témoins (ST) (voir § 4.2.), pour les données des ST.

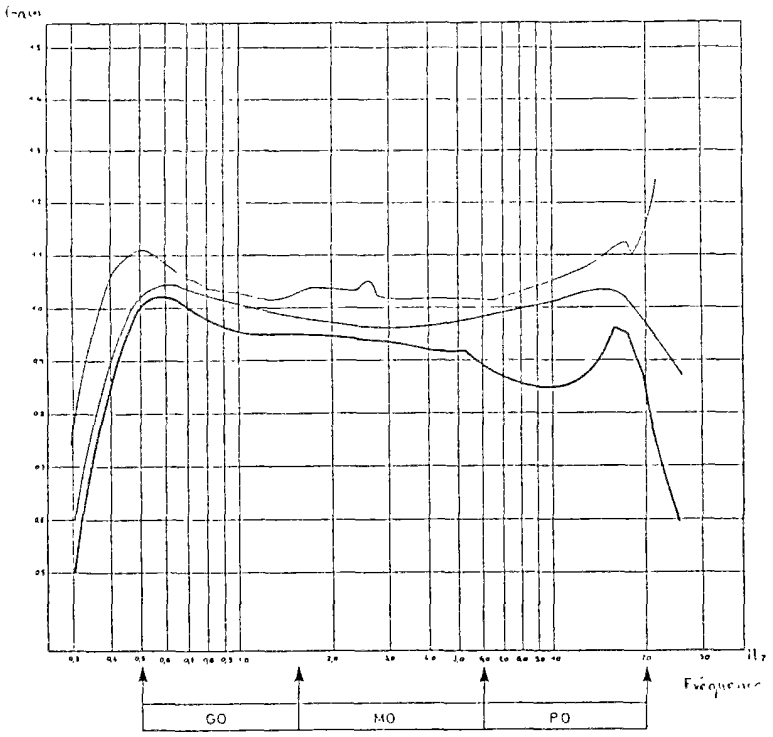


Figure 19. Enveloppe (1) des fonctions de transfert (signaux séparés; ensemble 1975 - 1984)

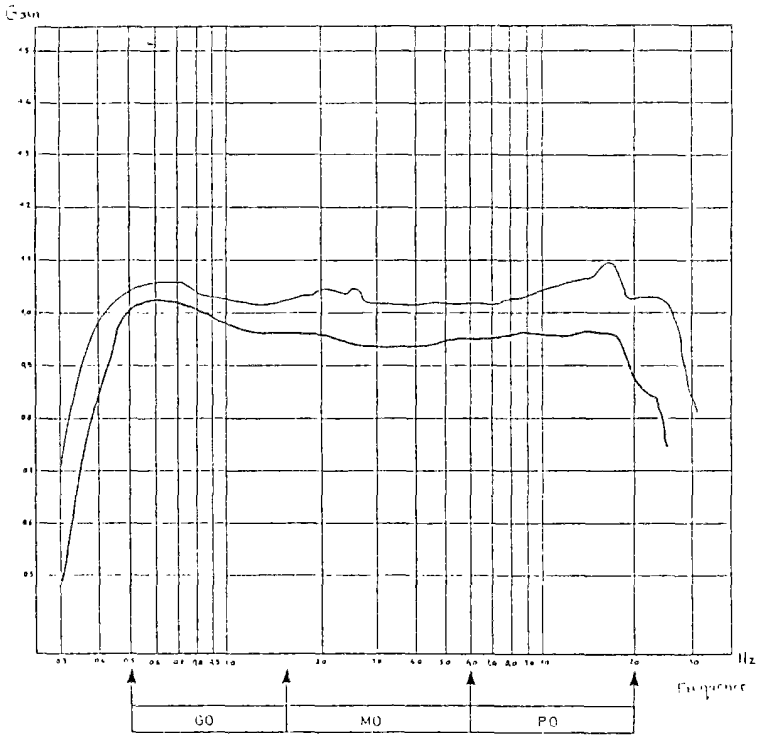


Figure 20. Enveloppe (2) des fonctions de transfert (signaux séparés et sélectionnés)

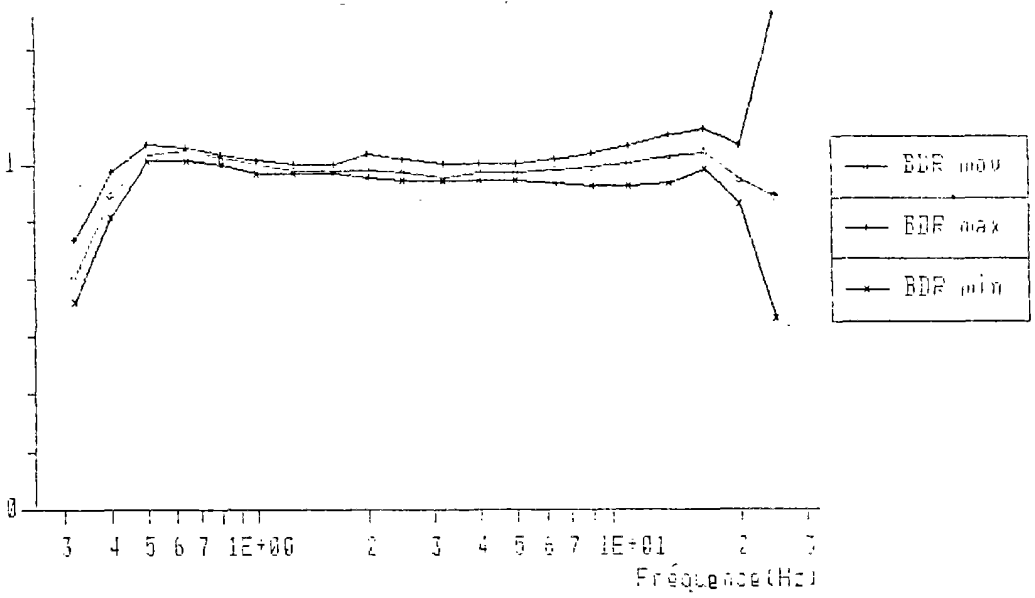


Figure 21. Enveloppe (3) des fonctions de transfert (signaux moyennés; ensemble 1975 - 1984) utilisée pour le traitement des données de la BDR

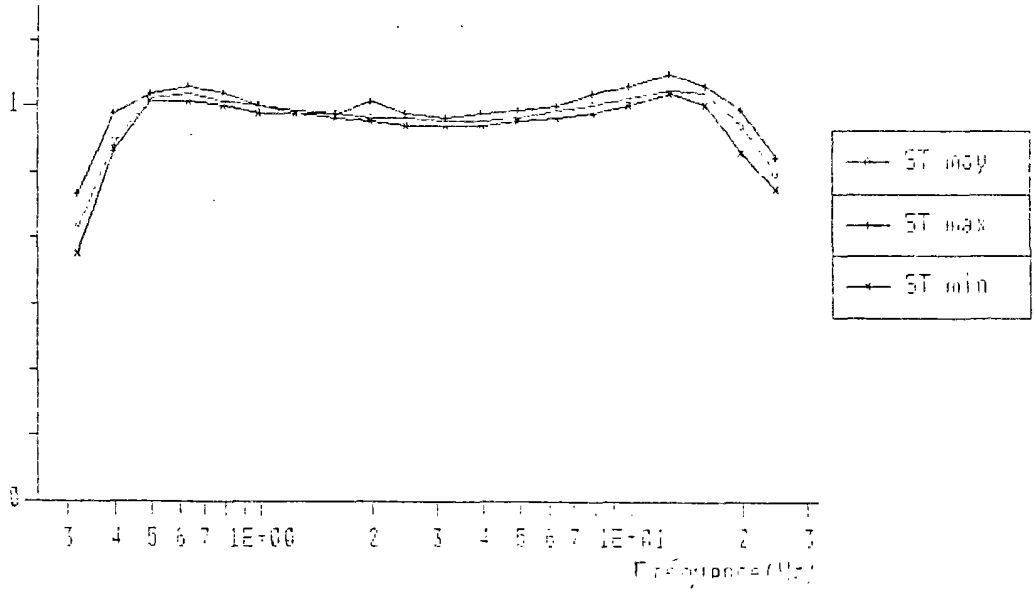


Figure 22. Enveloppe (4) des fonctions de transfert (signaux moyennés et sélectionnés) utilisée pour le traitement des ST

3.2.5. Interprétation manuelle et interprétation informatique

L'étalonnage des remorques a été réalisé pour certaines fréquences ; on a ensuite tracé les courbes manuellement. Les points d'étalonnage (en fréquence) n'étaient pas alors identiques pour toutes les mesures; les courbes sont en fait lissées. A partir de 1984 l'étalonnage est dirigé par ordinateur. Les courbes tracées avec les outils informatiques ne sont donc pas lissées; elles se caractérisent, par contre, par des points de mesure fixés (voir la figure 23). Pour ces derniers, le pas d'étalonnage n'est pas constant, il varie de 0,1 Hz (gamme 0,3Hz - 0,6 Hz) à 0,2 Hz (gamme 0,6 Hz - 1,0 Hz) et 0,5 Hz (gamme 1 Hz - 2 Hz) puis 2 Hz (gamme 2 Hz -22 Hz) et 4 Hz (gamme 22 Hz - 30 Hz). Ce pas variable assure un bon tracé de la réponse dynamique de l'APL mais n'est pas adapté au traitement ultérieur, surtout à l'analyse spectrale.

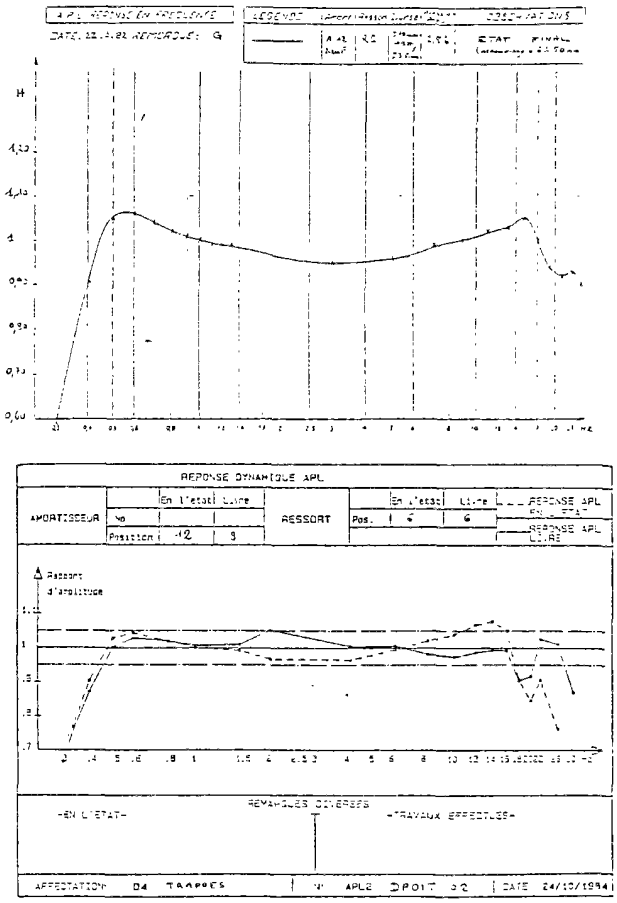


Figure 23. Différentes représentation des essais d'étalonnage

Pour cette étude, afin de satisfaire les besoins d'unification et de traitement, on a fixé un pas variable égal à 1/3 d'octave. Ce qui donne pour l'échelle de l'APL - 72 les valeurs de fréquence suivantes (Hz) : 0,25; 0,32; 0,40; 0,50; 0,64; 0,8; 1,0; 1,25; 1,60; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,4; 8,0; 10,0; 12,8; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0.

Toutes les fonctions de tranfert ont été retraitées pour déterminer les rapports d'amplitude pour les fréquences déterminées ci-dessus. Les valeurs extrêmes de fréquence (0,25 Hz et 32 Hz) pour lesquelles il n'y a pas de mesure d'étalonnage sont exclues (voir par exemple la figure 17).

3.2.6. Fonction de transfert dans chaque gamme d'onde

Les figures précédentes représentent la fonction de transfert pour trois gammes de longueurs d'ondes. Pour l'APL-72 en pratique (voir § 2.4.2.) les signaux sont traités séparément dans chacune des gammes, et il est raisonnable de représenter aussi la fonction de transfert dans chaque gamme d'onde séparément. Des exemples des fonctions de transfert par gamme de longueur d'onde sont montrés sur les figures 24 et 25.

3.3. Effet des conditions de mesure

L'APL-72 doit travailler dans un régime de vitesse réelle constante (V = 72 km/h). La vitesse de mesure dépend à la fois de l'exactitude de compteur de vitesse (donc de la précision de la mesure de la distance) et des possibilités de l'ensemble véhicule - conducteur à observer une vitesse constante.

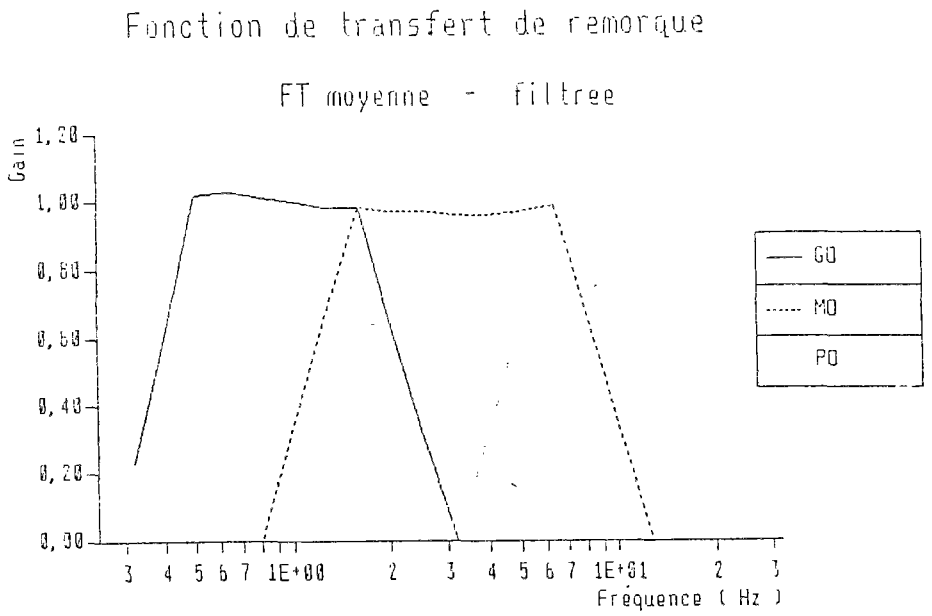


Figure 24.

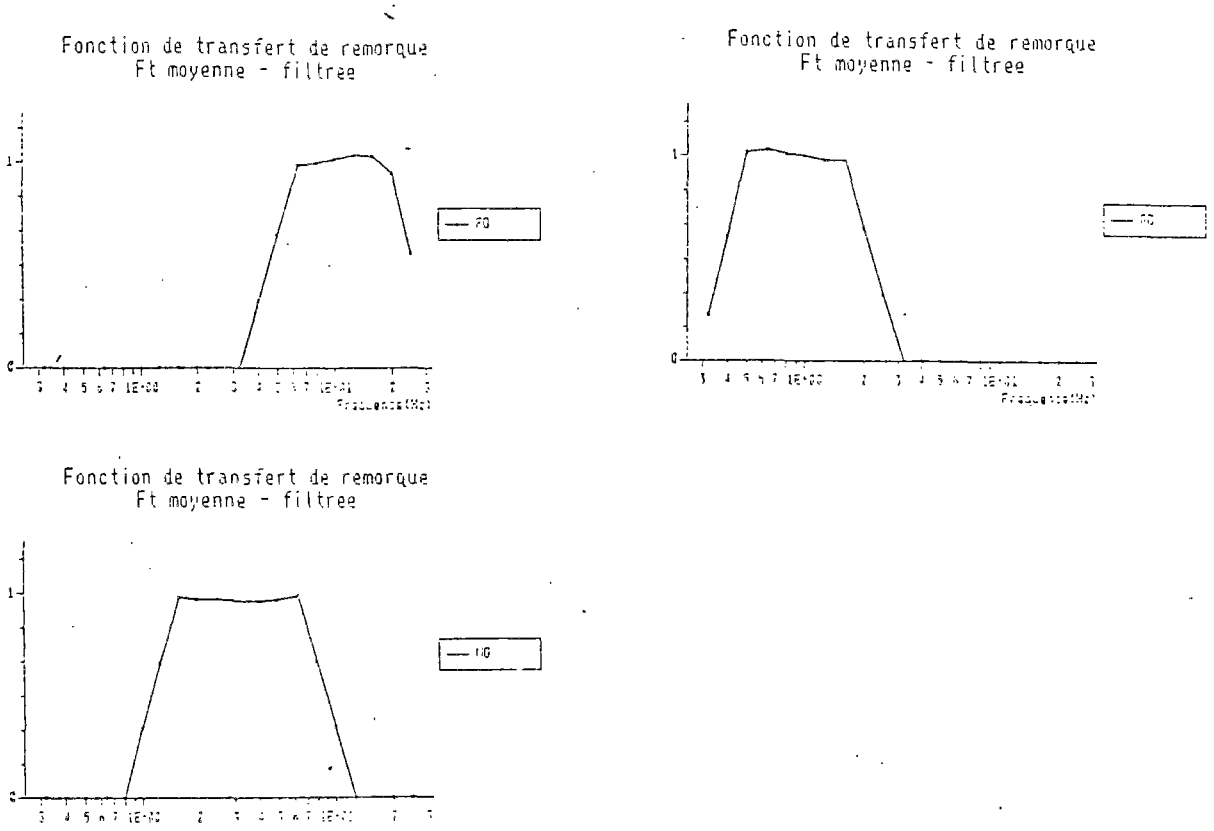


Figure 25.

3.3.1. Influence de la précision de mesure de distance

Comme base de données pour cette analyse, on a choisi les sections témoins du LROP. La méthodologie retenue pour déterminer les écarts de distance entre différents passages est décrite au § 4.3.2. .

Dans un premier temps, on a pris comme mesure de référence, pour chaque section, le passage de 1979. Cette mesure existe pratiquement pour toutes les sections ; par ailleurs c'est en 1978 qu'on a commencé la remise à zéro du code de service au début du tronçon mesuré, c'est donc la plus ancienne des mesures qui pour chaque section comporte un topage correct du début de section .

Dans un deuxième temps, n'ayant pas de données précisant la véritable longueur des sections,on a retenu comme meilleure estimation la moyenne des valeurs mesurées lors de tous les passages sur chaque section - ce qui suppose l'hypothèse d'une distribution constante des erreurs dans le temps. On a donc déterminé :

$$\Delta_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta l_i}{n}$$

puis ~~et après~~ :

$$\Delta_i = \Delta l_i - \Delta_m$$

où : - Δ_m est la moyenne des erreurs pour une section déterminée,
- Δl_i est l'erreur relative de chaque passage (base - 1979),
- n est le nombre de passage,
- Δ_i est l'erreur relative de chaque passage (base - moyenne).

Base - moyenne générale

On a tracé pour chaque année de mesure, et pour certaines périodes les histogrammes qui prennent en compte la longueur des sections mesurées avec une erreur donnée. On a retenu deux classes de regroupement : 0,2 et 0,5 %.

La figure 26 présente les histogrammes regroupés, le tableau 10 montre les caractéristiques des histogrammes pour la classe 0,2%.

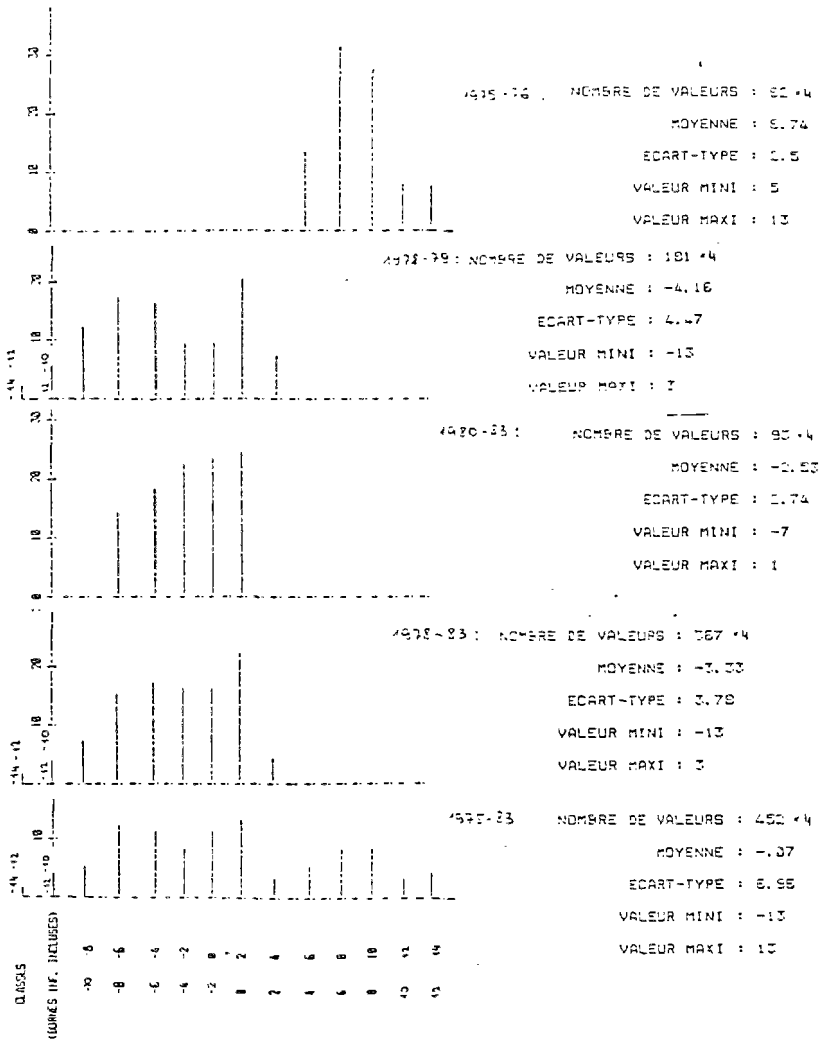


Figure 26. Distribution des erreurs de mesure de distance

On peut distinguer trois populations qui se caractérisent par les valeurs des erreurs relatives: -0,7%, 0% et + 0,7% (base - longueur moyenne). La première population de 1975 - 1976 a une erreur moyenne égale à 0,87% et son écart-type est de 0,25%. En 1977, on a une erreur moyenne de 0,36%, mais un écart type de 0,79%. Les populations pour 1978 -1979 et 1980 - 1983 ne sont pas éloignées. Les caractéristiques pour la période 1980 - 1983 sont meilleures mais ces résultats peuvent être provoqués par un plus petit nombre de valeurs retenues et aussi par le moyennage des erreurs pour la période 1978 - 1979. Il est probable qu'après avoir isolé la première population, les autres seront également cohérentes.

Les conclusions tirées ci-dessus sont valables pour le regroupement des histogrammes 0,2% et 0,5%, mais les distributions trouvées pour les classes à 0,5% ressemblent mieux à une distribution gaussienne.

Tableau 10. Erreurs de mesure de distance; base de calcul - moyenne générale; paramètres pour les classes de regroupement 0,2%

Période	Nombre de valeurs prises en compte	Erreur moyenne ‰	Ecart-type ‰	Valeur Min. ‰	Valeur Max. ‰
1975	68	9,35	2,15	7	12
1976	180	8,51	2,6	5	13
1977	464	3,59	7,91	- 13	13
1978	176	- 3,77	3,74	- 9	3
1979	548	- 4,28	4,68	- 13	3
1980	164	- 2,66	2,57	- 7	1
1981	il n'y a pas de données				
1982	76	- 0,05	1,81	- 3	1
1983	132	- 3,79	2,5	- 7	1
1975 1976	248	8,74	2,5	- 5	13
1978 1979	724	- 4,16	4,47	- 13	3
1980 1983	372	- 2,53	2,74	- 7	1
1978 1983	1096	- 3,33	3,78	- 13	3
1975 1983	1808	- 0,07	6,96	- 13	13

Base - distance mesurée en 1979

On pose donc comme deuxième hypothèse qu'il n'y a que 2 populations 1975-1976 et 1978-1983. Pour préciser les caractéristiques de ces populations on présente les distributions des erreurs relatives sans les moyenner (base 1979). Le tableau 11 récapitule les résultats.

Tableau 11. Erreurs de mesure de distance; base de calcul - mesure 1979; paramètres pour les classes de regroupement 0,2%

Période	Erreur moyenne %	Ecart-type ‰	Valeur Min. ‰	Valeur Max. ‰	Caractéristique pour les périodes		
					Période	Erreur moyenne ‰	Ecart-type ‰
1975 1977	17,4	3,19	9,4	21,7	1975	20,25	1,23
					1976	17,33	2,09
					1977	16,37	3,67
1977 1983	- 0,1	3,18	- 4,7	7,7	1977	0,08	0,93
					1978	0,2	3,88
					1979	0	0
					1980	2,17	1,54
					1983	1,77	3,59

Erreurs liées aux variations des mesures de distance - conclusions

On constate donc l'existence de deux populations de mesures : celles réalisées avant juillet 1977 et celles réalisées après. Les écarts-types restent toujours aux environs de 0,32% mais les valeurs moyennes des erreurs diffèrent de 1,8% (on ne peut pas savoir quelles sont les mesures convenables). Les écarts-types sont liés à l'appareil de mesure ; l'écart des valeurs moyennes est probablement lié au changement de la base de mesure en août/septembre 1977.

3.3.2. Influence de la vitesse de mesure.

La fonction de transfert, ou plutôt le traitement de la mesure n'est valable que pour une vitesse stable (20 m/s pour l'APL-72). En pratique, pour une vitesse constante aussi élevée la réalisation de la mesure est impossible : les mesures sont validées si la vitesse enregistrée pendant la mesure reste dans la plage 65 km/h -80 km/h (variation de -9,3% à +11,1% par rapport à la vitesse théorique).

Un changement de vitesse modifie le signal enregistré par déplacement de la fonction de transfert comme fonction de la longueur d'onde (il n'y a pas de changement de cette fonction par rapport aux fréquences), et ce qui est plus important déplace le domaine des longueurs d'onde prises en compte. La figure 27 représente la fonction de transfert moyenne (en abscisse la longueur d'onde), et les courbes correspondant aux vitesses limites tolérées; la même représentation est faite sur la figure 28 pour les signaux filtrées.

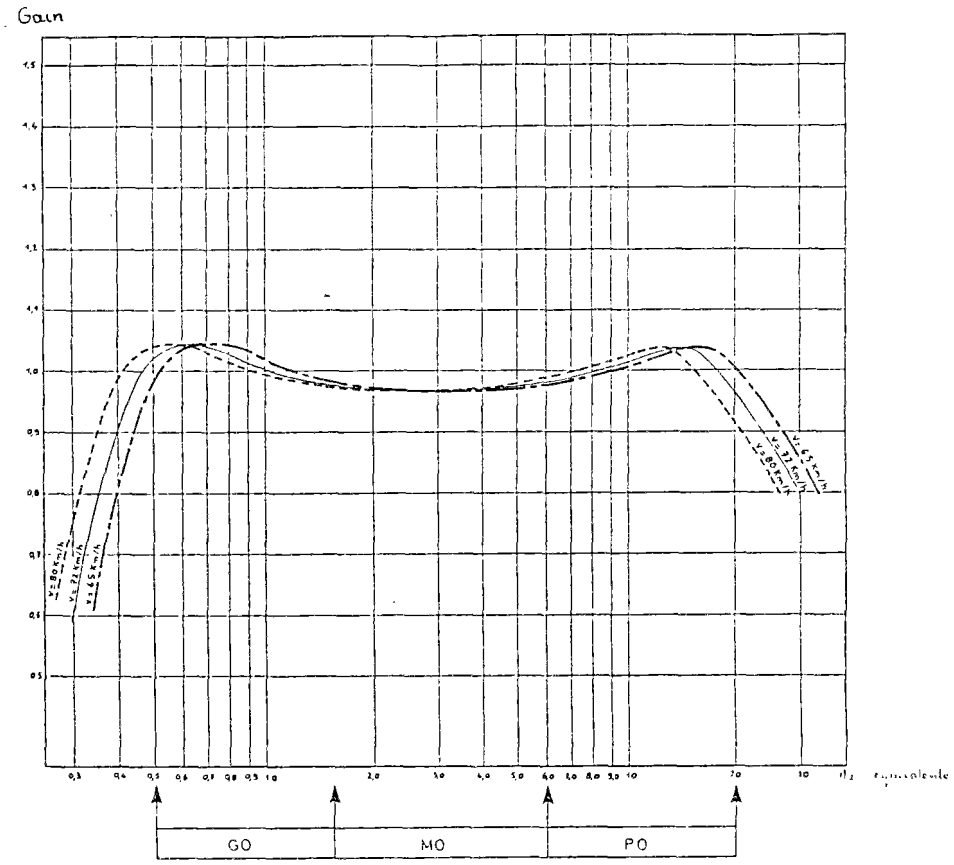


Figure 27. Influence de la vitesse sur la fonction de transfert APL

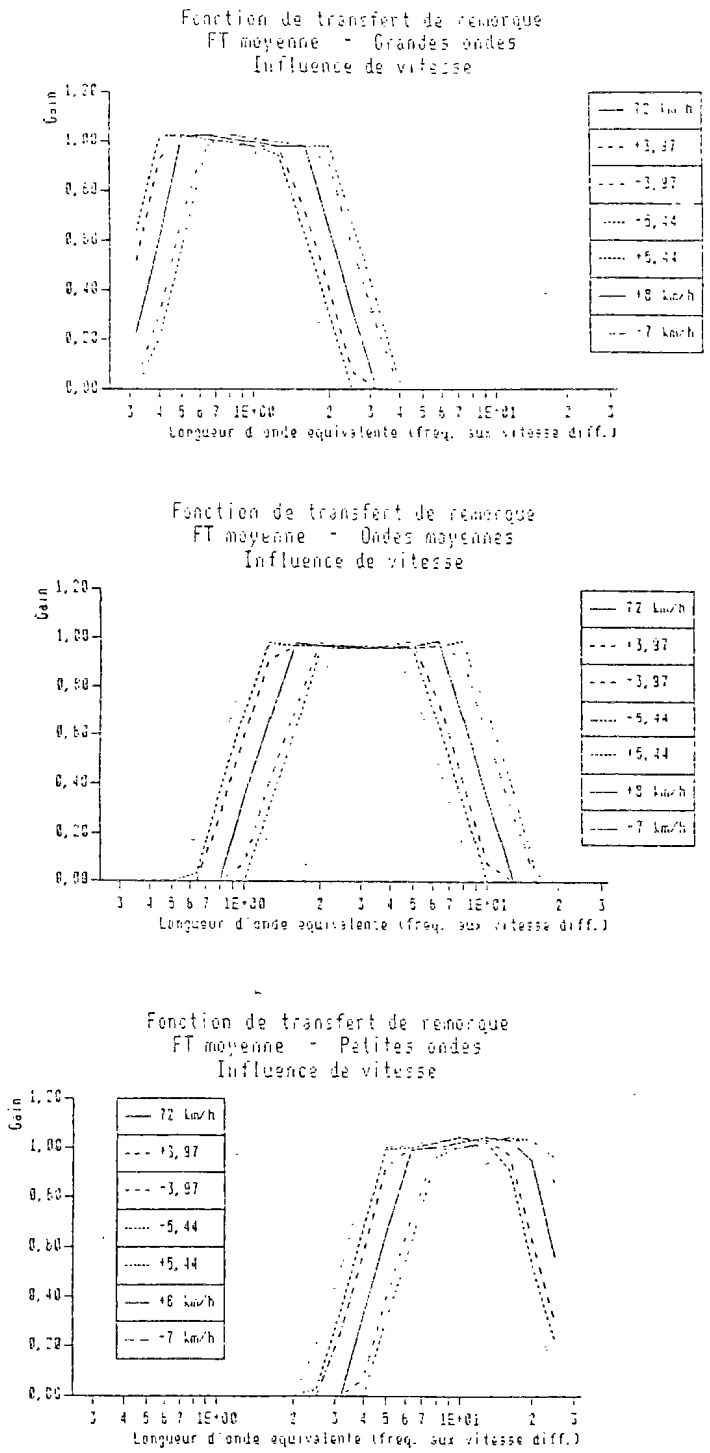


Figure 28.

Une étude statistique de la répartition des vitesses durant une campagne de l'APL-72 a été réalisée. Le tableau 12 présente les résultats pour les sections témoins du LROP et les statistiques générales. Ces données sont cohérentes pour toutes les sections. Les histogrammes représentant la répartition des vitesses se trouvent en annexe .

Tableau 12. Distribution de vitesse des mesure de l'APL-72

Sections	$\tilde{v}$ Km/h	s Km/h
ST sur 1	71.7	1.4
2	71.9	1.1
4	71.2	2.2
7	72.0	2.6
10	72.1	1.3
11	71.4	1.7
18	71.8	2.1
20	72.2	1.1
21	72.0	1.3
22	71.9	1.4
26	71.9	1.1
28	72.1	1.0
30	72.5	1.2
41	71.7	0.8
42	72.1	1.1
43	71.8	1.8
44	72.0	2.0
45	72.0	1.5
ST général	71.9	1.8
APL-72 2 voies		
APL-72 3 voies		
APL-72 RN		
APL-72 Autoroutes		

La valeur moyenne de la vitesse reste proche de 72 km/h. Pour les routes à 2 voies, 95% des valeurs sont comprises entre $v + \Delta v$ et $v - \Delta v$; avec

$$\Delta v = 2{,}0 * 1{,}8 = 3{,}6 \text{ km/h}$$

Les erreurs de mesure de longueur provoquent des erreurs de mesure de la vitesse; il faut donc ajouter (toujours pour la confiance de 95 %) les valeurs qui suivent .

- Pour l'analyse des sections témoins (ST) du LROP (période 1975-1983) :

  - valeur moyenne des erreurs : 1,74 %,
  - écart-type : 0,319 % (voir tableau 11)

  et donc dans 95% des cas l'erreur reste inférieure à

$$\Delta V_1 = 1{,}74 + 1{,}64 * 0{,}319 = 2{,}56\%$$

  ce qui correspond, pour la vitesse de base de 72 km/h, à 1,84 km/h.

- Pour les données de la BDR (période 1977-1983) :

  - valeur moyenne des erreurs : 0,
  - écart type : 0,318 %,

  soit: $\Delta V_2 = 0 + 1{,}64 * 0{,}318 = 0{,}53\%$

  ce qui correspond, pour la vitesse de base 72 km/h, à 0,37 km/h.

En cumulant ces deux effets, 95% des valeurs seront comprises entre $v - \Delta v_T$ et $v + \Delta v_T$, avec v égale :

$$\Delta V_{T_1} = \Delta V + \Delta V_1 = 3{,}6 + 1{,}84 = 5{,}44 \text{ km/h} \quad \text{pour les ST}$$

$$\Delta V_{T_2} = \Delta V + \Delta V_2 = 3{,}6 + 0{,}37 = 3{,}97 \text{ km/h} \quad \text{pour la BDR}$$

Pour la fonction de transfert moyenne, les variations de fonction de transfert liées aux variations de la vitesse (suite à une analyse spectrale - voir § 3.5.2.) sont représentées dans le tableau 13 . On remarque sur le tableau 13, pour les petites ondes (PO) et aussi bien pour les grandes ondes (GO), des zones de valeurs peu fiables. Cet effet est lié à la coupure, à droite pour les PO et à gauche pour les GO, des fonctions de transfert (voir § 3.2.7.). Pour les PO, les valeurs d'écart absolu doivent être diminuées, par contre pour les GO - augmentées.

Tableau 13. Influance de la vitesse sur la précision de mesure APL; variations des énergies APL (exprimées en %)

Gamme d'onde	-7 km/h	-5,44 km/h	-3,97 km/h	-1,01 m/h	72 km/h	+1 km/h	+3,97 km/h	+5,44 km/h	+8 km/h
NOTES 1 - 8									
PO	-18,1	-12,4	-9,8	-3,3	0	+0,4	+2,4	+4,3	+3,9
MO	-13,7	-10,1	-9,5	-4,6	0	+1,1	+7,5	+14,0	+18,6
GO	-26,3	-19,3	-15,6	-5,1	0	+1,6	+9,6	+16,3	+16,[illegible]
NOTES 9 - 10									
PO	-18,2	-12,5	-9,7	-3,9	0	+1,0	+2,8	+5,0	+4,5
MO	-17,6	-14,0	-12,0	-4,7	0	+0,3	+10,7	+16,6	+21,9
GO	-25,3	-19,0	-14,7	-6,8	0	+0,6	+10,4	+14,[illegible]	+15,[illegible]

— valeur peu fiable

Les écarts sont importants. Il est intéressant de noter que, dans le cas des PO, ils ne croissent pas uniformement quand on s'éloigne de la vitesse 72 km/h (probablement à cose de l'effet de la coupure décrit ci-dessus).

On trouve que l'influence de la vitesse est la plus forte pour les grandes ondes (surtout si la vitesse diminue), ce qui est explicable par le caractère de décroissance du spectre (voir § 3.5.2.).

3.3.3. Reproductibilité de la mesure

Afin de préciser la reproductibilité de mesure de l'APL-72, on a réalisé le 21.09.84 et le 24.09.84 une vérification particulière. On a choisi des sections sur lesquelles on a réalisé 10 passages standards (plage de vitesse standard, libre choix du lieu de passage sur les voies) de l'APL-72.

On a choisi 2 sections caractéristiques d'unis différents (notes 3 et 10). Les longueurs des tronçons étaient respectivement de 4 km (20 tronçons de 200 m) et de 5,4 km (27 x 200 m).

Sur la section 1 il n'y a pas eu de perturbation pendant la mesure, par contre sur la section 2 on a enregistré :

passage 1	27è tronçon - pas de mesure,
passage 3	14è et 15è tronçons - changement de la voie (dépassement des véhicules lents),
passage 4	3è et 4è tronçons - vitesse hors la zone standard,
passage 5	13è et 14è tronçons - changement de la voie.

Pour les mesures perturbées qui ont conduit à des valeurs extrêmes d'énergie, les resultats n'ont pas été pris en compte.

Les mesures ont ensuite été traitées sur la chaîne standard (les résultats en notes et en énergie se trouvent dans l'annexe).

Il faut souligner que ces mesures ont été réalisées sur 2 jours (donc avec une fonction de transfert de remorque constante) et ont été traitées au même moment sur la même chaîne (temps d'alimentation quasi-constant donc fonction de transfert de la chaîne constante aussi).

En ce qui concerne la plage de vitesse de mesure qui n'était pas préalablement restreinte, il faut remarquer qu'elle est assez étroite. L'analyse des vitesses enregistrées pendant la mesure montre que, sauf un cas exceptionnel sur le tronçon 26, où la vitesse était 79,9 km/h, la répartition de vitesse est bien centrée autour de 72 km/h. L'écart-type de distribution par tronçon varie de 0,42 km/h à 1,06 km/h (pour le tronçon 26 il est égal à 3,45 km/h). Ainsi globalement (tronçon 26 inclus) la vitesse moyenne générale égale à 71,9 km/h et l'écart type relativement faible (1,03 km/h) reste donc au-dessous de la valeur retenue comme dispersion normale de la vitesse pour l'étude des sections témoins et pour celle de la BDR (voir § 3.3.2.).

Pour chaque tronçon de 200 m mesuré (section 1, section 2 et section 2 - corrigée) on a fait une analyse statistique (de 10 valeurs), en déterminant la valeur moyenne et l'écart-type dans les domaines des énergies et des notes.

On a étudié la distribution des écarts-types en calculant leurs valeurs moyennes et leurs écart-types. Les résultats sont présentés dans le tableau 27.

Tableau 27. Distribution de reproductibilité des mesures

Section	Note			Energie			
	moyenne de l'écart-type	s de l'écart-type	valeur max. l'écart-type	moyenne de l'écart-type	s de l'écart-type	valeur maximum	valeur minimum
	PC						
1	0,08	0,17	0,53	19,17	8,62	40,88	10,41
2	0,21	0,23	0,52	16,84	9,42	44,91	6,23
2(cor)	0,22	0,23	0,52	17,10	9,51	44,91	6,23
1+2(cor)	0,16	0,21	0,53	17,91	9,06	44,91	6,23
	MC						
1	0,13	0,21	0,53	17,89	8,19	30,80	8,18
2	0,27	0,22	0,52	14,56	11,52	57,81	1,03
2 (cor)	0,27	0,22	0,52	14,95	12,00	57,81	1,03
1+2(cor)	0,21	0,22	0,53	16,04	10,73	57,81	1,03
	GC						
1	0,10	0,20	0,48	26,03	43,89	175,65	4,43
2	0,29	0,26	0,69	17,32	13,36	59,16	4,07
2 (cor)	0,24	0,25	0,60	15,52	13,12	59,16	4,07
1+2(cor)	0,19	0,24	0,60	19,49	28,77	175,65	4,07

Section 2(cor) : section 2 après avoir enlevé les anomalies de mesure

Pour les notes on obtient de meilleures valeurs pour la section 1 (uni plus mauvais) que pour la section 2, par contre la répartition d'énergie est plus stable sur la section 2.

Les distributions, pour les notes et pour les énergies, ont un caractère proche de la distribution 2 (les points de discontinuité de la répartition sont dus au nombre de tronçon restreint et, pour les notes, aux échelles de notation).

On a ensuite vérifié l'hypothèse de la corrélation entre la moyenne et l'écart-type de l'écart type initial utilisant les formules suivantes :

R1 : $s = a*v + b$

R2 : $s = a*\lg v + b$

où : - v est la valeur moyenne de l'écart-type
- s est son écart-type.

Le tableau 28 regroupe les coefficients de régression.

On voit que l'énergie conduit à une corrélation plus forte que la note, mais toujours assez faible, probablement à cause d'une population très réduite et à cause du regroupement des valeurs estimées au milieu de la plage de valeurs possibles (valeurs extrêmes ne sont pas nombreuses dans les données).

Pour les notes, on trouve que l'erreur liée à la répétition de mesures est indépendante de la valeur d'uni et au niveau de la plus forte valeur moyenne égale à

0,22 - pour les petites ondes,
0,29 - pour les ondes moyennes,
0,27 - pour les grandes ondes.

Pour les énergies on trouve que l'influence des valeurs mesurées sur la reproductibilité des mesures suit les formules ci-dessous. Ces formules ne sont valables que dans la zone incluse par la régression c'est-à-dire que les valeurs de l'écart-type ne doivent pas sortir de la plage de valeurs extrêmes (voir le tableau 27). On indique donc les plages de validité des formules.

Tableau 28. Relation entre les valeurs moyennes et les écart-types de la répétabilité de mesure (coefficient de régression)

Fichier	Note		Energie	
	R_1	R_2	R_1	R_2
P O				
1			0,87	0,79
2			0,28	0,31
2 (cor)			0,28	
1+2 (cor)	0,32		0,40	
M O				
1			0,47	0,46
2			0,61	0,52
2 (cor)			0,60	
1+2 (cor)	0,28		0,38	
G O				
1	- 0,07	- 0,12	0,79	0,68
2	- 0,03	0,01	0,29	0,40
2 (cor)	- 0,09		0,39	0,46
(1+2 cor)	- 0,11	- 0,12	0,60	0,38

Les formules retenues sont les suivantes :

<u>Petites ondes</u> : $s(E) = \begin{cases} 0{,}02*E + 12{,}41 & \text{pour } E < 1625 \\ 45 & \text{pour } E > 1625 \end{cases}$

<u>Ondes moyennes</u> : $s(E) = 0{,}02*E + 11{,}25$

<u>Grandes ondes :</u> $s(E) = \begin{cases} 4 & \text{pour } E < 105 \\ 0{,}09*E - 5{,}37 & \text{pour } E > 105 \end{cases}$

Théoriquement, tenant compte de la distribution gaussienne, l'erreur liée à la reproductibilité peut être décrite, par exemple au niveau de confiance 95%, par la valeur égale 1,96 * écart-type. Mais, en pratique, ces essais n'ont pas été réalisés à une vitesse constante. On a montré, que la variation de la vitesse est faible, mais réelle. Afin de distinguer cette double influence (reproductibilité et variation de vitesse), on considére que la valeur d'un écart-type décrit ci-dessus est représentative de l'étendue maximale d'erreur liée à la reproductibilité de la mesure. L'erreur lié à la variation de vitesse est décrit au § 3.3.2. .

3.4. Effet du traitement du signal

Le signal est traité par une chaîne analogique (voir la figure 4). On peut distinguer les étapes suivantes :

- passage par les filtres - récupération des trois gammes d'onde,
- cumul de la tension électrique pour les tronçons de 200 m,
- transformation de la tension en valeur d'énergie,
- attribution des notes dans les gammes choisies.

Les trois premières étapes ont un caractère analogique, le quatrième est numérique.

Actuellement il y a deux chaînes de traitement indépendantes, qui sont exploitées au LROP.

3.4.1. Filtres de la chaîne de traitement

Selon les informations du constructeur, les filtres ont les caractéristiques présentées sur la figure 29 (pour chaque chaîne et chaque gamme de longueur d'onde). La figure 30 représente les transformations numériques des filtres décrits sur la figure 29.

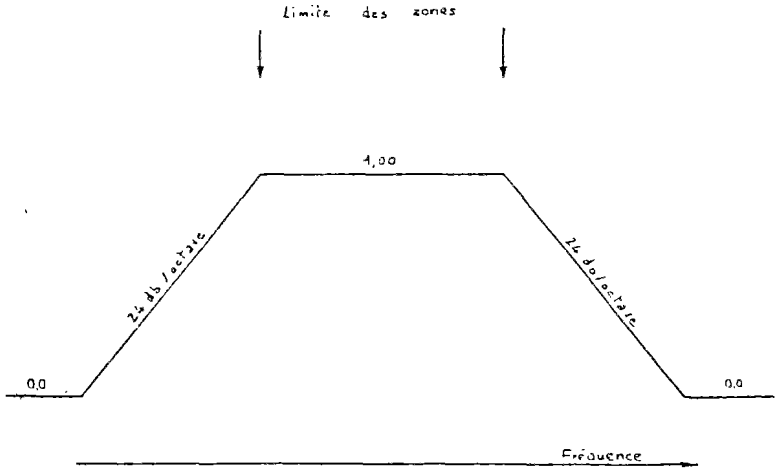


Figure 29. Fitres de la chaîne de traitement APL-72

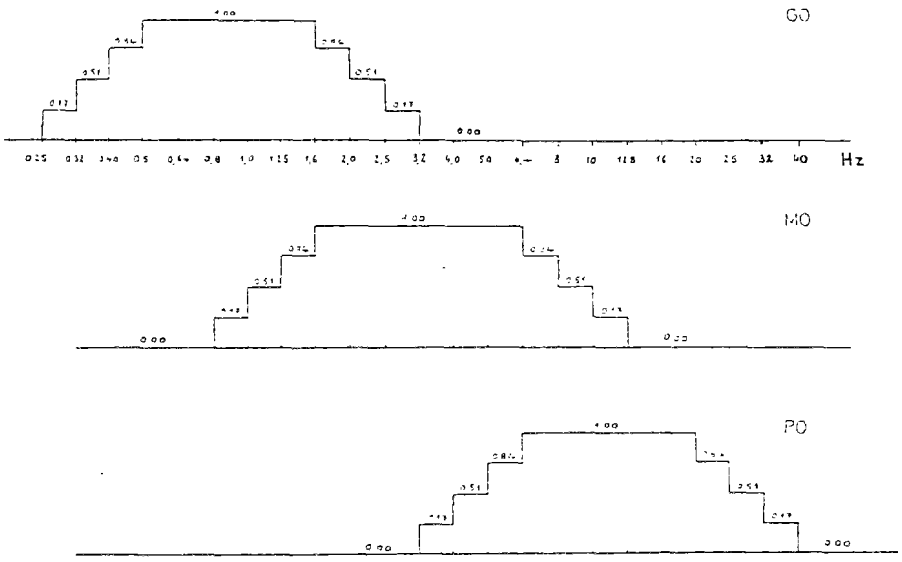


Figure 30. Représentation numérique des fitres d'APL-72

On trouve que les valeurs actives des filtres sortent des limites de fréquence étalonnée (pour les petites ondes et pour les grandes ondes).

3.4.2. Fonction de transfert de la chaîne de traitement

La relation entre la tension efficace et la valeur de l'énergie pour les PO est présentée sur la figure 31 (les relations correspondantes pour les MO et GO sont représentées sur les figures 50 et 51). Cette relation date de 1978 et sert de base d'étalonnage de la chaîne de traitement (voir § 3.4.5.). Les courbes de transfert (pour chaque gamme d'onde) ne sont pas décrites par une fonction analytique ; elles sont chacune remplacées par deux droites . La première droite est valable pour les notes 10 et 9, (elle est tracée au point de tangence de la courbe à la limite des classes 9 et 8) et la deuxième pour les notes de 1 à 8. La formule de ces droites en échelle logarithmique est :

$$\lg w = a * \lg u + b$$

où : - w est l'énergie totale (somme des deux signaux),
- u est la tension efficace.

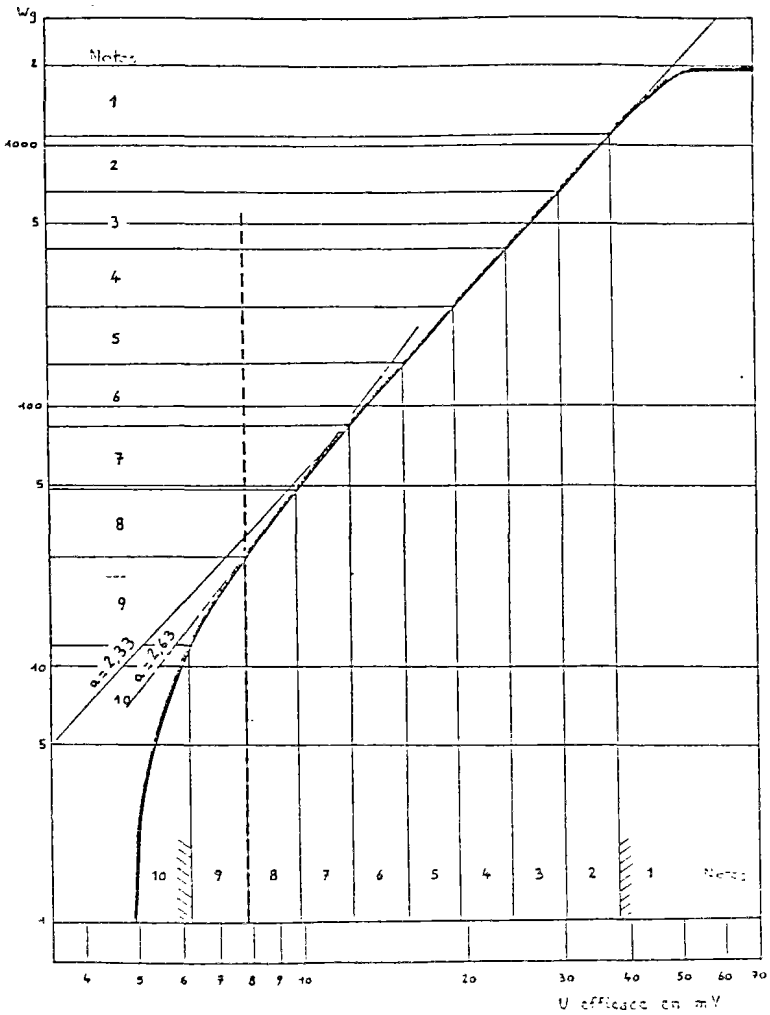


Figure 31. Fonction de transfert de la chaîne de traitement pour les petites ondes

Pour la fonction de transfert de la chaine, ce sont les écarts relatifs de l'énergie en fonction des écarts relatifs de la tension qui nous intéressent. On écrit donc :

$$\left(1 + \frac{\Delta W}{W}\right) = \left(1 + \frac{\Delta u}{u}\right)^{a}$$

Les paramètres "a" utilisés pour chaque droite (et chaque gamme d'onde) sont regroupés dans le tableau 14.

Tableau 14. Paramètre "a" des fonctions de transfert de la chaîne APL-72

Gamme d'onde	Note 1 - 8	Note 9 - 10
PO	2,33	2,63
MO	2,17	4,76
GO	2,17	3,85

D'après ces formules, on a tracé les courbes qui déterminent les relations entre les variations de tension et les variations d'énergie (la figure 35).

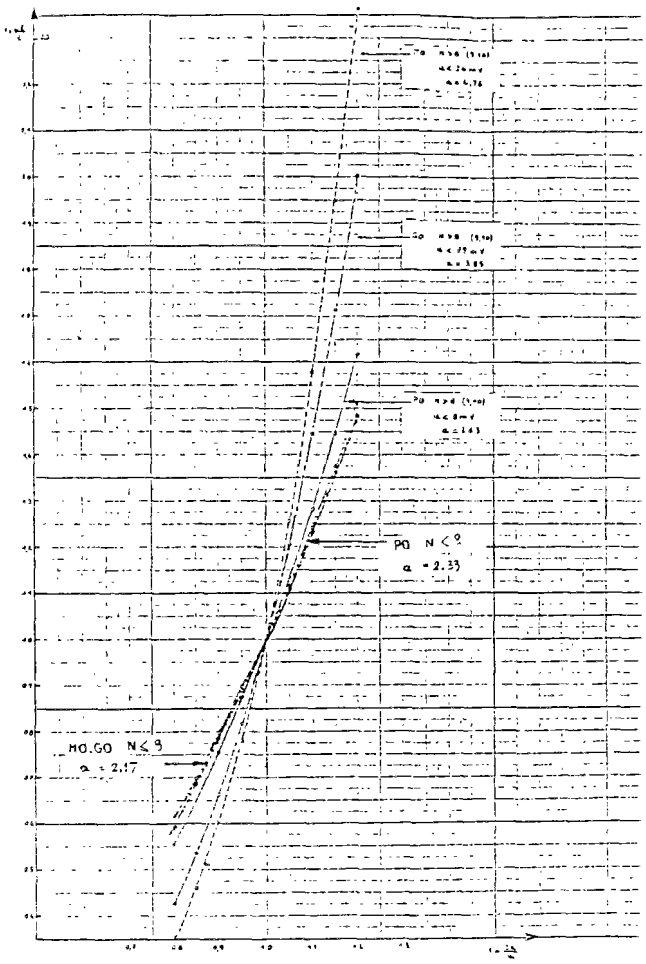


Figure 35. Relation énergie APL-72 - tension efficace

3.4.3. Fonction de transfert d'énergie

Les relations décrites ci-dessus ont permis de déterminer la fonction de transfert de l'énergie (remorque et chaîne incluses). On a aussi déterminé les enveloppes des fonctions de transfert de l'énergie. Elles sont représentées sur les figures 36, 37, 38 et 39. On peut remarquer sur ces figures, dans la gamme des petites ondes, le déplacement de courbe lié au changement de la pression dans le pneumatique de remorque.

Les figures 36, 37, 38 et 39 ne sont qu'une illustration théorique regroupant les trois gammes de longueur d'onde. En pratique, le phénomène se manifeste différemment dans chacune des gammes. C'est le regroupement qui provoque aux limites des gammes les points de discontinuité des courbes.

Pour établir les fonctions de transfert, soit de la remorque soit de la remorque et de la chaîne ensemble, pour chaque gamme de longueur d'onde, il faut utiliser les notions de filtres (§ 3.4.1.). Sur la figure 40 on a représenté un exemple des fonctions de transfert "énergie", pour chaque gamme d'onde séparemment (représentation type d'un tiers d'octave).

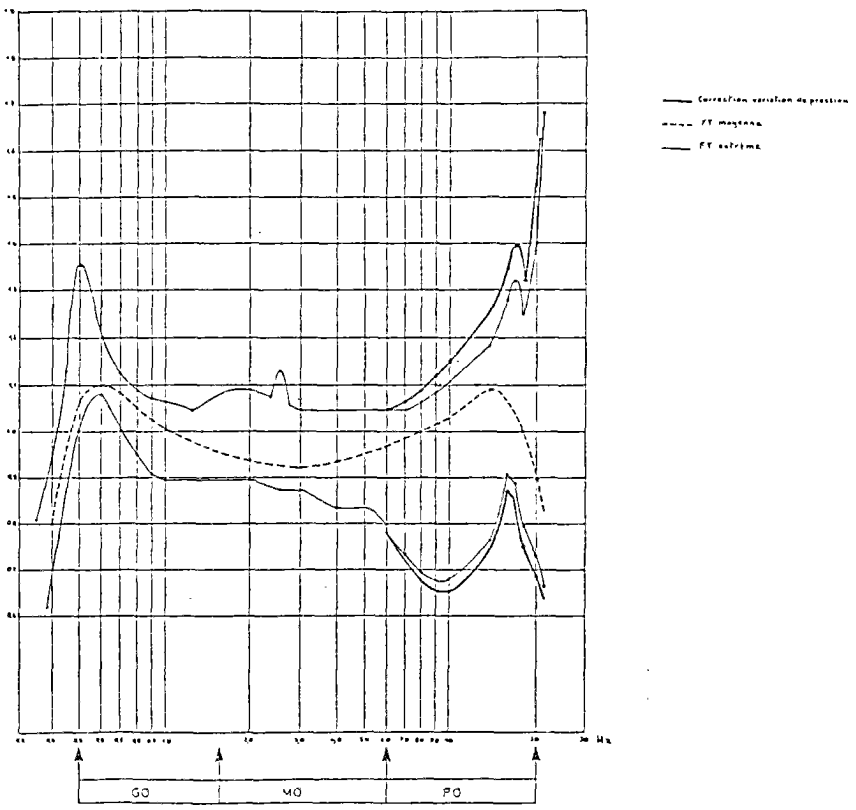


Figure 36. Fonction de transfert "énergie"; données de la BDR; notes 1 - 8

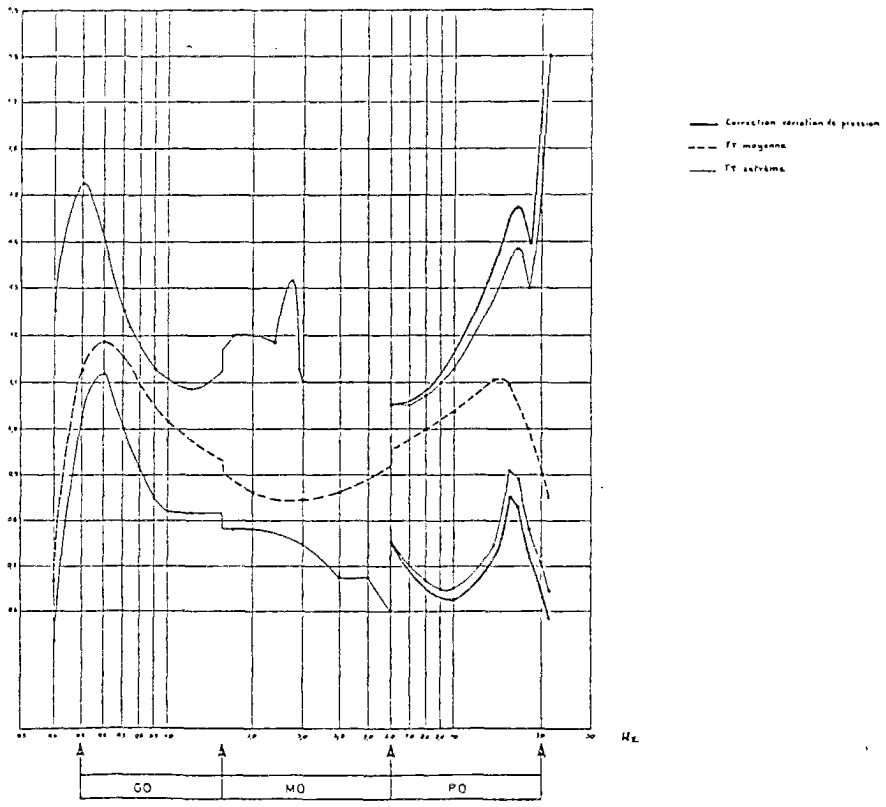


Figure 37. Fonction de transfert "énergie"; données de la BDR; notes 9 - 10

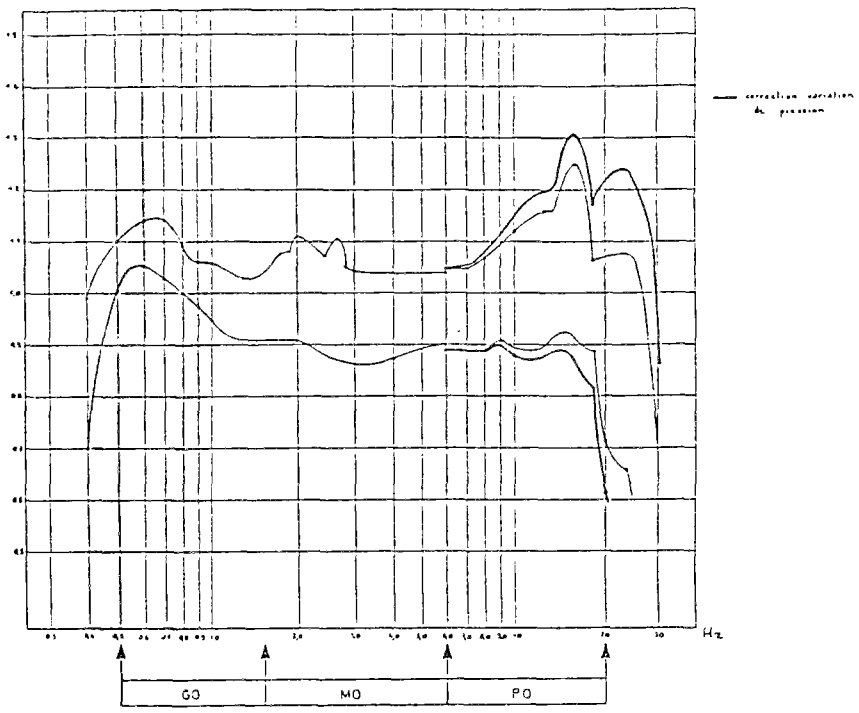


Figure 38. Fonction de transfert "énergie"; données des ST; notes 1 - 8

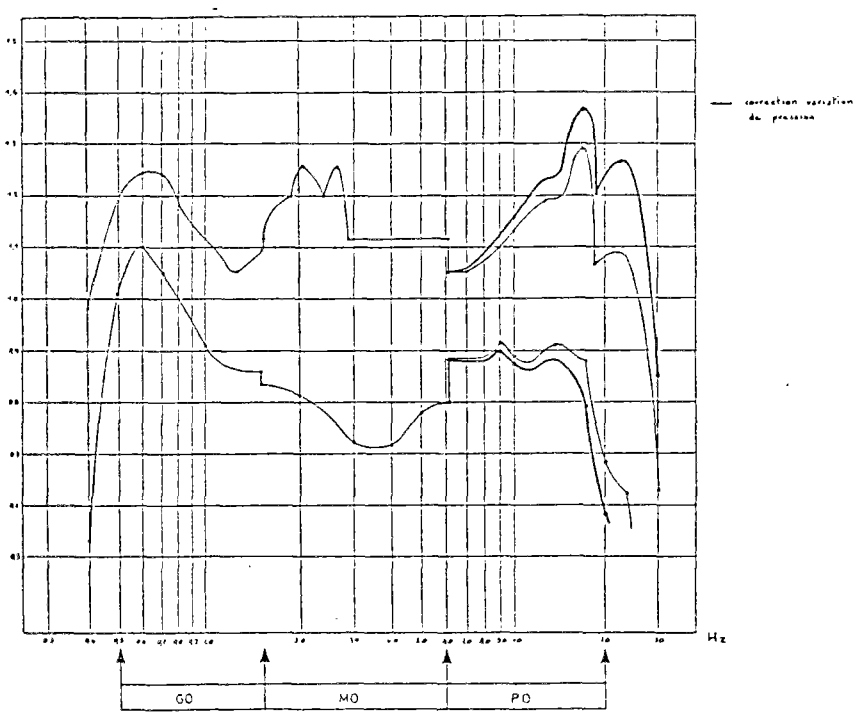
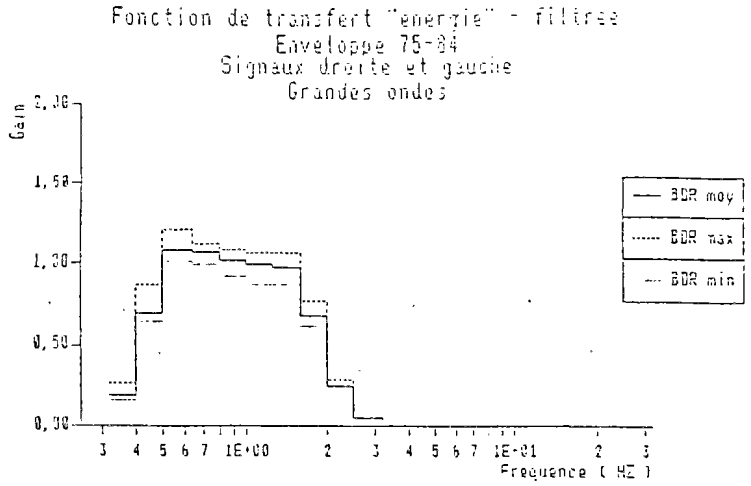
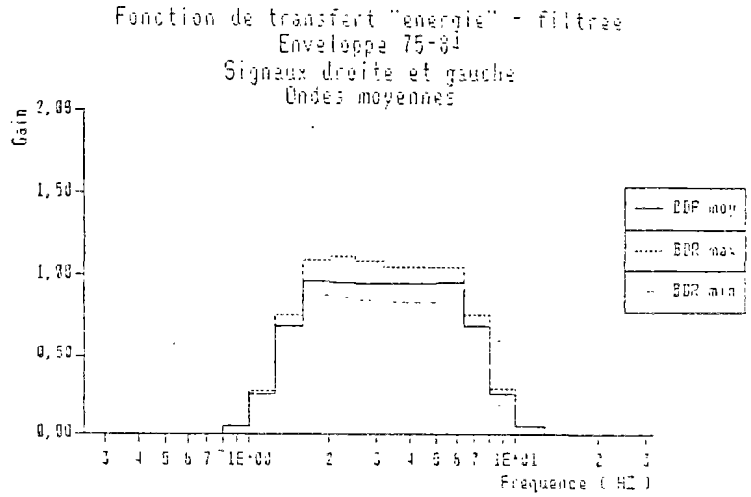


Figure 39. Fonction de transfert "énergie"; données des ST; notes 9 - 10





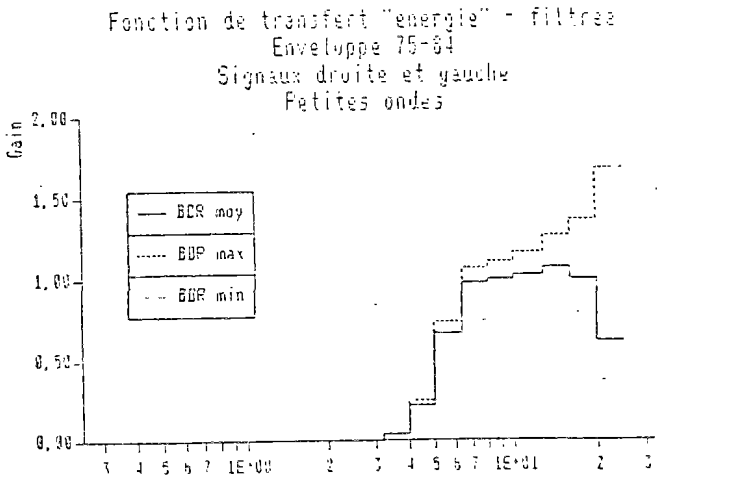


Figure 40. Fonctions de transfert "énergie" filtrées

3.4.4. Variations le la fonction de transfert de la chaîne de traitement en fonction du temps d'alimentation

On a réalisé un essai de traitement pour le même signal, sur la même chaîne, mais pour différents temps d'alimentation de la chaîne. Le signal enregistré a été généré au milieu de chaque gamme d'onde, avec des amplitudes variables dans la plage des valeurs réelles de l'APL-72. Ce signal a été enregistré sur bande magnétique, en ajoutant les codes de service (voir § 4.3.2.) simulant des tronçons de 200 m. Cette bande a été retraitée sur la chaîne n° 1 comme une bande standard de l'APL. Finalement, on a obtenu pour chaque passage de bande, un jeu de résultats correspondant à l'énergie totale cumulée sur un tronçon de 200 m.

Comme temps d'alimentation on a choisi 15', 30', 1h, 1h30', 2h, 2h30', 3h, 3h30', 4h30', 5h30', 6h30', 7h30', 8h30'.

Les résultats ont été regroupés dans un fichier et analysés en utilisant le programme "MULTIVAR" qui se trouve dans la bibliothèque statistique NLT |70|.

Pour chaque gamme de longueur d'ondes, on a essayé d'expliquer, la variation de l'énergie mesurée E_t en fonction du temps d'échauffement t (en heures) par rapport à l'énergie initiale E_1 (après 15' d'échauffement):

$$E_t = f(E_1, t)$$

L'analyse a été réalisée pour les signaux droite et gauche séparément et pour la somme droite et gauche. On a essayé aussi une formule plus simple $E_t = f(t)$ mais les résultats n'ont pas été satisfaisants au point de vue du pourcentage de cas expliqués.

Petites ondes

Pour les petites ondes on a obtenu la formule suivante, qui offre le meilleur compromis entre le pourcentage des cas expliqués et le nombre de termes dans le polynôme .

Signal droit : $E_{tD} = -0{,}49 + 0{,}99*E_1 - 6{,}93*t + 0{,}66*t^2$

: 99,98 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 2,64.

Signal gauche : $E_{tG} = 2{,}37 + 0{,}99*E_1 - 4{,}42*t + 0{,}42*t^2$

: 99,99 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 1,97.

Somme des signaux : $E_{tT} = 1{,}90 + 0{,}99*E_1 - 11{,}35*t + 1{,}08*t^2$

: 99,98 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 4,43.

Les valeurs d'énergie doivent être positives donc la validité de ces formules est assurée pour :

$E_{tD} > 0$ ======> $E_1 > E_1^{lim} = 18$

$E_{tG} > 0$ ======> $E_1 > E_1^{lim} = 11$

$E_{tT} > 0$ ======> $E_1 > E_1^{lim} = 30$

On note que les valeurs E_1^{lim} sont faibles et du même l'ordre de grandeur que les valeurs des bornes qui separent les classes 9 et 10. Pour les valeurs $E_1 < E_1^{lim}$, on peut obtenir en certain point $E_t = 0$ (voir la figure 41).

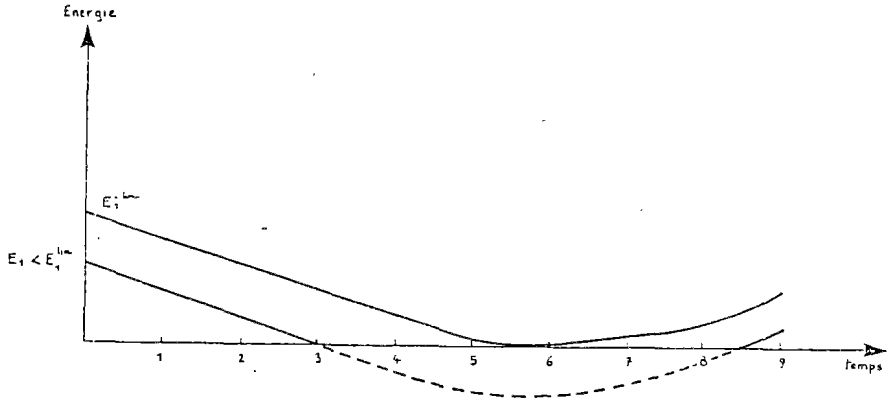


Figure 41. Fonction décrivant l'influence du temps d'alimentation de la chaîne sur le traitement des PO

Les dérivées premières sont respectivement :

droite : $\frac{\partial E_{tD}}{\partial t} = -6{,}93 + 1{,}32*t$ qui s'annule pour $t_{min} = 5{,}24$ h

gauche : $\frac{\partial E_{tG}}{\partial t} = -4{,}42 + 0{,}84*t$ qui s'annule pour $t_{min} = 5{,}28$ h

somme : $\frac{\partial E_{tT}}{\partial t} = -11{,}35 + 2{,}16*t$ qui s'annule pour $t_{min} = 5{,}25$ h

En pratique, le temps d'alimentation maximal est de l'ordre de 8 h 30 '(journée de travail). Les fonctions décrites ci-dessus atteignent donc leur valeurs maximales pour $t = 0$; on en déduit l'écart maximal :

$$\Delta E_{max} = | E^{max} - E^{min} |$$

soit pour les signaux:

droit : $\Delta E_{maxD} = | 6,93*5,24 - 0,66*5,24^2 | = 18,14$

gauche : $\Delta E_{maxG} = | 4,42*5,28 - 0,42*5,28^2 | = 11,67$

somme : $\Delta E_{maxT} = |11,35*5,25 - 1,08*5,25^2 | = 29,82$

Pour t = 4h (demi-journée de travail) les valeurs ΔE_{max} sont :

droite : 17,12;
gauche : 10,98;
somme : 28,12.

Pour les valeurs $E_1 < E_1^{lim}$ =======> $\Delta E_{max} = E_1$

On remarque que les chaînes droite et gauche ont un point extrême proche de 5h 30', et que la chaine gauche offre des conditions de travail plus stables (au niveau de la durée de l'alimentation).

L'influence du temps d'alimentation sur le traitement du signal APL dans les petites ondes est illustrée sur les figures 42 et 43 (uniquement pour la somme des signaux et 8 h 30 ' d'échauffement).

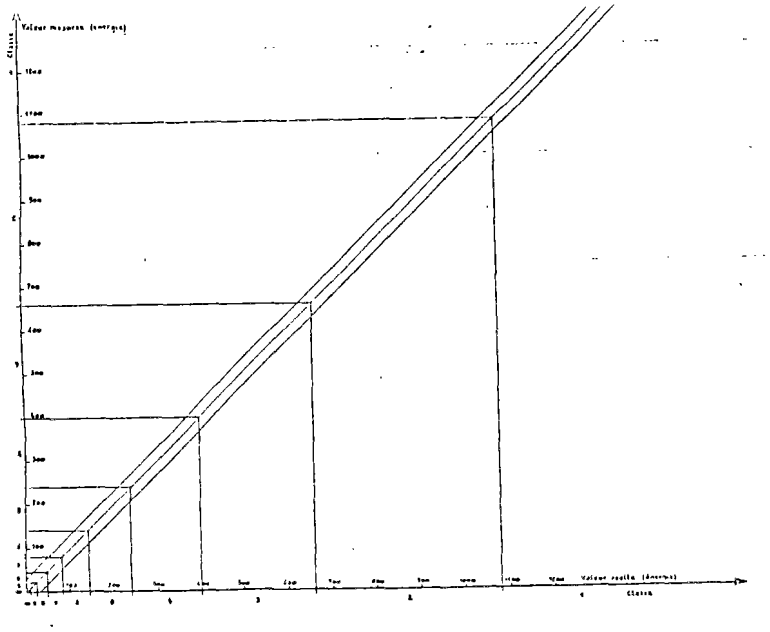


Figure 42. Variation de la note PO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne

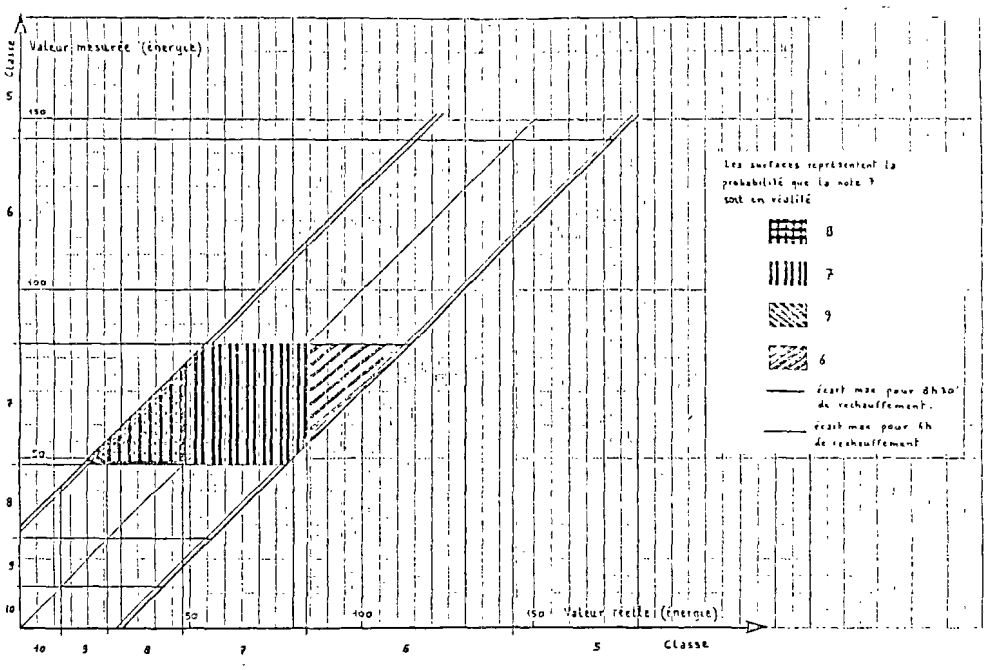


Figure 43. Variation de la note PO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne ; détail

Si on suppose que les erreurs liées au temps d'alimentation de la chaîne se répartitionnent a la façon homogène autour de la valeur moyenne (figure 44a), la probabilité que la note "n" devienne "m" après traitement est définie par

$$P\ (n\text{->}m) = \frac{S_m^i}{\sum_{i=1}^{n} S_m^i}$$

où : S_m^i sont les surfaces éxpliquées sur la figure 43.

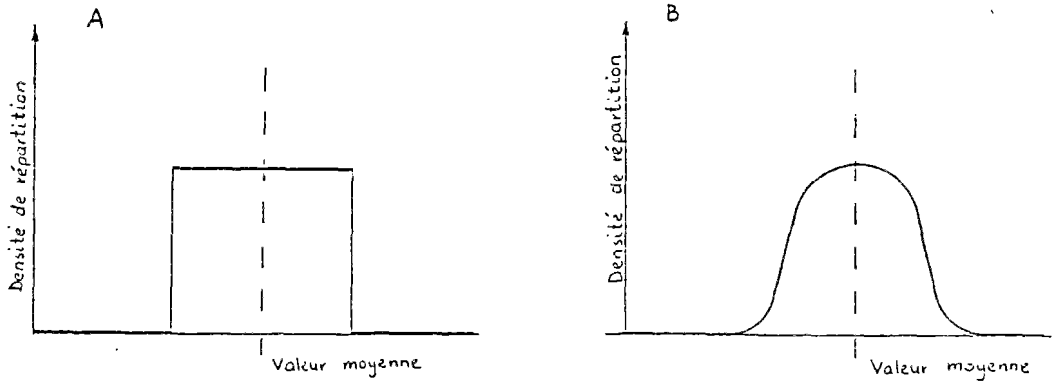


Figure 44. Hypothèses sur la répartition des écart liés au temps d'alimentation

En réalité, la répartition doit être plutôt gaussienne (mais pas strictement gaussienne); probablement comme indiqué sur la figure 44b.

Aucune donnée ne permettant de valider l'une ou l'autre des hypothèses présentées, on retient par prudence l'hypothèse d'une répartition homogène (constante) qui conduit à une estimation de l'erreur par excès.

C'est pourquoi, pour les valeurs obtenues par application de la formule précédente, il faut considérer que les points centraux sont estimés par défaut et que les points extrêmes sont estimés par excès. Par exemple (voir le tableau 15) pour une note mesurée égale à 2, la probabilité qu'elle soit 2 est supérieure à 96%, et celle qu'elle soit égale à 1 est inférieure à 2 % ; celle, qu'elle soit égale à 3 est aussi inférieure à 2%.

On trouve qu'il n'y a pas grande différence entre 4h et 8h30 d'échauffement, ce qui conduit à ne présenter les résultats que pour 8h30 (voir le tableau 15).

Tableau 15. Influence du temps d'alimentation de la chaîne sur les notes PO

Note mesurée	Note réelle	Probabilité pour 8h30 d'échauffement (%)
1	1	99
	2	1
2	1	2
	2	96
	3	2
3	2	3
	3	94
	4	3
4	3	5
	4	90
	5	5
5	4	8
	5	84
	6	8
6	5	13
	6	74
	7	13
7	6	21
	7	58
	8	20
	9	1
8	7	32
	8	37
	9	22
	10	9
9	7	4
	8	46
	9	27
	10	23
10	8	28
	9	39
	10	33

Ondes moyennes

Pour les ondes moyennes, on a obtenu par analyse de régression les formules suivantes :

Signal droit : $E_{tD} = -5,15 + 1,01*E_l - 0,45*t + 0,0037*E_l*t$

: 99,97 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 4,24.

Signal gauche : $E_{tG} = -2,45 - 1,01*E_l - 1,09*t + 0,0036*E_l*t$

: 99,97 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 3,98.

Somme des signaux: $E_{tT} = -7,61 + 1,01*E_l - 1,54*t + 0,0036*E_l*t$

: 99,97 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 7,93.

Ces formules sont valables pour : droite : $E_l > 10$,
gauche : $E_l > 10$,
somme : $E_l > 20$.

On voit bien que, dans le domaine du temps (t), ces fonctions de E_l sont toujours croissantes ou décroissantes selon la valeur E_l . On en déduit les valeurs d'écart maximal (E_{max}) pour les valeurs extrêmes E_l (minimales : précisées ci-dessus, maximales : 700 pour deux signaux séparés et 1400 pour la somme de signaux). Ces écarts sont régroupés dans le tableau 16.

Tableau 16. Ecarts maximaux d'énergie APL en fonction du temps d'échauffement; ondes moyennes.

Signal	Temps	pour E_{lmin}	pour E_{lmax}	E_l où E=0
droit	8h30' 4h	- 3,55 - 1,67	+ 17,94 + 8,46	123
gauche	8h30' 4h	- 8,95 - 4,21	+ 12,07 + 5,68	303
somme	8h30' 4h	- 12,50 - 5,88	+ 30,05 + 14,14	425

On retient aussi que, pour les valeurs $E1 < E1min$; $\Delta E = \frac{\Delta E_{1min}}{E_{1min}} * E1$

Les écarts d'énergie dus au temps d'alimentation de la chaine pour les moyennes ondes sont représentés sur les figures 45,46 et dans le tableau 17 .

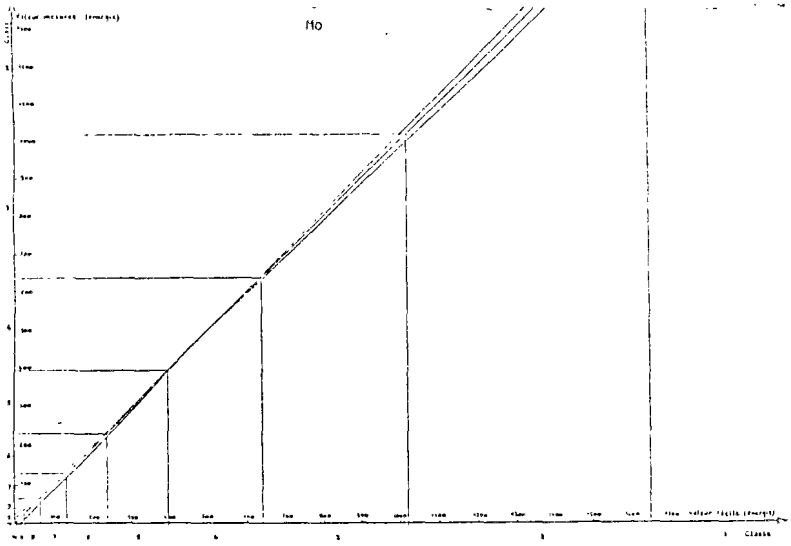


Figure 45. Variation de la note MO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne

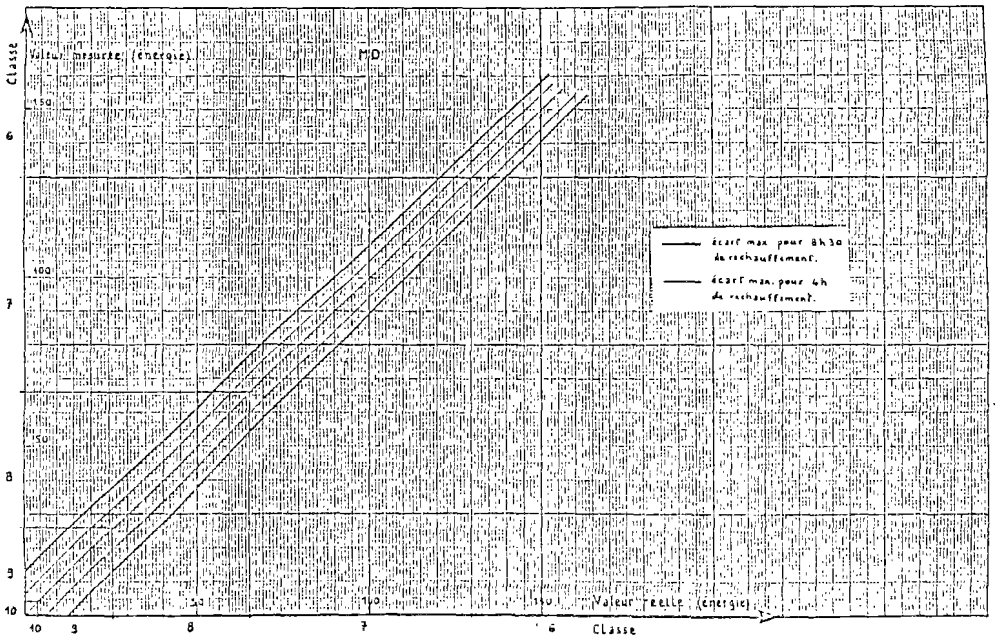


Figure 46. Variation de la note MO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne (détail)

Tableau 17. Influence du temps d'alimentation de la chaîne sur les notes MO

Note mesurée	Note réelle	Probabilité pour 8h30 d'échauffement %	Probabilité pour 4h d'échauffement %
1	1 2	96 4	98 2
2	1 2 3	2 97,5 0,5	1 99 0
3	2 3 4	2 97,3 0,2	0,5 99,5 0
4	3 4	2 98	0,2 99,8
5	5 6	97 3	99,5 0,5
6	5 6 7	0,8 96,2 3	0,5 97,5 2
7	6 7 8	3 93 4	2 96 2
8	7 8 9	6 85 9	3 93 4
9	9 9 10	14 77 9	7 86 7
10	9 10	74 26	50 50

Grandes ondes

Pour les grandes ondes, on a obtenu par analyse de régression les formules suivantes :

Signal droit : $E_{tD} = -1,08 + 1,01*E_1 - 1,10*t + 0,0025*E_1*t$

: 99,98 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 4,00.

Signal gauche : $E_{tG} = 1,59 - 1,01*E_1 - 0,43*t + 0,0022*E_1*t$

: 99,97 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 4,44.

Somme des signaux: $E_{tT} = 0,50 + 1,01*E_1 - 1,53*t + 0,0023*E_1*t$

: 99,98 % de cas expliqués,
: F de Snedecor satisfaisant au niveau 99%,
: écart-type résiduel = 8,12.

Ces formules sont valables pour : droite : $E_1 > 10$,
gauche : $E_1 > 4$,
somme : $E_1 > 14$.

Les fonctions sont du même type que pour les moyennes ondes. Les valeurs maximales E_1 sont : 950 pour deux signaux séparés et 1900 pour la somme de signaux. Les écarts maximaux pour les grandes ondes sont régroupés dans le tableau 18.

Tableau 18. Ecarts maximaux d'énergie APL en fonction du temps d'alimentation; grandes ondes.

Signal	Temps	pour E_{1min}	pour E_{1max}	E_1 où E=0
droit	8h30' 4h	- 9,14 - 4,30	+ 10,65 + 5,01	445
gauche	8h30' 4h	- 3,57 - 1,68	+ 14,09 + 6,63	195
somme	8h30' 4h	- 12,74 - 5,98	+ 24,77 + 11,64	652

On retient aussi que, pour les valeurs $E_1 < E_{1min}$; $\Delta E = \frac{\Delta E_{1min}}{E_{1min}} * E_1$

Les figures 47 et 48 représentent les variations d'énergie en fonction du temps d'alimentation. Les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau 19. La signification des valeurs est la même que pour les petites ondes.

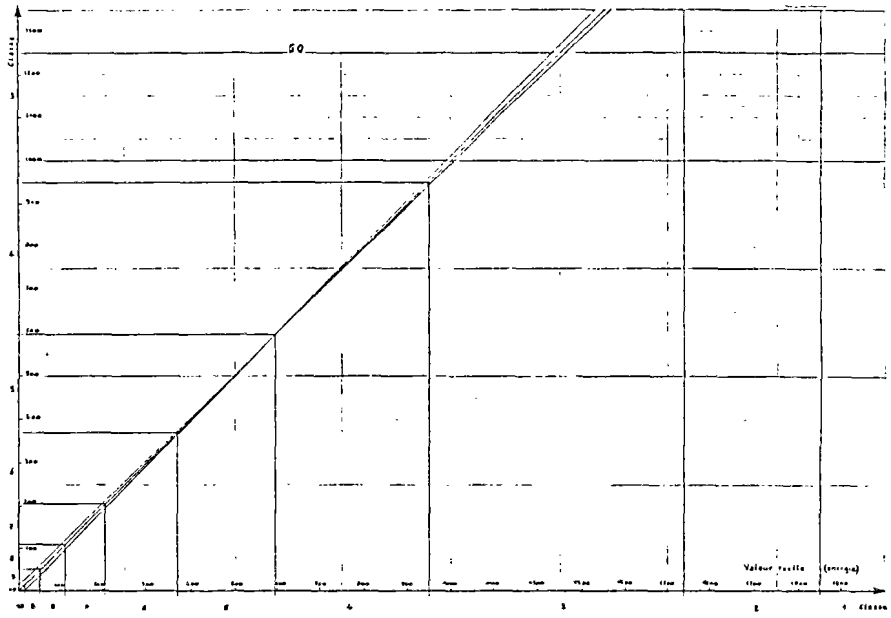


Figure 47. Variation de la note GO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne

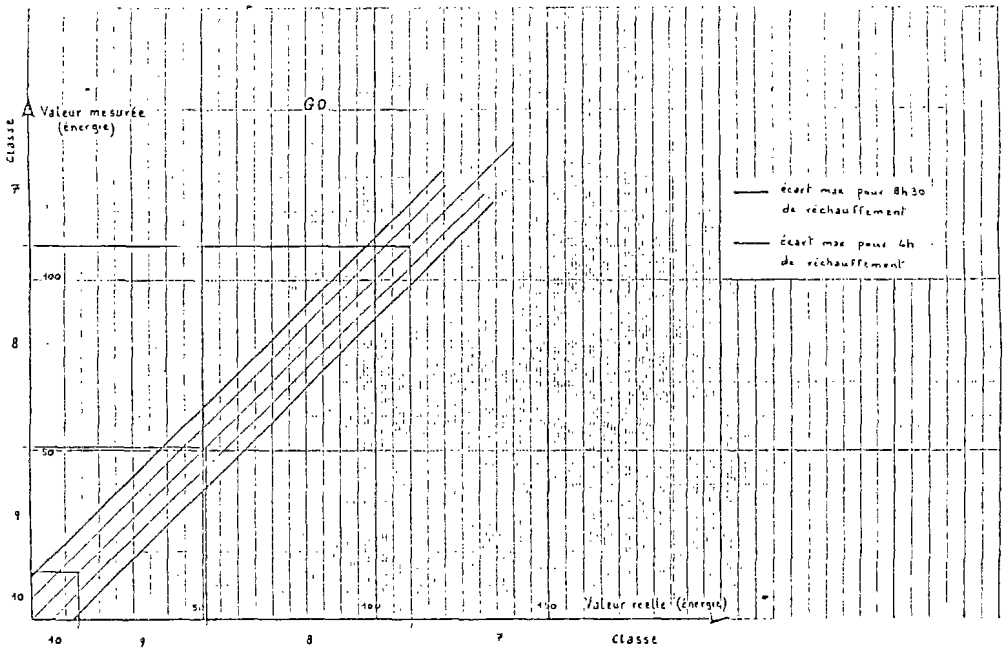


Figure 48. Variation de la note GO en fonction du temps d'alimentation de la chaîne ; détail

Tableau 19. Influence du temps d'alimentation de la chaîne sur les notes GO

Note mesurée	Note réelle	Probabilité pour 8h30' d'alimentation (%)	Probabilité pour 4h d'alimentation (%)
1	1 2	92 8	97 3
2	1 2 3	3 95 2	1 98,2 0,8
3	2 3 4	2 97,8 0,2	1 99 0
4	3 4	1 99	0,6 99,4
5	5 6	99 1	0,5 99,5
6	5 6 7	0,6 98,4 1	0,3 99,1 0,6
7	6 7 8	2 95 3	0,6 97,4 2
8	7 8 9	4 91 5	2 95 3
9	8 9 10	8 84 8	4 92 4
10	9 10	30 70	12 88

Conclusion partielle

On voit que le temps d'alimentation de la chaîne a la plus forte influence dans la gamme des petites longueurs d'ondes, surtout dans la zone des notes 5 - 10. Par contre des valeurs plus stables sont trouvées pour les grandes ondes.

3.4.5. Variations de la fonction de transfert de la chaîne de traitement dans le temps

La courbe présentée sur la figure 31 sert de base pour les étalonnages de la chaîne. Les tableaux 20, 21 et 22 regroupent les résultats des étalonnages des chaînes effectues pendant la période 1978 - 1984 (chaînes 1 et 2 |64|). Les mesures antériéures au 1.01.1978, stockées sur bandes magnetiques sous forme analogique ont été retraitées avec la chaîne 1 en 1978.

Les valeurs extrêmes (min, max) pour chaque tension d'étalonnage sont regroupées à droite des tableaux. On a ajouté aussi les valeurs des rapports de ces écarts aux valeurs de base (mesure du 4.4.78).

L'étalonnage du 21.09.81 n'a pas été pris en compte dans cette statistique parce qu'aucun traitement n'a été réalisé dans ces conditions.

On remarque que tous les étalonnages n'utilisent pas systématiquement les même valeurs de la tension efficace. La statistique sur les valeurs extrêmes peut donc être perturbée, surtout pour les moyennes et petites ondes dans la série des valeurs minimales.

Tableau 20. Etalonnage des chaînes de traitement APL-72; PO

mV effic.	001 4.4.78	001 8.7.81	001 21.9.81 3/4 h	001 21.10.81 3 h	001 17.10.83	002 21.10.81	003 21.03.84 1 h	Valeur min.	Valeur max.	Ecart Valeur min. /V base(-%)	Ecart Valeur max /V base (+%
0							0				
4				2							
5	2	2	11	8	20	2	0	0	20	100	1000
6	10	10	20	16	26	10	5	5	26	50	260
6,34							7	25			
7,7	25	27	36	33	42	27			42	0	68
7,9							23				
8,5	31	37	46	43	52	36	29	29	52	6	68
10,4	57	61	71	68	76	62		57	76	0	33
15,4	145	148	170	158	169	152		145	169	0	17
19,4							234				
21	316	312	335	318	328	315		312	328	1	4
26	489	485	517	484	495	483		483	495	1	1
30,2							589				
34	847	807	850	807	812	808		807	847	6	0
38							937				
48	1619	1620	1719	1607	1624	1630	1521	1521	1630	6	1
51	1847	1809	1890	1814	1825	1636		1809	1847	2	0
52	1836	1875	1890	1884		1891		1875	1891	0	0

Tableau 21. Etalonnage des chaînes de traitement APL-72; MO

mV effic.	001 4.4.78	001 8.7.81	001 21.9.81 1/2 h	001 21.10.81 3 h	001 17.10.83	002 21.10.81	003 21.03.84 1/2 h	Valeur min.	Valeur max.	Ecart Valeur min. /V base(-%)	Ecart Valeur max /V base (+%
0							0				
18				0	0	2	0				
19							0				
20	8	2	24	4	8	11	1	1	11	88	38
22	18	16	38	14	17	26		14	26	22	44
22.8							17				
24							24				
24.5	29	31	41	26	29	44		26	44	10	52
30	71	67	90	58	61	95		58	95	18	34
36	118	116	141	100	101	162	117	100	162	15	37
44.5	208	206	231	175	171	274		171	274	18	32
54	335	323	354	271	272	432		271	432	19	29
70	583	574	613	483	478	766		478	766	18	31
73							657				
83	831	819	856	691	685	1103		685	1103	16	32
92							1040				
93	1077	1049	1102	889	866	1393		866	1393	20	29
100	1252	1209	1332	1024	1011	1617		1011	1617	19	29
113	1583	1565	1659	1318	1296	1885		1296	1885	18	19
114							1650				
121	1840	1800	1889	1512	1478	1885		1478	1885	20	2

Tableau 22. Etalonnage des chaînes de traitement APL-72; GO

mV effic.	001 4.4.78	001 8.7.81	001 21.9.81 10	001 21.9.81 1430	001 21.10.81 9	001 17.10.83	002 21.10.81 2 h	003 21.03.84	Valeur min.	Valeur max.	Ecart Valeur min. -V base(-%)	Ecart Valeur max. V base (+%)
0								0				
58	4	1	19	23	0		4	0	0	4	-100%	+ 0%
60	8	5	26	25	5	3	8	1	1	8	88	+ 0%
61								3				
64								11				
67								17				
74	39	38	60	59	37	34	50		34	50	13	31
75								37				
79								47				
90	83	83	105	112	83	60	108	78	60	108	28	30
99								108				
110	150	152	173	173	151	128	195	147	128	195	15	30
124								202				
155								349				
164	413	405	426	451	408	372	523		372	523	10	27
194								587				
200	638	642	647	689	638	595	816	625	595	816	7	28
242								949				
270	1175	1205	1186	1319	1207	1142	1539		1142	1539	3	31
305	1540	1562	1565	1721	155	1480	1883	1541	1480	1883	5	22
320	1680	1730	1740	1824	1709		1884	1707	1680	1884	0	12
330	1837	1834	1875	1881	1842		1883	1838	1834	1883	0	3
337	1880	1880	1876	1882	1874		1884		1874	1884	0	0
340								1887				
380												

Il n'y a pas, non plus, d'informations complètes concernant les temps d'échauffement pendant l'étalonnage. Les valeurs indiquées dans les tableaux 20, 21 et 22 représentent l'énergie totale (somme de deux signaux).

Petites ondes

Dans la plage des petites ondes les écarts restent faibles, mais l'étalonnage du 21.03.1984 qui risque d'être minimal dans toute la plage ne peut pas être comparé avec les autres à cause du décalage des points de mesure. La courbe la plus "haute" est (pour la gamme de note 10 - 3), celle du 17.10.1983 .

L'enveloppe des étalonnages pour les petites ondes peut être examiné sur la figure 49. On remarque que les variations les plus importantes sont obtenues pour la gamme de notes 6 - 10.

On voit que les écarts restent dans les limites des variations liées au temps d'alimentation de la chaine.

On considère que l'enveloppe inférieure peut être décrite par :

$\Delta E = 0{,}06 * E$ pour $E < 1625$
$\Delta E = 0$ pour $E > 1625$

et l'enveloppe supérieure par :

$\Delta E = 19$ pour $E < 300$
$\Delta E = 23{,}24 - 0{,}0143 * E$ pour $300 < E < 1625$
$\Delta E = 0$ pour $E > 1625$

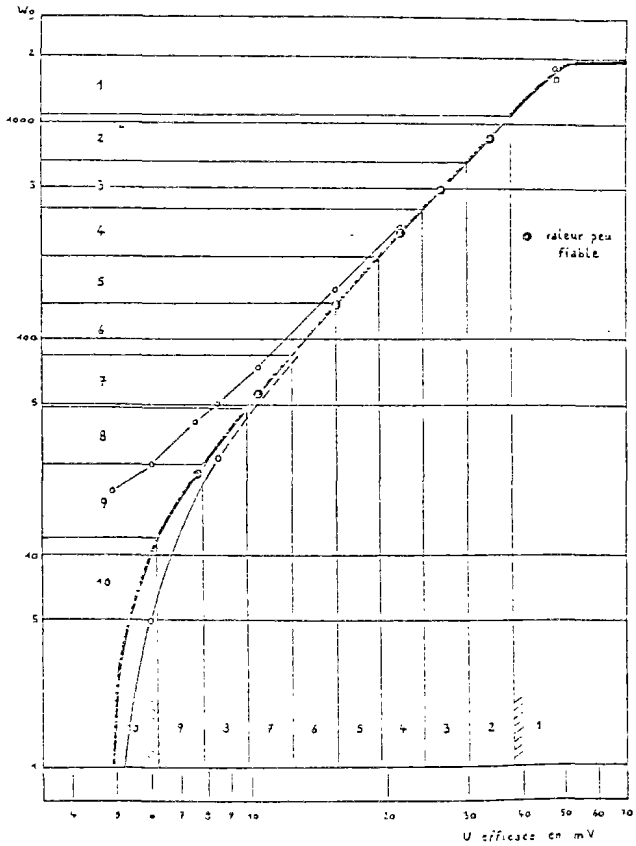


Figure 49. Enveloppe des fonctions de transfert de la chaîne APL-72 pour les petites ondes.

Ondes moyennes

Dans la plage des moyennes ondes la courbe la plus "haute" a été obtenue le 21.10.1981 (chaîne 2) et la plus "basse" le 21.10.1981 (chaîne 1 - 3h d'échauffement) jusqu'aux valeurs d'énergie 400 (note 5) et le 17.10.83 (chaine 1) à partir de la valeur 400 (jusqu'à la valeur 425 la fonction d'échauffement est décroissante puis à partir de 425 croissante).

Mais les écarts entre les courbes extrêmes ne peuvent pas être expliqués uniquement par la fonction du temps de mise sous tension. Dans la zone où la fonction du temps d'alimentation est stable (pour les valeurs d'énergie de 350 - 450, voir la figure 46), l'écart est égal à 188.

Sur la figure 50 on peut voir l'enveloppe des fonctions de transfert de la chaine pour les moyennes ondes.

On considère que l'enveloppe inférieure peut être décrite par:

$$\Delta E = 0{,}18 * E$$

et l'enveloppe supérieure par :

$$\Delta E = 0{,}30 * E \quad \text{pour} \quad E < 1250$$
$$\Delta E = 1087{,}5 - 0{,}57 * E \quad \text{pour} \quad E > 1250$$

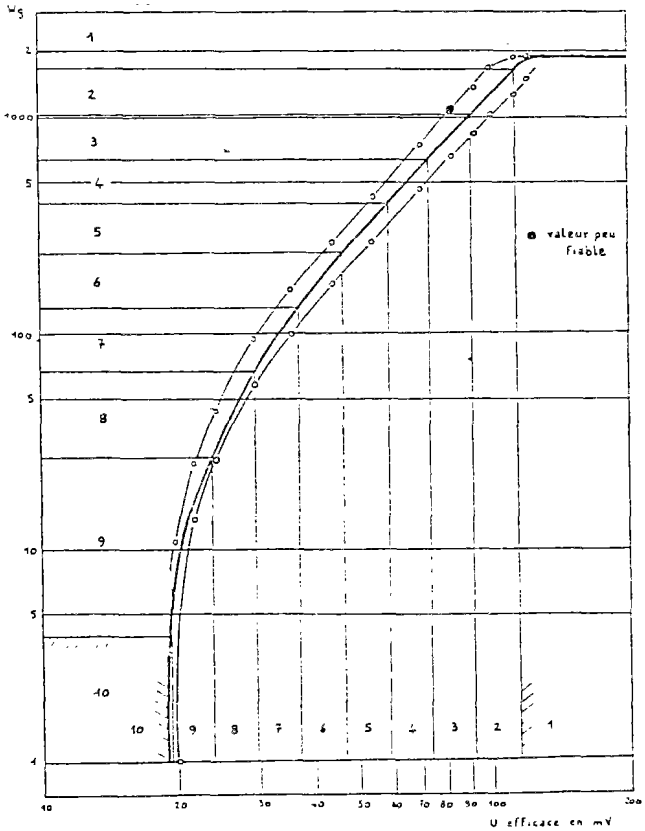


Figure 50. Enveloppe des fonctions de transfert de la chaîne APL-72 pour les ondes moyennes.

Grandes ondes

Dans la zone des grandes ondes les courbes extrêmes sont respectivement obtenues

- pour la courbe minimale le 17.10.1983 (chaîne 1),
- pour la courbe maximale, le 21.10.1981 (chaîne 2, 2h d'alimentation).

La situation est ici proche de celle de la gamme des ondes moyennes . Les écarts sont trop importants, et ne peuvent pas être expliqués par les variations liées au temps d'alimentation, par exemple dans la zone des valeurs stables au niveau du temps d'alimentation (les valeurs d'énergie de 550 - 650) les écarts sont proches de 220. La figure 51 montre l'enveloppe des fonctions de transfert de la chaîne de traitement dans le domaine des grandes ondes.

On considére que l'enveloppe inférieure peut être décrite par :

$\Delta E = 0{,}14*E$ pour $E < 105$
$\Delta E = (0{,}15 - 0{,}0001)*E$ pour $105 < E < 1500$
$\Delta E = 0$ pour $E > 1500$

et l'enveloppe supérieure par :

$\Delta E = 0{,}27*E$ pour $E < 1500$
$\Delta E = 1905 - E$ pour $E > 1500$

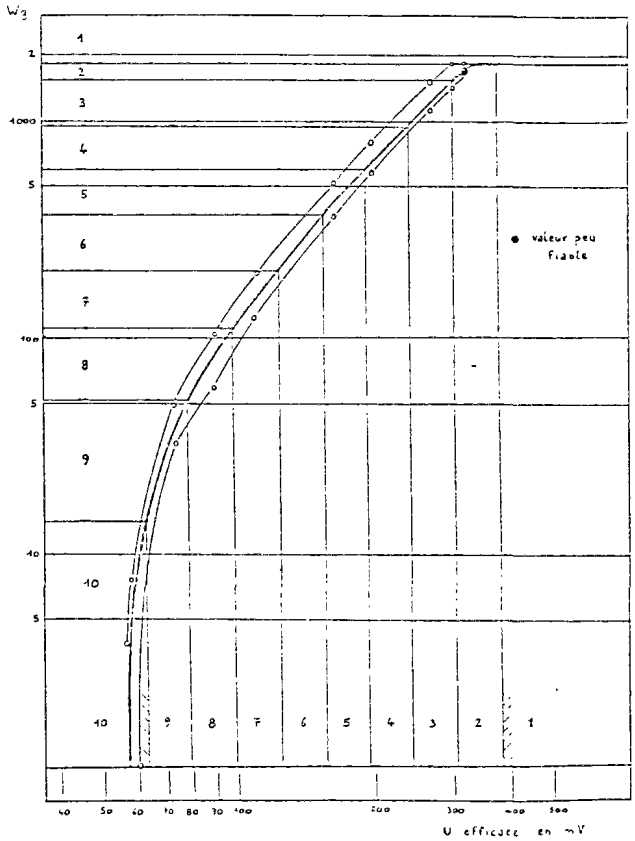


Figure 51. Enveloppe des fonctions de transfert de la chaîne APL-72 pour les grandes ondes.

3.5. Estimation de la précision des résultats (mesure et traitement)

La précision de l'APL-72 est considérée ici en fonction des applications particulières réalisées. Dans le cas de l'APL-72 , les facteurs suivants influencent la précision de la mesure :

- la fonction de transfert de la remorque,
- la variation des caractéristiques de remorque dans le temps,
- la fonction de transfert de la chaîne (de base),
- la vitesse de mesure,
- la variation de la chaîne dans le temps,
- la variation de la chaîne due au temps d'alimentation,
- la reproductibilité de la mesure (dans le cas de comparaison de mesure seulement).

Selon le type d'étude à réaliser, tous les facteurs ne sont pas à prendre en compte. Dans cette recherche, on s'intéresse surtout à l'évolution d'uni dans le temps, en se basant sur les données des ST et de la BDR. On examine donc d'abord la précision générale dans les cas des ST et de la BDR, et on montre ensuite (comme exemple) une application particulière de comparaison de mesures réalisées en 1978 et en 1982.

3.5.1. Méthodologie utilisée

On peut considérer que la notation de l'APL-72 (en énergie) est donnée par la formule :

$$E = \int_{\Omega} DSP*FILTRE*df$$

dans les limites des valeurs positives de filtre (bande de fréquence Ω pour chaque gamme d'ondes différente).

L'énergie est liée à l'amplitude du signal suivant la fonction de transfert de la chaîne. Comme ces amplitudes enregistrées dépendent de la fonction de transfert de la remorque, on a donc finalement :

$$E = \int_{\Omega} DSP\ (FT\ remorque,\ FT\ chaîne)*FILTRE*df$$

où : - FT remorque est définie dans § 3.2.1.,
- FT chaîne est définie dans § 3.4.2..

Mais la fonction de transfert de l'énergie (décrite dans § 3.4.3.) regroupe en fait celle de la remorque et celle de la chaîne. Nous avons donc :

$$E = \int_{\Omega} \text{DSP (FT énergie)*FILTRE*df}$$

En passant à la sommation dans chaque tiers d'octave, les écarts liés aux changements de la fonction de transfert énergie (qulles en soient les raisons) sont :

$$\Delta E = \sum_{i=1}^{n} E_i*(FT_i base - FT_i m)$$

où :
- E_i est l'énergie passant par le tiers d'octave i,
- $FT_i base$ est la fonction de transfert d'énergie de base (moyenne) définie dans § 3.4.3. (filtres inclus) pour le tiers d'octave i,
- $FT_i m$ est la fonction de transfert d'énergie donnée,
- n est le nombre de tiers d'octave inclus par le filtre.

Les écarts relatifs sont :

$$\frac{\Delta E}{E_{TOTAL}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{E_i}{E_{TOTAL}} \left(FT_{i\,base} - FT_{i\,m} \right)$$

soit

$$\frac{\Delta E}{E_{TOTAL}} = \sum_{i=1}^{n} p_i \left(FT_{i\,base} - FT_{i\,m} \right)$$

où : $p_i = \dfrac{E_i}{E_{TOTAL}}$

On a pris en compte les conditions moyennes dans les valeurs p_i utilisées (moyennes définies pour chaque gamme d'onde suit l'analyse spectrale, voir § 3.5.1.). L'effet du filtre est inclus dans la fonction de transfert énergie, donc le pourcentage p_i introduit dans cette formule doit être sans effet du filtre.

3.5.2. Analyse spectrale

L'analyse en densité spectrale de puissance (DSP) d'un signal APL peut être réalisée. Un exemple d'analyse standard, qui consiste à calculer la DSP est montré sur la figure 52 . Les courbes ont été tracée par un "Spectrum Analyser HP 3582 A" pour des tronçons de 240 m chacun. Les trois courbes représentent 3 tronçons voisins, et on peut retrouver des points particuliers qui les caractérisent (par exemple pics d'énergie dus à la roue de la remorque qui correspondent à la fréquence 12 Hz comme fondamental et ses harmoniques).

L'analyse basée sur les graphes présentés ci-dessus, efficace pour le traitement de cas particuliers, n'est pas réalisable dans le cas général. Pour l'analyse statistique générale on a défini des gammes dans le domaine des fréquences. Ces gammes sont presque les mêmes que celles déterminées pour l'analyse statistique des fonctions de transfert de la remorque (voir § 3.2.7.) . Toutefois, les caractéristiques techniques de l'appareil utilisé (un analyseur FFT 2 voies, type 2032 Bruel&Kjaer |57|) provoquent un léger décalage des seuils (voir le tableau 23). Pour le seuil 32,0 Hz il n'y a pas de correspondant en raison de problèmes techniques de matériel ; il n'y a donc pas de statistique dans la zone 25 Hz - 32 Hz.

Tableau 23. Comparaison des seuils utilisés

Seuils utilisés pour fonctions de transfert	Seuils utilisées pour analyse spectrale
0,25	0,25
0,32	0,3125
0,40	0,40625
0,50	0,50
0,64	0,65625
0,80	0,8125
1,00	1,0
1,25	1,25
1,60	1,59375
2,00	2,0
2,5	2,5
3,2	3,1875
4,0	4,0
5,0	5,0
6,4	6,40625
8,0	8,0
10,0	10,0
12,8	12,5625
16,0	16,0
20,0	20,0
25,0	25,0

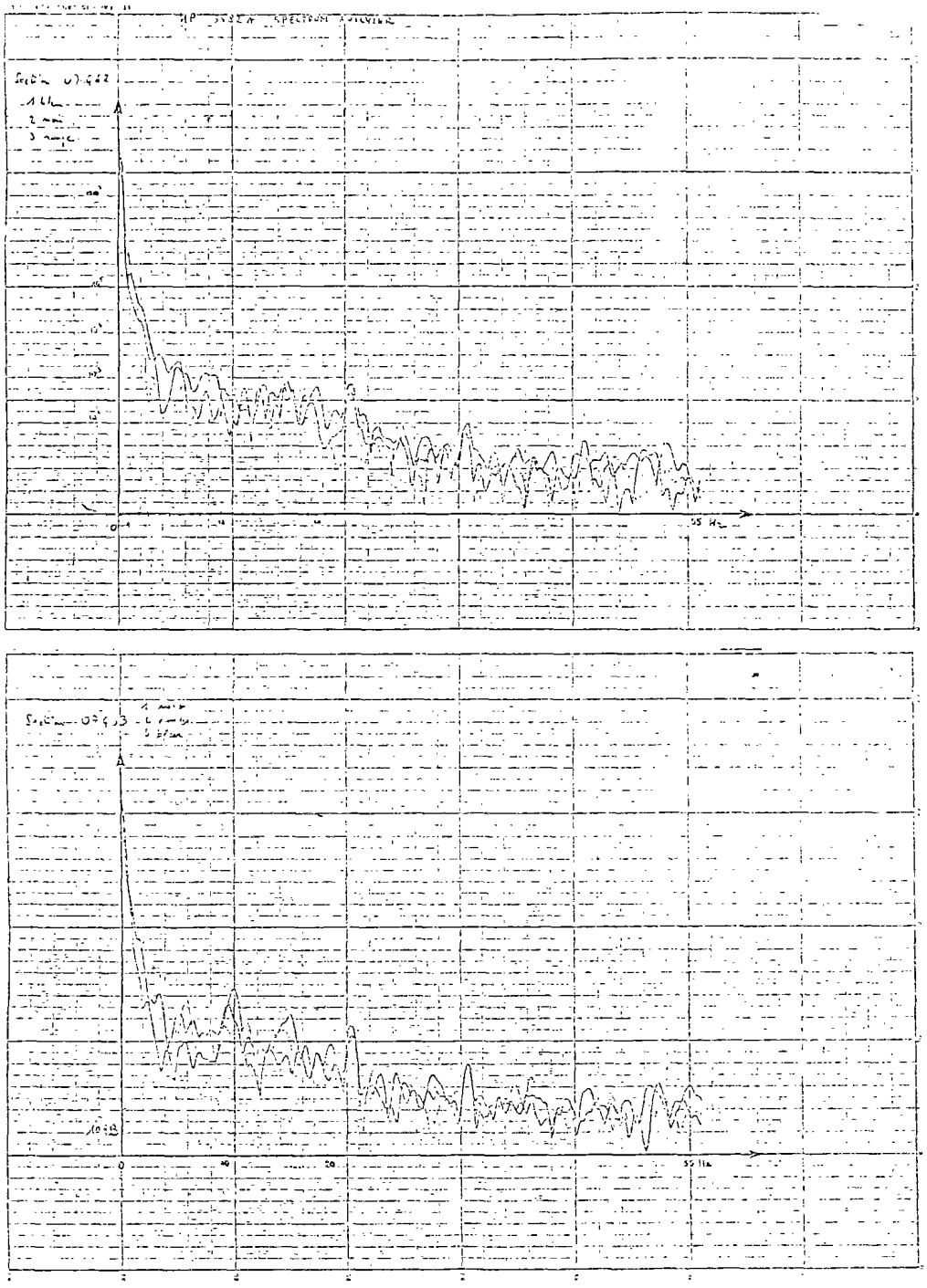


Figure 52. Exemple de la courbe DSP; signal APL-72

Le principe retenu consiste à définir l'énergie dans chacun des tiers d'octave. Le temps d'acquisition est lié à la longueur du tronçon standard soit 200 m. Les mesures sont faites séparément et simultanément pour les signaux gauche et droit.

Les valeurs mesurées représentent l'énergie en m^2 dans la bande des fréquences définies sur un tronçon longueur de 1 m .

On a traité les mesures réalisées sur 66 tronçons de 200m choisis parmi les mesures effectuées par le LROP. Les tronçons sélectionnés se caractérisent par des niveaux d'uni différents (bon et mauvais).

Pour chaque gamme d'onde on a fait une statistique de répartition énergétique en utilisant deux modalités différentes.

- La première donne les répartitions incluant l'effet des filtres (voir § 3.4.1.). L'énergie totale représente alors l'énergie passante par la bande de fréquence définie pour chaque gamme d'onde et doit correspondre aux valeurs enregistrées par la chaîne de traitement. On détermine le pourcentage de l'énergie passant dans chacun des tiers d'octave .

- La deuxième modalité donne la valeur d'énergie qui passe par la bande affichée (découpage sans effet de filtrage). La référence (100%) reste la même que dans la première modalité à savoir l'énergie passant dans la bande avec effet des fitres.

Les résultats complets de l'analyse se trouvent dans l'annexe .

Petites ondes

Dans la gamme des petites ondes, il manque deux tiers d'octave extrêmes à droite (théoriquement les plus faibles au niveau énergétique). L'analyse générale est présentée dans le tableau 24.

Il faut souligner que le pourcentage moyen de l'énergie passant à l'extérieur de la bande affichée est de 36% (plus deux tiers d'octave qui n'était pas inclus). Dans les cas extrêmes ce pourcentage peut atteindre 52% (et plus) et reste toujours au-dessus de 13%.

Tableau 24. Répartition d'énergie dans les tiers d'octave; PO

					Zone conventionnelle					
	Pourcentage	3,2/ 4,0 Hz	4,0/ 5,0	5,0/ 6,4	6,4/ 8,0	8,0/ 10,0	10,0/ 12,8	12,8/ 16,0	16,0/ 20,0	20,0/ 25,0 Hz
sans filtre	Moyenne	18	15	16	16	14	13	13	10	13
	écart-type	13	9	8	7	8	5	6	7	9
	Minimum	4	3	4	4	4	4	3	4	4
	Maximum	66	44	34	40	54	29	33	33	52
avec filtre	Moyenne	3	8	14	16	14	13	13	10	11
	écart-type	2	4	7	7	8	5	6	7	7
	Minimum	1	1	3	4	4	4	3	4	3
	Maximum	11	22	28	40	54	29	33	33	44

Ondes moyennes

Pour les moyennes ondes le pourcentage de l'énergie passant à l'extérieur de la bande affichée, mais incluse par le filtre est pour le cas moyen de 48%, pour le cas extrême de 77% et jamais moins de 29%. Le tableau 25 regroupe les résultats finaux.

Tableau 25. Répartition d'énergie dans les tiers d'octave; MO

					Zone conventionnelle								
	Pourcentage	0,8/ 1,0 Hz	1,0/ 1,25	1,25/ 1,6	1,6/ 2,0	2,0/ 2,5	2,5/ 3,2	3,2/ 4,0	4,0/ 5,0	5,0/ 6,4	6,4/ 8,0	8,0/ 10,0	10,0/ 12,8 Hz
sans filtre	Moyenne	33	28	19	13	8	7	8	8	9	8	7	7
	écart-type	21	20	10	6	5	4	5	5	6	4	5	4
	Minimum	11	3	3	5	2	2	1	1	1	0	0	0
	Maximum	108	87	50	30	26	18	22	20	26	26	31	23
avec filtre	Moyenne	6	14	16	13	8	7	8	8	9	7	4	1
	écart-type	4	10	9	6	5	4	5	5	6	4	2	1
	Minimum	2	2	3	5	2	2	1	1	1	0	0	0
	Maximum	18	44	42	30	26	18	22	20	26	22	16	4

Grandes ondes

Le problème de l'énergie passant en dehors de la bande définie, est aussi important dans la gamme des grandes ondes. Pour les conditions moyennes, ce pourcentage est de 48%, et peut atteindre 86% ; il reste toujours supérieur à 14%.

Le tableau 26 récapitule les résultats d'analyse pour les grandes ondes. Il faut souligner la grande dispersion de la répartition (unis différents); le rapport de l'écart-type sur la moyenne est bien souvent proche de 1.

Tableau 26. Répartition d'énergie dans les tiers d'octave; GO

					Zone conventionnelle							
	Pourcentage	0,25/ 0,32 Hz	0,32/ 0,40	0,40/ 0,50	0,50/ 0,64	0,64/ 0,80	0,80/ 1,0	1,0/ 1,25	1,25/ 1,60	1,60/ 2,0	2,0/ - 2,5	2,5/ -3,2 Hz
sans filtre	Moyenne	90*	22	22	13	19	10	5	5	3	2	1
	écart-type	78*	16	12	8	10	5	4	5	2	2	1
	Minimum	0*	0*	3	1	5	2	1	0	0	0	0
	Maximum	432	60	49	31	47	24	22	22	11	12	7
avec filtre	Moyenne	15	11	18	13	19	10	5	5	3	1	0
	écart-type	13	8	10	8	10	5	4	5	2	1	0
	Minimum	0	0	2	1	5	2	1	0	0	0	0
	Maximum	73	31	41	31	47	24	22	22	9	6	1

Conclusion partielle

La majorité de ces énergies passe à gauche, c'est-à-dire pour les petites ondes dans la gamme des moyennes ondes, pour les moyennes dans la gamme des grandes ondes et pour les grandes dans le domaine normalement non pris en compte par l'APL-72.

3.5.3. Erreurs cumulées liées aux variations des fonctions de transfert et des vitesses de mesure

L'influence cumulée des fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement (trois premiers facteurs présentés dans § 3.6.) est montrée dans les tableaux 29, 30, 31 et 32.

On voit que la dispersion des valeurs dépend de la manière dont sont introduites les mesures (une seule remorque ou deux remorques). Le rapport entre les deux modalités est proche de 2.

La sélection des fonctions de transfert diminue aussi les écarts. Dans la comparaison des résultats obtenus pour la BDR (toutes fonctions de transfert incluses) et des résultats obtenus pour les ST (les fonctions de transfert sélectionnées) on obtient pour ce rapport des valeurs entre 1,5 et 2.

Tableau 29. Erreurs dues aux fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement; vitesse constante 72 km/h; deux signaux moyennés (droit et gauche); toutes fonctions incluses (données de la BDR)

		Erreur relative (base ft moyenne)	Ecart entre les valeurs extrêmes	Erreur relative (base ft moyenne)	Ecart entre les valeurs extrêmes
		NOTE 1 - 8		Note 9 - 10	
PO	MIN	- 13,9 %	27,6 %	- 15,5 %	30,3 %
	MAX	13,7 %		14,8 %	
MO	MIN	- 3,8 %	9,1 %	- 5,3 %	16,4 %
	MAX	5,3 %		11,1 %	
GO	MIN	- 3,2 %	8,4 %	- 4,4 %	12,0 %
	MAX	5,2 %		7,6 %	

Tableau 30. Erreurs dues aux fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement; vitesse constante 72 km/h; deux signaux moyennés (droit et gauche); fonctions sélectionnées (données des ST)

		Erreur relative (base ft moyenne)	Ecart entre les valeurs extrêmes	Erreur relative (base ft moyenne)	Ecart entre les valeurs extrêmes
		NOTE 1 - 8		Note 9 - 10	
PO	MIN	- 5,2 %	11,3 %	- 5,8 %	12,4 %
	MAX	6,1 %		6,6 %	
MO	MIN	- 2,1 %	4,3 %	- 3,7 %	8,6 %
	MAX	2,2 %		4,9 %	
GO	MIN	- 2,3 %	5,8 %	- 3,5 %	8,0 %
	MAX	3,5 %		4,5 %	

Tableau 31. Erreurs dues aux fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement; vitesse constante 72 km/h; signaux (droit et gauche) traités séparement; toutes fonctions incluses

		Erreur relative (base ft moyenne)	Ecart entre les valeurs extrêmes	Erreur relative (base ft moyenne)	Ecart entre les valeurs extrêmes
		NOTE 1 - 8		Note 9 - 10	
P O	Minimum	- 23,9 %	49,3 %	- 26,5 %	54,9 %
	Maximum	25,4 %		28,4 %	
M O	Minimum	- 9,0 %	18,2 %	- 13,1 %	32,7 %
	Maximum	9,2 %		19,6 %	
G O	Minimum	- 5,2 %	16,4 %	- 7,9 %	25,1 %
	Maximum	11,2 %		17,2 %	

Tableau 32. Erreurs dues aux fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement; vitesse constante 72 km/h; signaux (droit et gauche) traités séparement; fonctions sélectionnées

		Erreur relative (base ft moyenne)	Ecart entre les valeurs extrêmes	Erreur relative (base ft moyenne)	Ecart entre les valeurs extrêmes
		NOTE 1 - 8		Note 9 - 10	
P O	Minimum	- 12,0 %	22,0 %	- 13,8 %	24,4 %
	Maximum	10,0 %		10,6 %	
M O	Minimum	- 4,5 %	8,3 %	- 6,9 %	13,1 %
	Maximum	2,8 %		6,2 %	
G O	Minimum	- 3,1 %	8,4 %	4,3 %	11,9 %
	Maximum	5,3 %		7,6 %	

En ajoutant le facteur lié à la distribution des vitesses, nous obtenons les écarts relatifs globaux, regroupés (pour un signal moyenné - droite et gauche) dans les tableaux 33, 34, 35 et 36 .

Tableau 33. Erreurs (%) dues aux fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement et à la variation de la vitesse de mesure; deux signaux moyennés (droit et gauche); toutes fonctions incluses (données de la BDR); notes 1 - 8

Gamme d'essai	Paramètre	-3,97 km/h Erreur relative	72 km/h Erreur relative	Ecart entre extrêmes	+3,97 km/h Erreur relative
PO	min	-21,3	-13,9		-12,7
	max	-2,2	-13,7		+22,2
	Δmin	-14		32	
	Δmax	+18			
MO	min	-14,8	-3,8		+6,9
	max	-6,9	+5,3		+17,6
	Δmin	-14		32	
	Δmax	+18			
GC	min	-17,5	-3,2		+6,7
	max	-10,3	+5,2		+15,6
	Δmin	-22		44	
	Δmax	+22			

— valeur peu fiable

Tableau 34. Erreurs (%) dues aux fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement et à la variation de la vitesse de mesure; deux signaux moyennés (droit et gauche); toutes fonctions incluses (données de la BDR); notes 9 - 10

Gamme d'essai	Paramètre	-3,97 km/h Erreur relative	72 km/h Erreur relative	Ecart entre extrêmes	+3,97 km/h Erreur relative
PO	min	-23,3	-15,5		-14,5
	max	-3,9	-14,3		+23,2
	Δmin	-14		32	
	Δmax	+18			
MO	min	-14,1	-5,3		+1,9
	max	+0,1	-11,1		+20,3
	Δmin	-14		32	
	Δmax	+18			
GC	min	-19,4	-4,4		-4,3
	max	-9,0	+7,6		+13,3
	Δmin	-22		44	
	Δmax	+22			

— valeur peu fiable

Tableau 35. Erreurs (%) dues aux fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement et à la variation de la vitesse de mesure; deux signaux moyennés (droit et gauche); fonctions sélectionnées (données des ST); notes 1 - 8

Gamme d'échelle	Paramètre	-5 km/h Erreur relative	72 km/h Erreur relative	Ecart entre extrêmes	+5 km/h Erreur relative
PO	min	-16,3	-5,2		-0,5
	max	-7,6	-6,1		+11,4
	Δmin		-10	20	
	Δmax		+10		
MO	min	-15,7	-2,1		+13,8
	max	-11,5	-2,2		+19,7
	Δmin		-15	35	
	Δmax		+20		
GO	min	-20,9	-2,3		+12,1
	max	-16,1	+3,5		+17,7
	Δmin		-25	50	
	Δmax		+25		

— valeur peu fiable

Tableau 36. Erreurs (%) dues aux fonctions de transfert de la remorque et de la chaîne de traitement et à la variation de la vitesse de mesure; deux signaux moyennés (droit et gauche); fonctions sélectionnées (données des ST); notes 9 - 10

Gamme d'échelle	Paramètre	-5 km/h Erreur relative	72 km/h Erreur relative	Ecart entre extrêmes	+5 km/h Erreur relative
PO	min	-16,3	-5,8		-1,5
	max	-5,1	-6,6		+11,5
	Δmin		-10	20	
	Δmax		+10		
MO	min	-13,3	-3,7		+9,8
	max	-6,2	+4,9		+20,2
	Δmin		-15	33	
	Δmax		+20		
GO	min	-22,0	-3,5		-12,0
	max	-15,6	+4,5		-2,0
	Δmin		-25	50	
	Δmax		+25		

— valeur peu fiable

Comme tolérance de vitesse, on a retenu pour les sections témoins ± 5,44 km/h; pour la BDR ± 3,97 km/h (voir § 3.3.2.).

Dans les tableaux 33, 34, 35, et 36 nous trouvons, dans les zones extrêmes, pour les petites et grandes ondes les valeurs les moins fiables (voir explication dans § 3.3.2.). Les valeurs retenues comme représentatives de la précision totale, mais qui se trouvaient dans ces zones peu fiables ont été estimées.

Le rapport entre les valeurs extrêmes correspondantes pour les signaux traités séparements et moyennés (droit et gauche) reste au niveau de 1,5 .

Le tableau 37 montre l'influence cumulée de la variation de la pression dans le pneumatique (voir § 3.2.2.) et de la variation de la vitesse. Cette influence, qui concerne uniquement la gamme des petites ondes, est moins importante pour les vitesses inférieures à 72 km/h (de 4,0% entre la pression 2,8 bars et 2,2 bars) et augmente jusqu'à 8,0% pour la vitesse 80 km/h.

Tableau 37. Erreurs (%) dues à la variation de la pression dans le pneumatique et à la variation de la vitesse de mesure; deux signaux moyennés (droit et gauche); fonction de base moyenne

NOTES 1 - 8

		72 - 7 km/h		72 - 5 km/h		72 - 3 km/h		72 km/h		72 + 3 km/h		72 + 5 km/h		72 + 8 km/h	
PO	+2,8 de base + 2,2	- 16,1 - 18,2 - 20,1	4%	- 10,2 - 12,5 - 14,9	4,7%	- 7,0 - 9,7 - 12,3	5,3%	3,8 0 - 3,3	7,1%	6,8 2,8 - 0,8	7,6%	9,0 5,0 1,0	8,0	8,6 4,5 0,4	8,2

NOTE 9 - 10

		72 - 7 km/h		72 - 5 km/h		72 - 3 km/h		72 km/h		72 + 3 km/h		72 + 5 km/h		72 + 8 km/h	
PO	+ 2,8 de base + 2,2	-15,8 - 18,1 - 20,2	4,3%	- 9,3 - 12,4 - 15,0	5,7%	- 6,8 - 9,8 - 12,9	6,1%	- 4,0 0 - 3,6	7,6%	6,8 2,4 - 1,7	8,5%	9,1 4,3 0,5	8,6%	8,6 3,9 - 0,4	9,0%

En tenant compte du fait que pour les valeurs plus élevées, l'analyse est peu fiable et du fait que ces écarts ne représentent que 10% environ des écart liés aux variations des fonctions de transfert, on n'a pas retenu ces facteurs pour le calcul d'erreur globale.

Pour ce qui est de l'influence cumulée des fonctions de transfert (remorque et chaîne) et de la variation de vitesse (quatre premiers facteurs décrit dans § 3.6.), on retient en définitive les valeurs des tableaux 33, 34, 35 et 36.

3.5.4. Erreur maximale, cumulée pour la BDR

L'influence des variations de caractéristiques de la chaîne de traitement des mesures est présentée dans § 3.4.4.. Cette influence concerne les mesures de la BDR (traitements successifs des mesures). Les données des sections témoins ont été traitées pendant une période de temps relativement courte, on ne considère donc pas de variation des caractéristiques de la chaîne.

L'influence du temps d'alimentation présentée dans § 3.4.3. concerne deux groupes de données (BDR et ST). D'après les informations du LROP, le traitement des fichiers BDR ne dure jamais plus d'une demi-journée sans arrêt de la chaîne. Par contre on ne peut pas exclure que les fichiers des sections témoin n'aient jamais été traités avec la chaîne ayant mis en tention jusqu'à 8 h 30 '.

Par ailleurs les fichiers de la BDR et des ST servant de base de vérification et comparaison de l'évolution de l'uni dans le temps, il faut ajouter une notion de reproductibilité de mesure (§ 3.5.2.).

L'intervalle de confiance pour les zones d'erreur précisées est au niveau de 95%. Ces zones d'erreurs prennent en compte les effets de toutes les variations observées pour la fonction de transfert de la remorque, celle de la chaîne de traitement et celles liées à la reproductibilité des mesures. L'erreur retenue représentant les variations de la vitesse de mesure tient compte de la gamme plausible (avec la confiance 95%) de ces variations (voir § 3.3.2.).

La précision des résultats (mesure et traitement) pour les données de la BDR est donnée dans les tableaux 38,39 et 40 où la valeur E représente l'énergie APL-72 cumulée (somme des signaux droit et gauche).

Petites ondes - BDR

Tableau 38. Facteurs déterminant la précision des données de la BDR; petites ondes

+ 0,14 E) pour les notes - 0,18 E) 1-8 et 9-10	Ft + vitesse
+ 0,06 E pour E<1625) 0 pour E>1625) - 19 pour E<300) 23,24-0,0143·E pour 300<E<1625) 0 pour E>1625)	Variation de la chaîne
+ 28 pour E>28 - E pour E<28	Variation de réchauffement
± 0,02 x E + 12,41) pour E<1625 ± (45)) pour E>1625	répétabilité

La zone d'erreur est déterminée par :

$$+ \begin{cases} 1{,}22*E + 12 & \text{pour } E < 28 \\ 0{,}22*E + 40 & \text{pour } 28 < E < 1502 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1502 \end{cases}$$

$$- \begin{cases} E & \text{pour } E < 74 \\ 0{,}20*E + 59 & \text{pour } 79 < E < 300 \\ 0{,}18*E + 63 & \text{pour } 300 < E < 1625 \\ 0{,}18*E + 73 & \text{pour } E > 1625 \end{cases}$$

Ondes moyennes - BDR

Tableau 39. Facteurs déterminant la précision des données de la BDR; ondes moyennes

+ 0,14 x E) pour les notes - 0,18 x E) 1-8 et 9-19	Ft + vitesse
+ 0,18 x E - 0,30 x E pour E<1250) 1087,5 - 0,57 E pour E>1250)	Variation de la chaîne
±(6,172 - 0,0145 x E) pour E>20 (0,29 E pour E<20	Variation de réchauffement
± 0,02 x E + 11,25	répétabilité

La zone d'erreur est déterminée par :

$$+ \begin{cases} 0{,}63*E + 11 & \text{pour } E < 20 \\ 0{,}32*E + 17 & \text{pour } 20 < E < 1408 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1408 \end{cases}$$

$$- \begin{cases} E & \text{pour } E < 33 \\ 0{,}48*E + 17 & \text{pour } 33 < E < 1250 \\ 1105 - 0{,}39*E & \text{pour } E > 1250 \end{cases}$$

Grandes ondes - BDR

Tableau 40. Facteurs déterminant la précision des données de la BDR; grandes ondes

+ 0,22 E) pour les notes 1-8 et 9-10 - 0,22 E)	=T + vitesse
(0,14 E pour E < 105 (0,15 - 0,0008E) E pour 105 < E < 1500 (0 pour E > 1500 (0,27 E pour E < 1500 (1905 - E pour E > 1500	Chaîne
± (6,128 - 0,0094 E) pour E > 14 (0,43 E pour E < 14	échauffement
± (4 pour E ≥ 105 - (0,09xE-5,37 pour E ≤ 105	Répétabilité

La zone d'erreur est déterminée par :

$$+ \begin{cases} 0{,}79*E + 10 & \text{pour } E < 14 \\ 0{,}35*E + 10 & \text{pour } 14 < E < 105 \\ 0{,}45 - 0{,}0001*E^2 & \text{pour } 105 < E < 1435 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1435 \end{cases}$$

$$- \begin{cases} E & \text{pour } E < 19 \\ 0{,}48*E + 10 & \text{pour } 19 < E < 105 \\ 0{,}57*E & \text{pour } 105 < E < 1500 \\ 1905 - 0{,}70*E & \text{pour } E > 1500 \end{cases}$$

Les zones des erreurs définies ci-dessus sont présentées sur les figures 53, 54, 55, 56, 57 et 58.

3.5.5. Erreur maximale, cumulée pour les ST

Afin de déterminer la précision globale des données des ST il faut prendre en compte l'influence :

- cumulée du changement de la fonction de transfert (fonctions sélectionnées et moyennées) et de la variation de la vitesse de mesure (voir § 3.5.3.),
- du temps d'alimentation (voir § 3.4.3.) pour 8 h 30',
- de la reproductibilité (voir § 3.3.3.).

Petites ondes - ST

La zone d'erreur est déterminée par :

$$+\begin{cases} 1{,}12*E + 12 & \text{pour } E < 30 \\ 0{,}12*E + 42 & \text{pour } 30 < E < 1625 \\ 0{,}10*E + 75 & \text{pour } 1625 < E < 1636 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1636 \end{cases}$$

$$-\begin{cases} E & \text{pour } E < 48 \\ 0{,}12*E + 42 & \text{pour } 48 < E < 1625 \\ 0{,}10*E + 75 & \text{pour } E > 1625 \end{cases}$$

Tableau 41. Facteurs déterminant la précision des données des ST; petites ondes

Formule		Facteur
+ 0,10*E - 0,10*E		FT + vitesse
± 30 E	pour E > 30 pour E < 30	Alimentation
± 0,02*E + 12,41 45	pour E < 1625 pour E > 1625	Reproductibilité

Ondes moyennes ST

Tableau 42. Facteurs déterminant la précision des données des ST; moyennes ondes

Formule		Facteur
+ 0,15*E - 0,20*E		FT + vitesse
± 13,12 - 0,03*E 0,63*E	pour E > 20 pour E < 20	Alimentation
+ 0,02*E + 11,25 - 0,02*E + 11,25		Reproductibilité

La zone d'erreur est déterminée par :

$$+ \begin{cases} 0{,}80*E + 11 & \text{pour } E < 20 \\ 0{,}14*E + 24 & \text{pour } 20 < E < 1624 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1624 \end{cases}$$

$$- \begin{cases} E & \text{pour } E < 30 \\ 0{,}19*E + 24 & \text{pour } E > 30 \end{cases}$$

Grandes ondes - ST

Tableau 43. Facteurs déterminant la précision des données des ST; grandes ondes

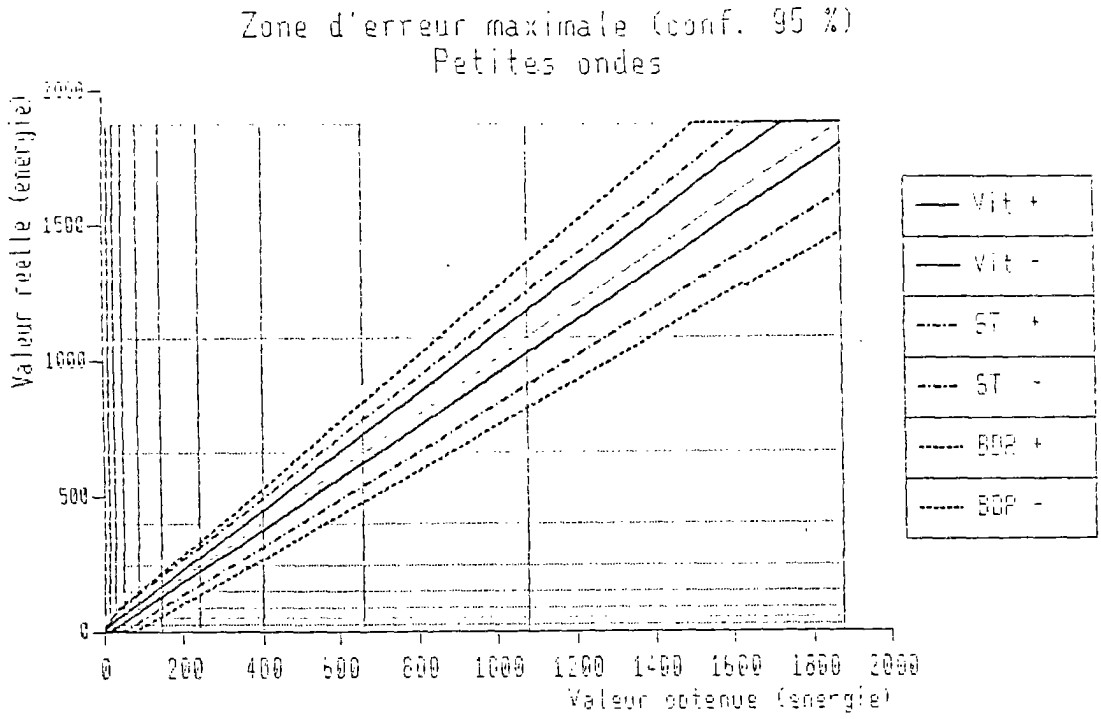
Formule		Facteur
+ 0,25*E - 0,25*E		FT + vitesse
13,02 - 0,02*E ± 0,91*E	pour E > 14 pour E < 14	Alimentation
4 ± 0,09*E - 5,37	pour E < 105 pour E > 105	Reproductibilité

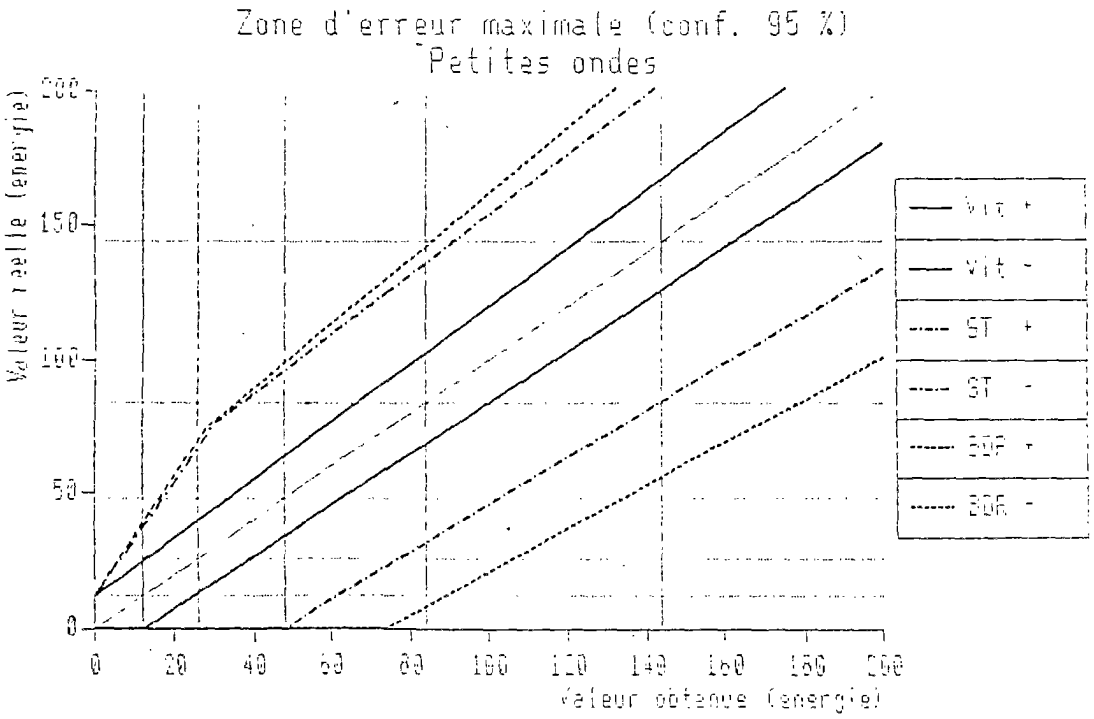
La zone d'erreur est déterminée par :

$$+ \begin{cases} 1{,}16*E + 4 & \text{pour } E < 14 \\ 0{,}23*E + 17 & \text{pour } 14 < E < 105 \\ 0{,}32*E + 8 & \text{pour } 105 < E < 1414 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1414 \end{cases}$$

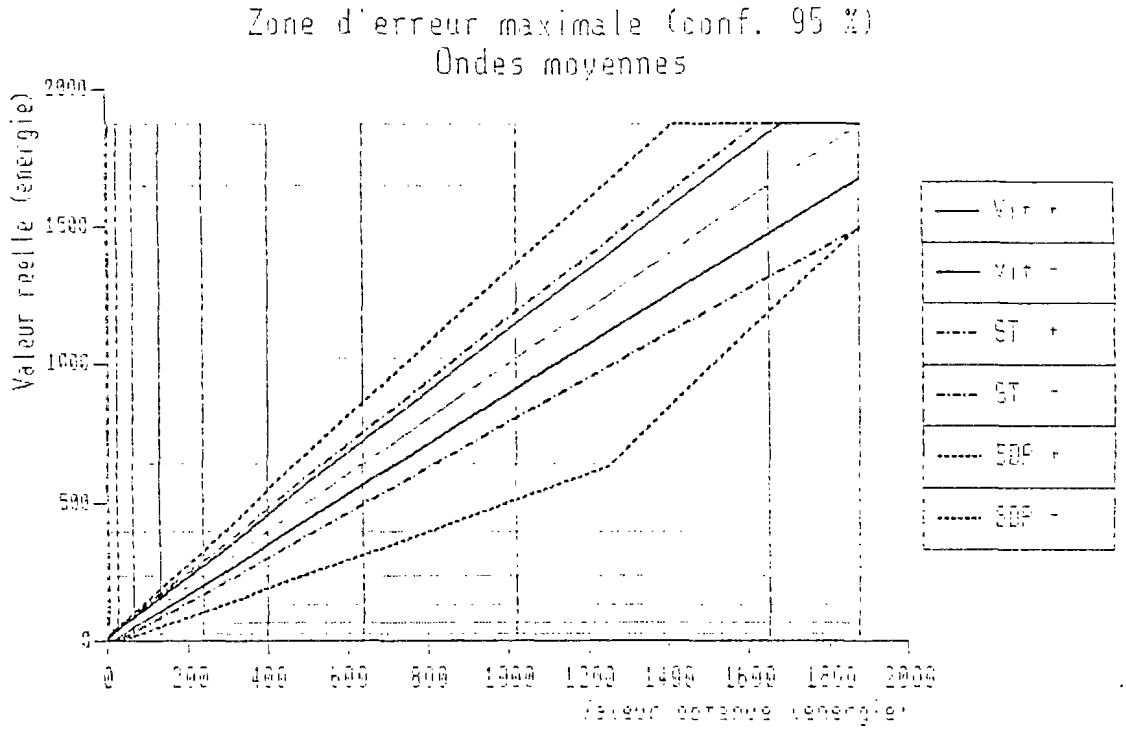
$$- \begin{cases} E & \text{pour } E < 22 \\ 0{,}23*E + 17 & \text{pour } 22 < E < 105 \\ 0{,}32*E + 8 & \text{pour } E > 105 \end{cases}$$

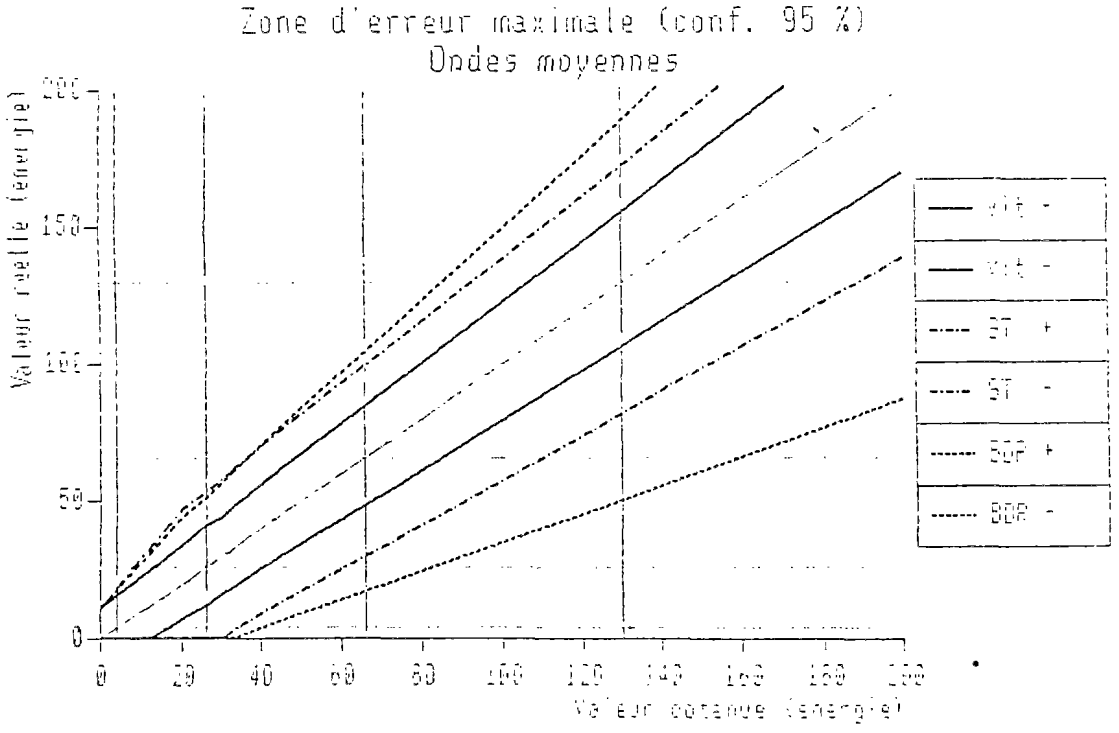
Les zones des erreurs définies ci-dessus sont présentées sur les figures 53, 54, 55, 56, 57 et 58.



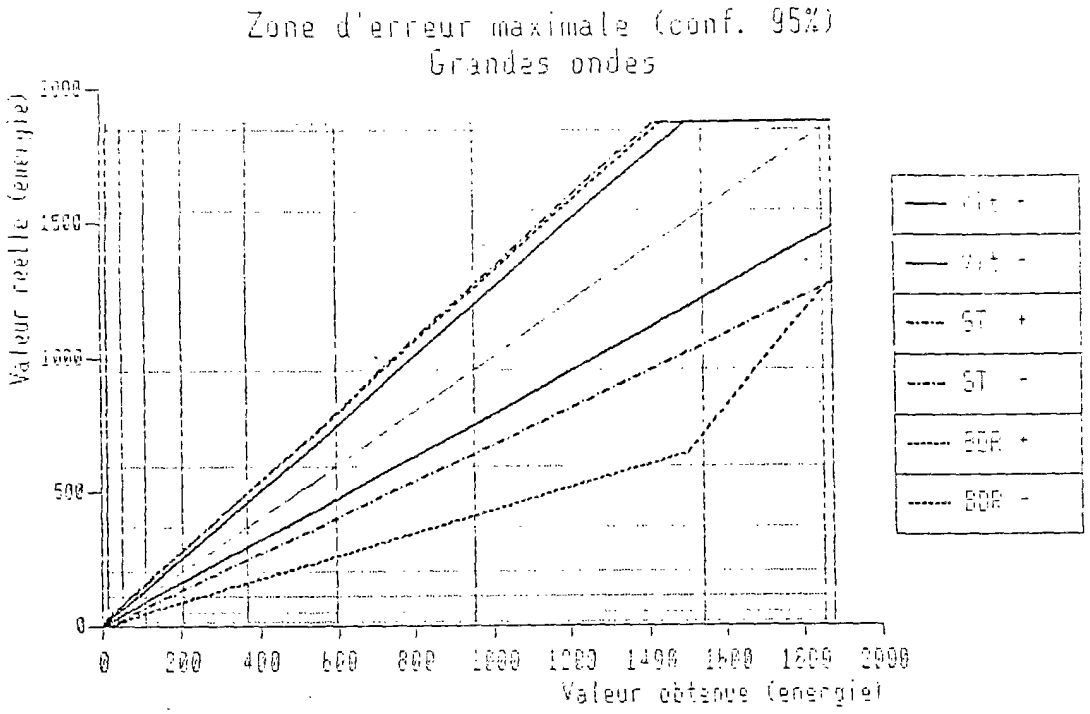


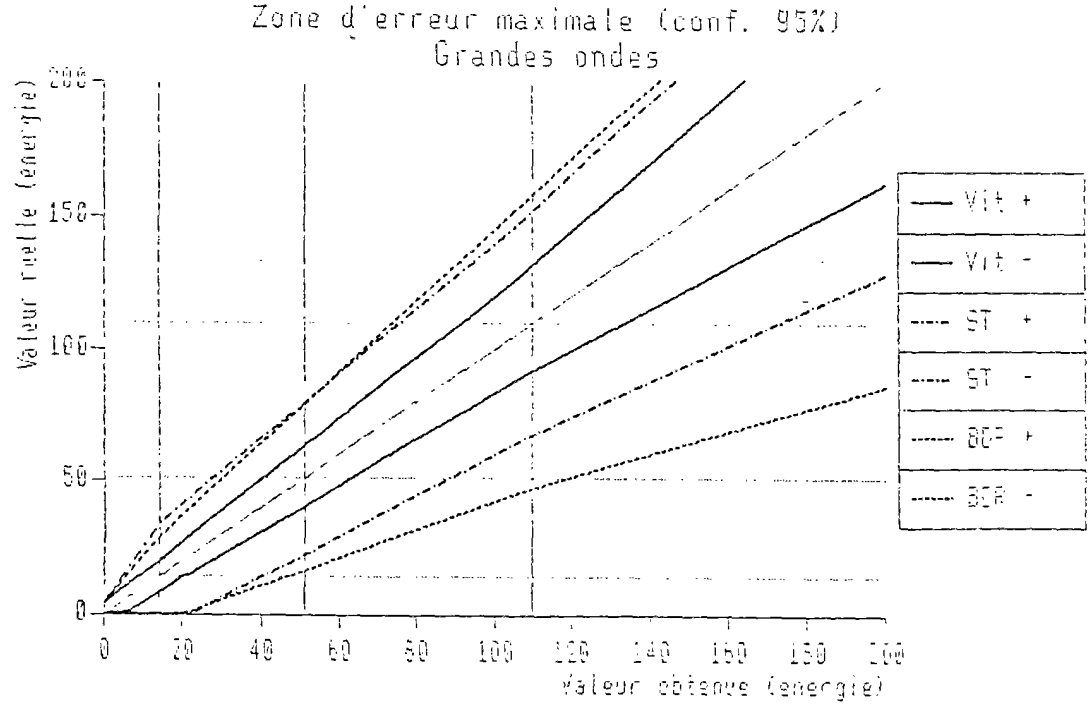
Figures 53 et 54.





Figures 55 et 56.





Figures 57 et 58.

3.5.6. Erreur maximale, cumulée pour les cas particuliers

Pour chaque cas particulier il faut déterminer des facteurs qui doivent être cumuler pour la précision globale à savoir :

- fonction de transfert donnée (soit enveloppe des fonctions de transfert pour les périodes qui peuvent être caractériser par plusieures fonctions de transfert comme par exemple les cas des ST et de la BDR),
- plage de vitesse de mesure caractéristique pour les mesure en question,
- variation de la fonction de transfert de la chaîne de traitement,
- variation liée au temps de mis en tention de la chaîne,
- reproductibilité.

On présente ci-après le cas des mesures réalisées ensemble (en même temps, donc avec la même fonction de transfert de remorque, on a pris ici la fonction de transfert moyenne) et traitées aussi ensemble (sans l'influence de variations des caractéristiques de la chaîne de traitement). La précision de ces résultats est décrite dans les tableaux 44, 45 et 46.

Dans l'annexe on peut consulter (comme exemple d'application particulière) les zones d'erreur déterminées pour les conditions de mesure hypothétiquement représentatives de la campagne 1978 (étalonnage état final de 1977, traitement avec la chaîne de base, échauffement inférieur à 4 h) et de la campagne 1982. On voit que les distributions ne sont plus symétriques (surtout pour les petites ondes).

Petites ondes - mesure et traitement en même temps

Tableau 44. Facteurs déterminant la précision de la comparaison des mesures réalisées et tritées en même temps; petites ondes

+ 0,06 E - 0,02 E	Vitesse
+ {0,02 E + 12,41 pour E < 1625 - {45 pour E > 1625	Répétabilité

La zone d'erreur est déterminée par :

$$+ \begin{cases} 0{,}08*E + 12 & \text{pour } E < 1625 \\ 0{,}06*E + 45 & \text{pour } 1625 < E < 1726 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1726 \end{cases}$$

$$- \begin{cases} E & \text{pour } E < 12 \\ 0{,}04*E + 12 & \text{pour } 12 < E < 1625 \\ 0{,}02*E + 45 & \text{pour } E > 1625 \end{cases}$$

Ondes moyennes - mesure et traitement en même temps

La zone d'erreur est déterminée par :

$$+\begin{cases} 0{,}14*E + 11 & \text{pour } E < 26 \\ 0{,}11*E + 11 & \text{pour } 26 < E < 1681 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1681 \end{cases}$$

$$-\begin{cases} E & \text{pour } E < 12 \\ 0{,}12*E + 11 & \text{pour } 12 < E < 26 \\ 0{,}10*E + 11 & \text{pour } E > 26 \end{cases}$$

Tableau 45. Facteurs déterminant la précision de la comparaison des mesures réalisées et traitées en même temps; ondes moyennes

$+\{0{,}09\ E$, $-\{0{,}08\ E$ pour notes 1-8 $+\{0{,}12\ E$, $-\{0{,}10\ E$ pour notes 9-10	Vitesse
$\pm$ 0,02 E + 11,25	Répétabilité

Grandes ondes - mesure et traitement en même temps

Tableau 46. Facteurs déterminant la précision de la comparaison des mesures réalisées et traitées en même temps; grandes ondes

$+\{0{,}16\ E$, $-\{0{,}12\ E$	Vitesse
$\pm\begin{cases} 4 & E < 105 \\ 0{,}09\ E - 5{,}37 & E > 105 \end{cases}$	Répétabilité

La zone d'erreur est déterminée par :

$$+\begin{cases} 0{,}08*E + 12 & \text{pour } E < 1625 \\ 0{,}16*E + 4 & \text{pour } E < 105 \\ 0{,}25*E - 5 & \text{pour } 105 < E < 1469 \\ 1875 - E & \text{pour } E > 1469 \end{cases}$$

$$-\begin{cases} E & \text{pour } E < 6 \\ 0{,}12*E + 4 & \text{pour } 6 < E < 105 \\ 0{,}21*E - 5 & \text{pour } E > 105 \end{cases}$$

3.5.7. Relations entre notes mesurées et notes réelles

Pour les notes, la précision de la notation a été déterminée selon la procédure décrite au § 3.4.4., mais cette fois ici en retenant une distribution gaussienne (voir la figure 59). Donc :

$$P(N1 \text{---}> N2) = \frac{C_n^{n_i}}{\sum_{i=1}^{10} C_n^{n_i}}$$

$$C = \iint_S Fgauss(E) * dE$$

où :
- P(N1--->N2) est la probabilité que la note N1 mesurée soit N2 en réalité,
- Fgauss est la fonction gaussienne prise dans les limites d'intervalle de confiance retenue,
- E est l'énergie APL,
- S est la surface limitée par les seuils d'intégration relatifs à la note Ni.

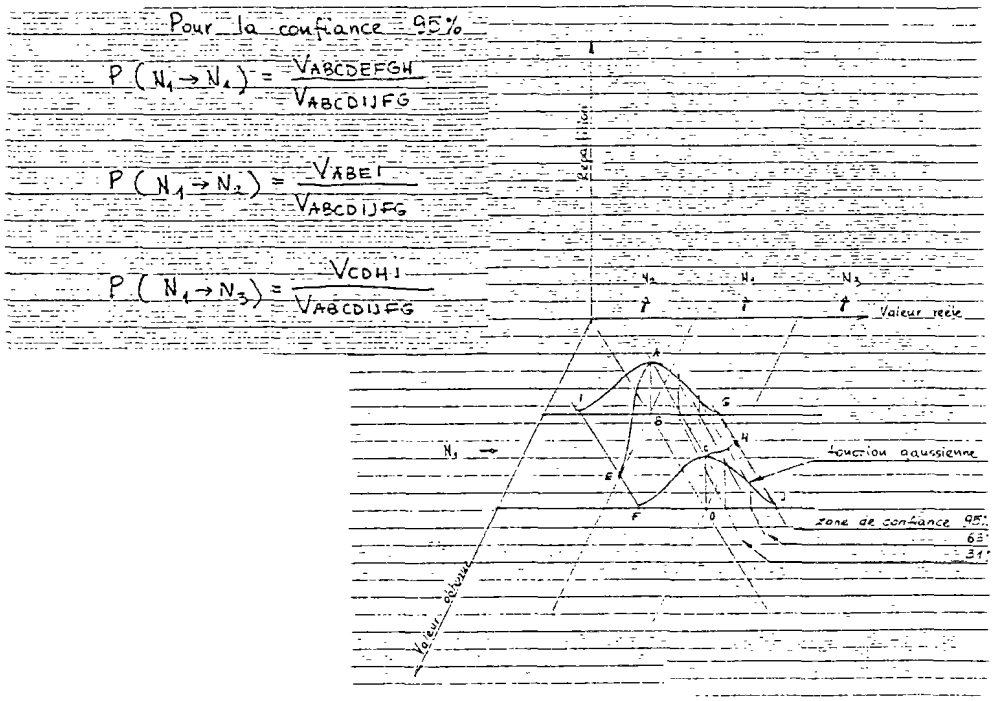


Figure 59. Relation entre les notes mesurées et les notes réelles

On a fait le calcul pour chaque gamme d'onde (PO, MO, GO) et pour les cas :

- ensemble des donnée des ST,
- ensemble des données de la BDR,
- fonctions de transfert (remorque et chaîne) constantes (valeur moyenne des fonctions de transfert pour la moyenne des deux signaux); un seul facteur, la vitesse de mesure, varie,
- conditions probablement représentatives de la campagne 1978 (voir § 3.5.6.),
- condition probablement représentatives de la campagne 1982.

Un exemple de résultats de calcul est présenté dans le tableau 46A; le jeu de listing, avec les options d'intervalle de confiance 30%, 51%, 63%, 80% et 94%, est en annexe.

Tableau 46A. Exemple de distribution des notes réelles en fonction des notes mesurés; données BDR; petites ondes; intervalle de confiance 63%

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	96.88	3.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	7.49	87.82	4.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	7.33	86.32	6.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.16	83.43	9.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.25	79.02	13.72	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.80	72.03	20.03	0.15	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.61	65.00	25.39	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.39	59.84	6.77	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	42.29	56.77	0.63
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37	34.80	64.83
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.03	1.97	2.99	4.02	5.06	6.13	7.16	7.73	8.58	9.64
EC.TYP.(N)	0.17	0.35	0.37	0.41	0.46	0.52	0.57	0.58	0.52	0.49

En général, on peut remarquer que pour les petites ondes et les ondes moyennes, les notes sont les plus fiables pour un mauvais uni (notes proches de 1), par contre pour les grandes ondes la distribution des erreurs reste plus stable pour un bon uni (notes proches de 10).

Sauf pour les notes extrêmes, on peut approximer la distribution des erreurs par la loi de Gauss. On peut donc obtenir les écarts-types et les valeurs moyennes en fonction des notes mesurées. Les figures 60, 61 et 62 présentent ces relations pour l'option 63% comme intervalle de confiance; on peut consulter les autres dans l'annexe.

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Petites ondes - Conf. 63 %

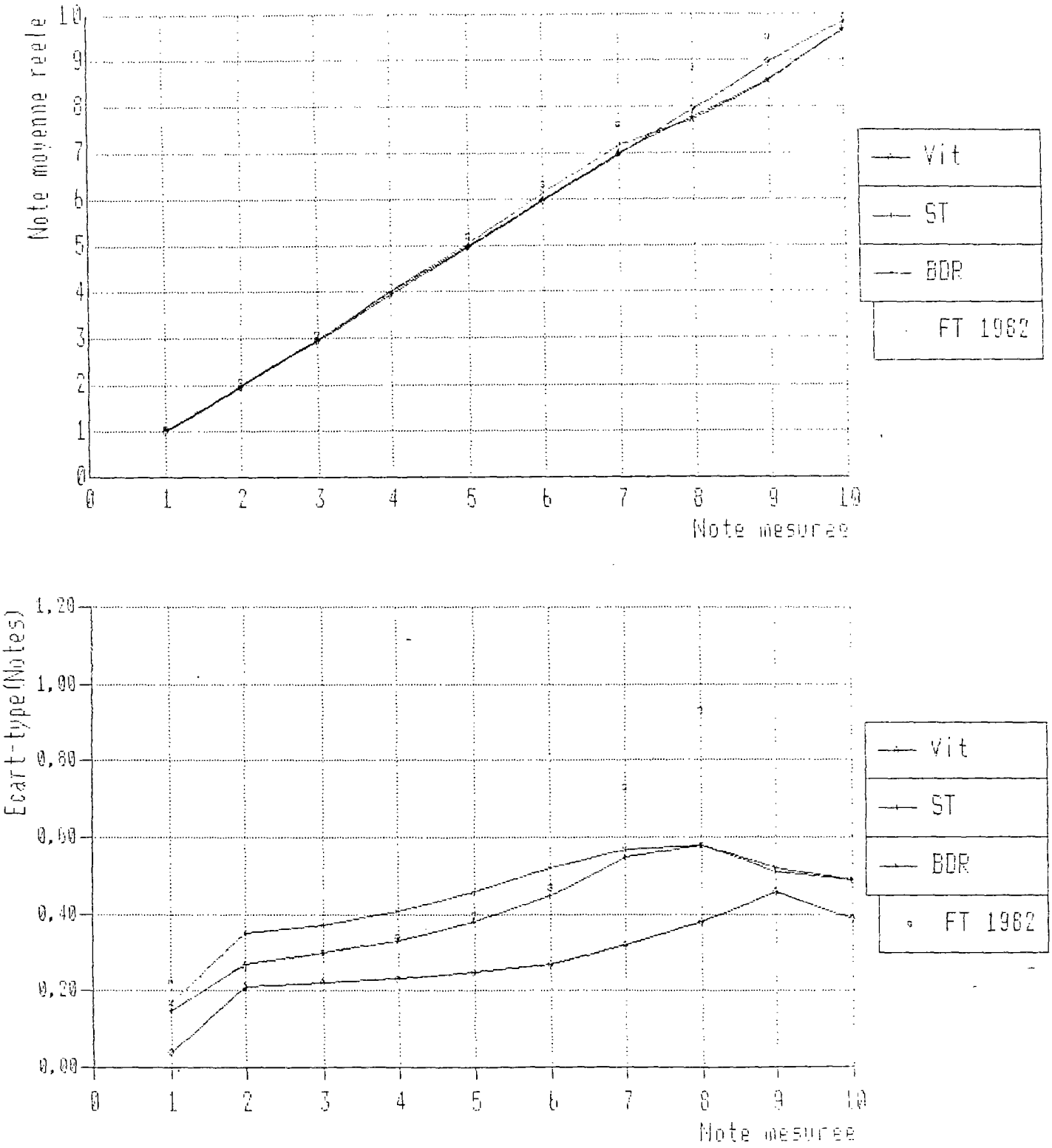


Figure 60.

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Ondes moyennes - Conf. 63 %

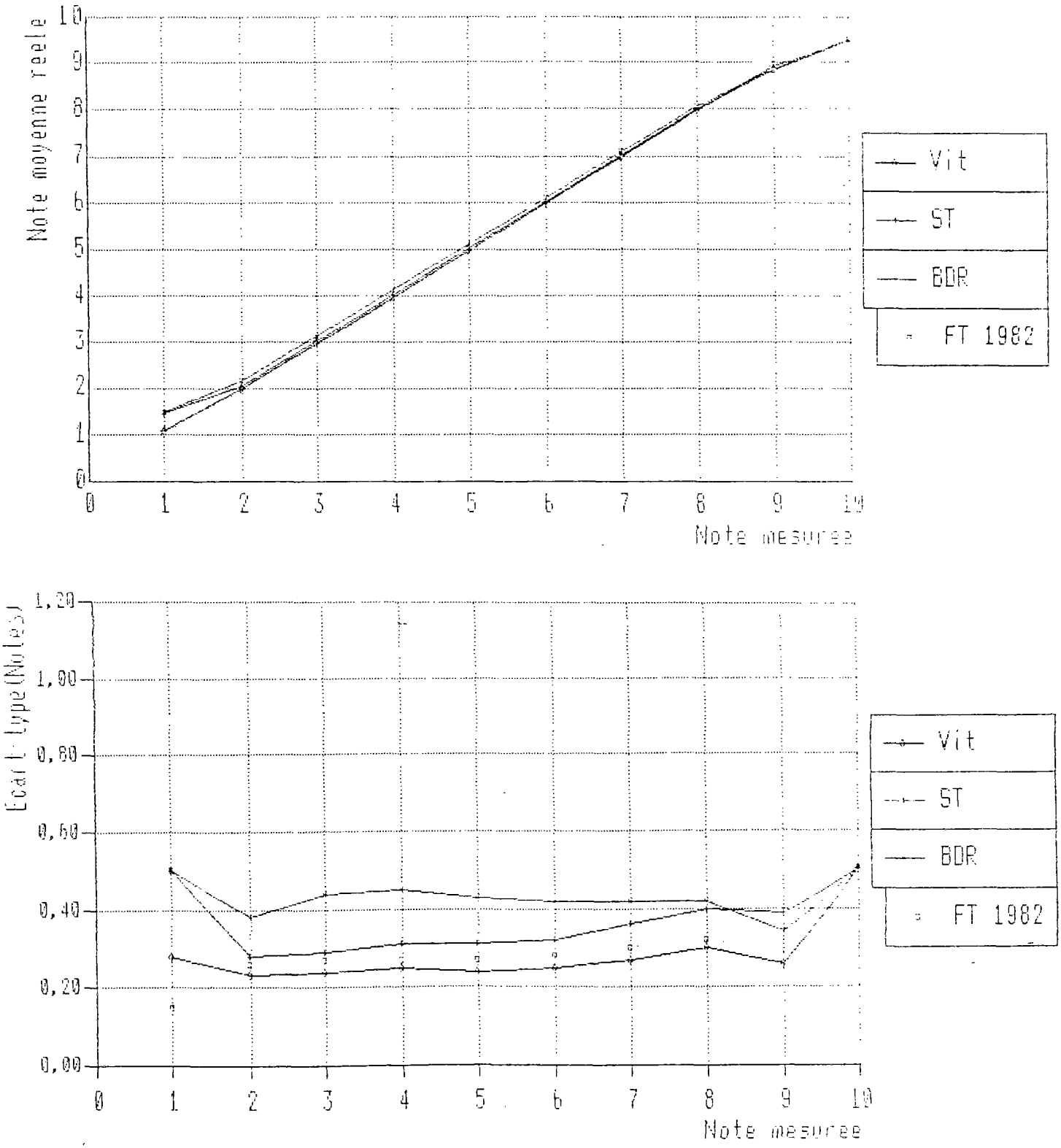


Figure 61.

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Grandes ondes - Conf. 63 %

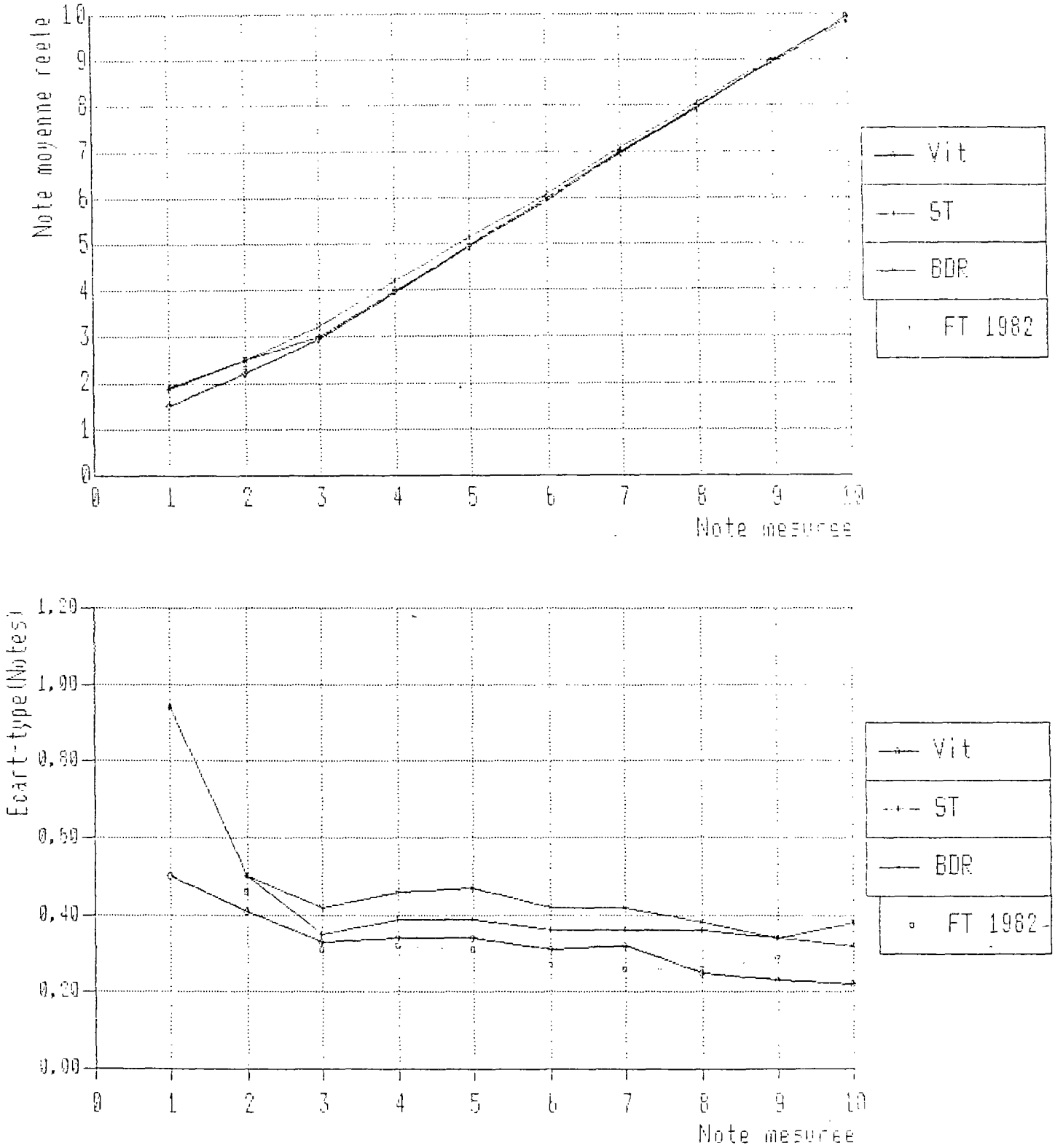


Figure 62

En ce qui concerne les valeurs moyennes , elles restent très proches des valeurs réelles respectives (sauf pour les notes extrêmes évidemment) pour les moyennes et grandes ondes. Pour les petites ondes, on observe une dérive importante à partir de la note 6 pour le cas 1982 (1977) et à partir de la note 8 pour les ST et BDR.

Les écarts-types dépendent considérablement des groupes de données, intervalle de confiance et gamme d'ondes. Pour les moyennes et grandes ondes ils sont plus stables et restent dans la plage de 0,2 à 0,4. Pour les petites ondes, ils sont croissants légèrement avec les notes; le maximum (pour les notes 8 - 9) peut avoir la valeur de 0,9 et même plus.

On a aussi étudié les distributions de différences des notes mesurées pour deux notes différant théoriquement de 1 ($\Delta N = 1$). Les figures 63, 64 et 65 présentent les valeurs moyennes et les écarts-types en fonction de la note mesurée pour l'intervalle de confiance égal à 63% (jeu de figures en annexe).

Les moyennes restent, en général, proches des valeurs mesurées ($\Delta N = 1$). On peut quand-même trouver des valeurs proches de 0,6 (surtout dans les zones extrêmes) et même de 2,0 pour la note 8 en petites ondes (cas 1982).

Les écarts-types pour les petites ondes, croissent avec les notes et depuis les valeurs de l'ordre de 0,2 - 0,4 jusqu'à 1,3. Par contre, pour les ondes moyennes ces écarts-types restent plus stables (0,4 - 0,9). Dans la gamme des grandes ondes, ils sont plutôt décroissants de 0,9 à 0,6.

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Petites ondes - Cont. 63 % dl(mesuree) = 1

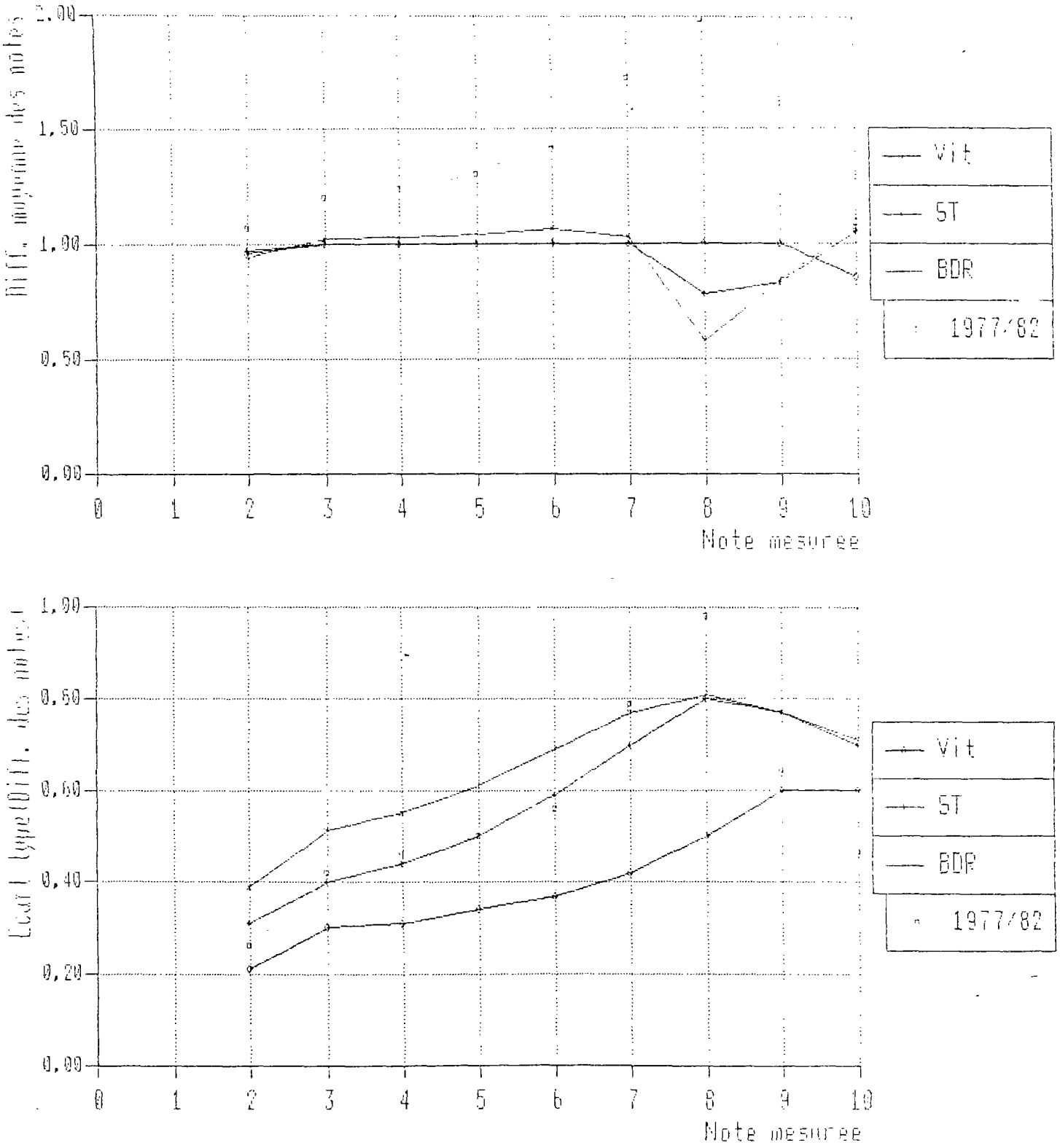
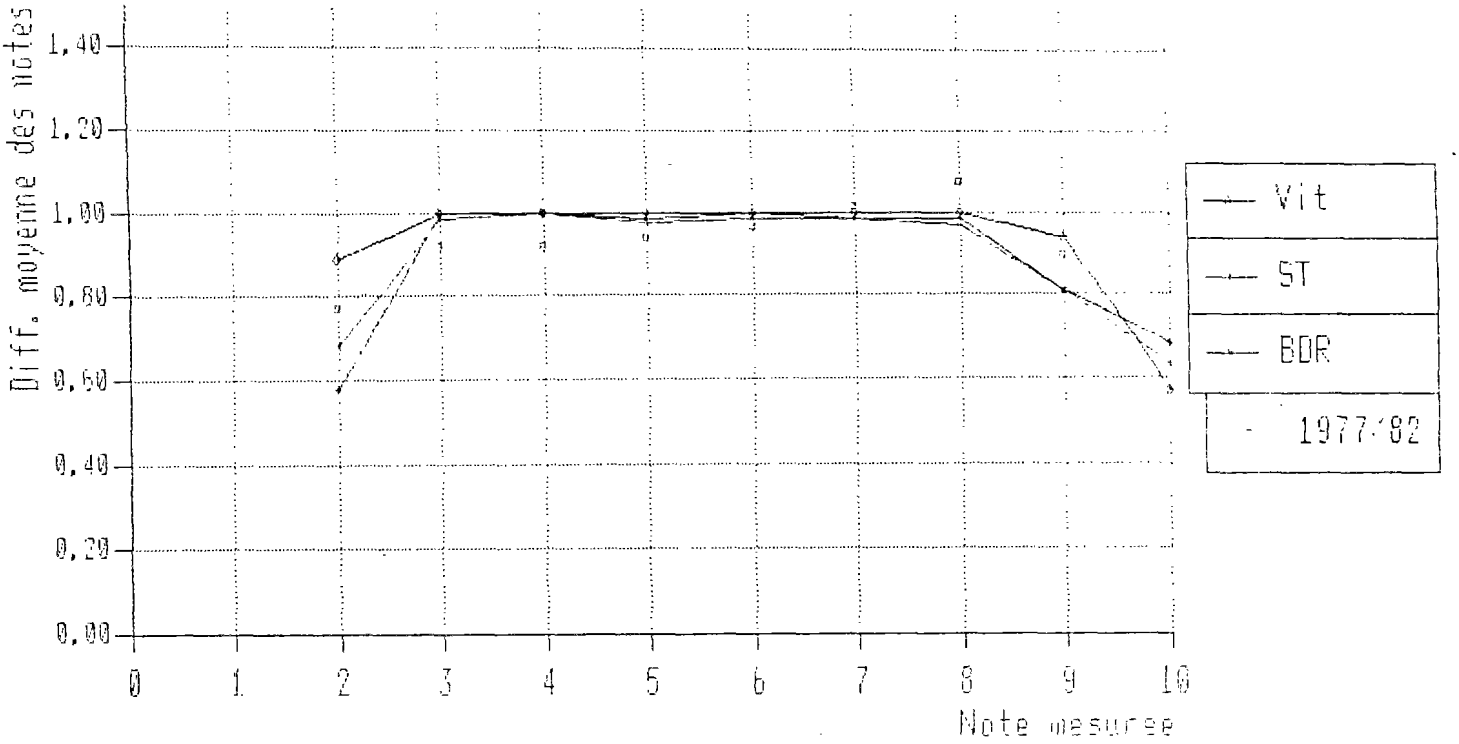


Figure 63.

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Ondes moyennes - Conf. 63 % dN(mesuree) = 1



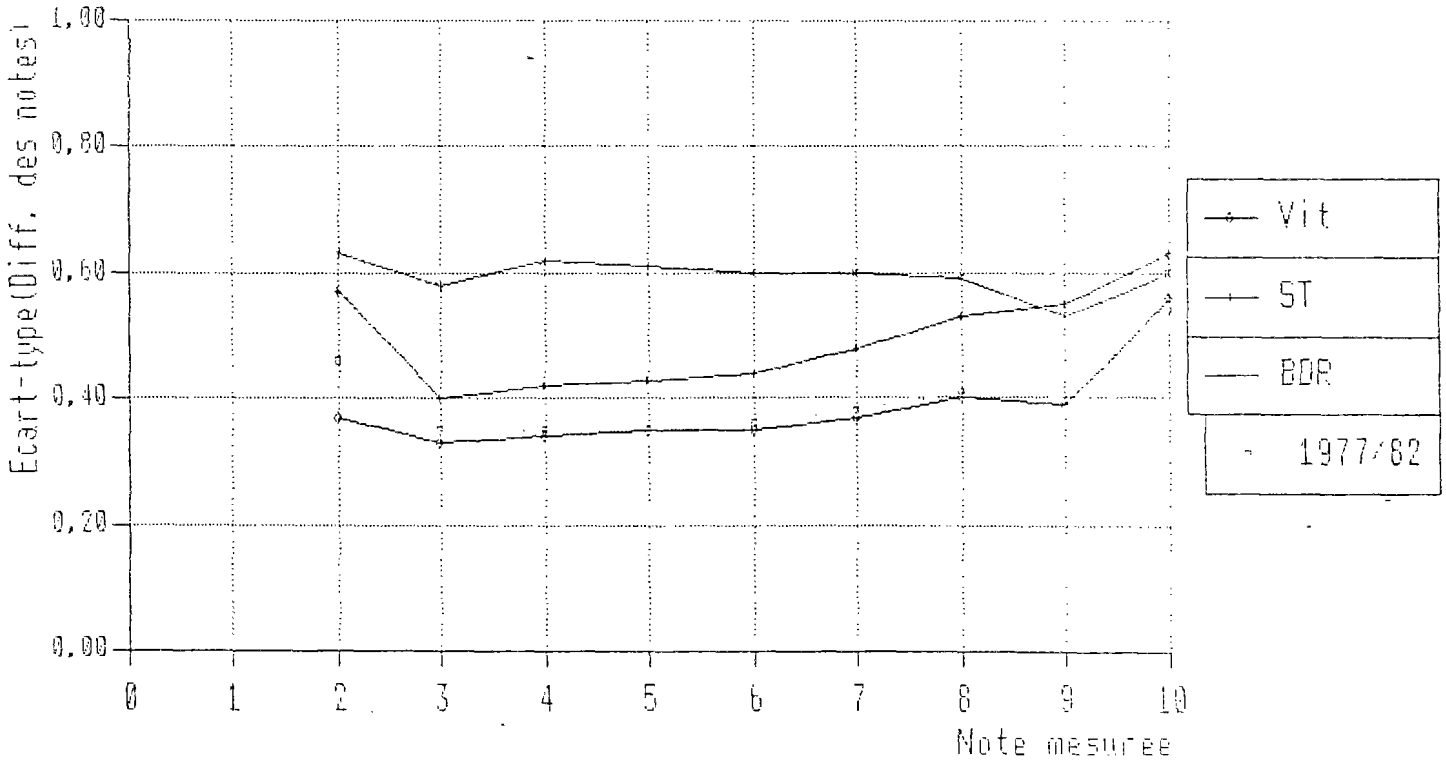


Figure 64.

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Grandes ondes - Conf. 63 % d(Mesuree) = 1

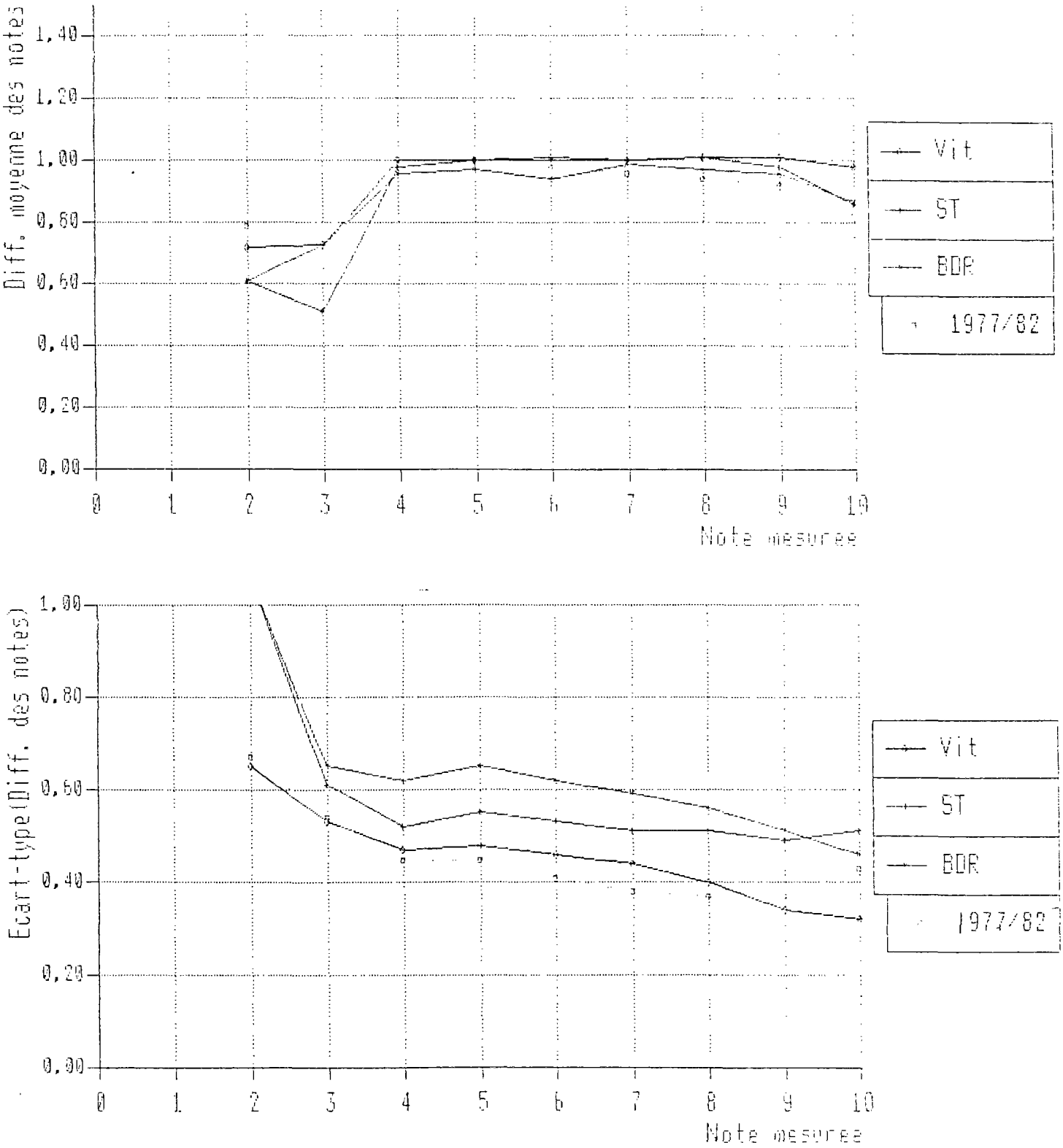


Figure 65.

75833

NS 12766(2) X
t.3
NS 12766(2) t.3

THESE DE DOCTEUR - INGENIEUR

présentée

à

L'ECOLE NATIONALE des PONTS et CHAUSSEES

par

DARIUSZ GODLEWSKI

pour obtenir le grade de

DOCTEUR - INGENIEUR EN GENIE CIVIL

OPTIMISATION DE LA GESTION ROUTIERE
UTILISATION DE L'UNI LONGITUDINAL DES CHAUSSEES

ANNEXE

2D

E.N.P.C.
DOC02453

ANNEXE I

TABLE DE MATIERE

1. Comparaison des différentes quantificateurs de l'uni pour le signal de l'APL-72 - (§ 2.5.2.)

2. Histogrammes de repartition des vitesses de mesure de l'APL-72 - (§ 3.4.2.)

3. Reproductibilité des mesures. Resultats des mesures - (§ 3.4.3.)

4. Analyse spectrale des signaux de l'APL-72. Analyse statistique - (§ 3.5.2.)

5. Erreurs maximal, cumulés. Zone de comparaison pour les campagnes 1978 et 1982 - (§ 3.5.3.)

6. Relation entre les notes mesurées et les notes réelles (tableaux) - (§ 3.5.4.)

7. Relation entre les notes mesurées et les notes réelles (figures) - (§ 3.5.4.)

8. Distributions des différences des notes mesures et réelles (figures) - (§ 3.5.4.)

9. Extrais des schémas des sections pour les ST - (§ 4.3.1.)

10. Histogrammes des données pour les ST - (§ 4.3.3.)

11. Histogrammes des données pour la BDR - (§ 4.6.)

12. Comparaisons des resultats de l'évolution de l'uni obtenus pour les ST et pour la BDR - (§ 4.7.)

13. Plans des sites de mesures de vitesse - (§ 5.2.1.)

14. Relation uni - vitesse. Nuages des points pour les quantificateurs différentes - (§ 5.4.2.)

ANNEXE I

1. Comparaison des différentes quantificateurs de l'uni pour le signal de l'APL-72 - (§ 2.5.2.)

TABLEAU RECAPITULATIF - NOTATION DE APL-72

LONGUER DE BASE : 5.00 M NOMBRE DE MESURE : 2807

GAMME D ONDE : PO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1840	C3840	C1810	C3810	C182	C382	C181	C381	
MIN	4	1.1759	0.5031	2.8132	1.1253	95.	29.	50.	16.	31.	10.	25.	7.	MIN
MOY	4	1.6281	1.2317	5.4778	4.3185	700.	224.	248.	79.	90.	29.	63.	20.	MOY
MAX	4	2.3268	2.2543	11.8859	10.4793	2224.	717.	716.	233.	303.	103.	181.	63.	MAX
MIN	5	0.6040	-0.2253	0.7736	0.4220	49.	17.	45.	14.	22.	6.	12.	3.	MIN
MOY	5	1.4211	1.0199	4.0834	2.9776	680.	219.	192.	62.	66.	21.	46.	14.	MOY
MAX	5	3.9170	3.4273	22.0838	16.5980	3010.	963.	1058.	346.	241.	79.	152.	45.	MAX
MIN	6	0.7265	-0.0417	1.1956	0.7033	45.	15.	39.	10.	22.	5.	15.	3.	MIN
MOY	6	1.4081	1.0296	3.9996	2.9941	579.	187.	182.	59.	64.	20.	45.	14.	MOY
MAX	6	4.2073	3.7544	27.5696	26.4443	2606.	838.	761.	243.	332.	131.	227.	133.	MAX
MIN	7	0.9179	0.2147	1.7583	0.7736	49.	11.	32.	10.	22.	5.	17.	5.	MIN
MOY	7	1.4024	0.9986	3.9660	2.7682	526.	169.	169.	54.	62.	20.	44.	14.	MOY
MAX	7	3.2169	2.7297	14.6288	9.1430	2194.	698.	730.	239.	272.	94.	162.	58.	MAX
MIN	8	1.0179	0.1649	2.3912	0.9143	97.	30.	47.	13.	28.	9.	22.	6.	MIN
MOY	8	1.4181	0.9959	4.0881	2.9180	625.	201.	186.	59.	63.	20.	44.	14.	MOY
MAX	8	1.9845	1.8720	7.5957	6.7517	2087.	666.	815.	271.	187.	59.	117.	35.	MAX

GAMME D ONDE : MO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1840	C3840	C1810	C3810	C182	C382	C181	C381	
MIN	5	1.0591	0.4404	2.4616	1.4769	49.	17.	45.	14.	32.	8.	26.	7.	MIN
MOY	5	1.4744	1.1551	4.5020	3.4281	586.	188.	221.	71.	81.	26.	55.	17.	MOY
MAX	5	2.3485	2.2543	11.8859	10.4793	3010.	963.	716.	233.	303.	103.	181.	63.	MAX
MIN	6	0.6040	-0.2253	0.7736	0.4220	52.	15.	50.	15.	22.	6.	12.	3.	MIN
MOY	6	1.4315	1.0289	4.2301	2.9948	694.	223.	192.	62.	66.	21.	46.	15.	MOY
MAX	6	2.1796	2.1347	9.7056	9.2836	2935.	952.	1058.	346.	241.	79.	158.	53.	MAX
MIN	7	0.7265	0.1587	1.1956	0.7736	56.	16.	37.	12.	22.	5.	15.	4.	MIN
MOY	7	1.4084	1.0031	4.0019	2.8135	561.	180.	175.	56.	60.	19.	44.	14.	MOY
MAX	7	4.2073	3.7544	27.5696	26.4443	2606.	838.	687.	222.	291.	131.	207.	133.	MAX
MIN	8	0.9179	0.2147	1.7583	0.7736	45.	11.	32.	10.	22.	5.	17.	5.	MIN
MOY	8	1.4003	1.0003	3.9494	2.7881	554.	179.	175.	56.	63.	20.	43.	14.	MOY
MAX	8	3.9170	3.4273	22.0838	16.5980	2194.	698.	815.	271.	332.	116.	227.	82.	MAX
MIN	9	0.9826	-0.0417	2.2506	0.7033	53.	17.	39.	10.	27.	7.	19.	3.	MIN
MOY	9	1.4046	1.0368	4.0418	2.9587	607.	196.	184.	59.	67.	21.	48.	15.	MOY
MAX	9	2.3426	2.1310	11.7452	8.6506	2087.	666.	704.	233.	272.	94.	162.	58.	MAX

GAMME D ONDE : GO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1840	C3840	C1810	C3810	C182	C382	C181	C381	
MIN	5	1.0082	0.4388	2.2506	1.2660	58.	17.	47.	16.	26.	7.	22.	5.	MIN
MOY	5	1.3733	1.0150	3.9158	2.9119	635.	204.	181.	58.	63.	20.	45.	14.	MOY
MAX	5	1.9845	1.8720	7.5957	6.3298	1911.	617.	704.	233.	187.	59.	117.	35.	MAX
MIN	6	0.6040	-0.2253	0.7736	0.4220	52.	15.	52.	18.	22.	6.	12.	3.	MIN
MOY	6	1.5148	1.0678	4.6013	3.1210	589.	189.	191.	61.	68.	22.	48.	15.	MOY
MAX	6	4.1949	3.7544	27.5696	26.4443	2935.	952.	1058.	346.	241.	131.	207.	133.	MAX
MIN	7	0.9706	0.3066	2.1803	0.7846	49.	16.	32.	10.	22.	6.	17.	5.	MIN
MOY	7	1.4027	1.0264	4.0151	2.9040	575.	185.	182.	58.	65.	21.	46.	14.	MOY
MAX	7	3.9170	3.4273	22.0838	16.5980	3010.	963.	815.	271.	303.	103.	181.	63.	MAX
MIN	8	0.7265	-0.0417	1.1956	0.7033	57.	16.	35.	10.	24.	7.	15.	3.	MIN
MOY	8	1.4214	1.0489	4.1424	3.3330	682.	220.	197.	63.	67.	21.	47.	15.	MOY
MAX	8	4.2073	3.7408	25.8817	24.8970	2606.	838.	761.	243.	272.	125.	198.	120.	MAX
MIN	9	0.0901	0.1587	2.0396	0.7736	45.	11.	39.	10.	22.	5.	19.	4.	MIN
MOY	9	1.3741	0.9329	3.7379	2.4877	424.	137.	151.	48.	55.	17.	40.	12.	MOY
MAX	9	3.5971	3.1031	16.1760	10.8309	1727.	554.	621.	195.	196.	65.	109.	36.	MAX
MIN	10	1.1905	0.5541	2.8132	1.6176	135.	45.	63.	16.	34.	10.	26.	6.	MIN
MOY	10	1.5240	1.1053	4.4326	3.1561	627.	202.	207.	67.	71.	23.	50.	16.	MOY
MAX	10	3.0826	2.6321	10.4089	9.9870	1763.	571.	564.	181.	332.	116.	227.	82.	MAX

EXTREME DES NOTATION

	PG	MO	GO	SV1	SV3	DU1	DU3	C1840	C3840	C1810	C3810	C182	C382	C181	C381	
MIN	4	5	5	0.6040	-0.2253	0.7736	0.4220	45.	11.	32.	10.	22.	5.	12.	3.	MIN
MAX	8	9	9	4.2073	3.7544	27.5696	26.4443	3010.	963.	1058.	346.	332.	131.	227.	133.	MAX

- LONGUER DE BASE : 25.00 M NOMBRE DE MESURE : 220

GAMME D ONDE : PO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1B40	C3B40	C1B10	C3B10	C1B2	C3B2	C1B1	C3B1	
MIN	4	1.3479	0.8443	3.4603	2.0536	310.	103.	115.	38.	43.	14.	32.	11.	MIN
MOY	4	1.6799	1.3397	5.4779	4.3185	711.	235.	236.	78.	89.	29.	61.	20.	MOY
MAX	4	2.0991	1.8580	7.9474	6.7658	1557.	513.	384.	126.	158.	51.	111.	35.	MAX
MIN	5	1.1750	0.7778	2.6304	1.8708	279.	91.	105.	34.	39.	12.	28.	9.	MIN
MOY	5	1.5656	1.2263	4.5250	3.2401	746.	247.	211.	70.	71.	23.	48.	15.	MOY
MAX	5	3.2247	2.7387	7.6942	5.5280	1767.	588.	438.	144.	132.	44.	91.	30.	MAX
MIN	6	1.1772	0.6077	2.6725	1.5754	215.	71.	93.	30.	39.	12.	28.	9.	MIN
MOY	6	1.4291	1.0439	3.8628	2.6448	536.	177.	181.	60.	61.	20.	42.	14.	MOY
MAX	6	2.2584	1.8466	5.8796	4.3605	1381.	459.	358.	120.	131.	43.	68.	22.	MAX
MIN	7	1.1065	0.6383	2.6022	1.5895	143.	47.	86.	28.	33.	11.	23.	8.	MIN
MOY	7	1.4341	1.0123	3.9891	2.6076	592.	196.	166.	55.	61.	20.	42.	14.	MOY
MAX	7	1.9483	1.7039	7.2722	5.4998	1245.	413.	365.	120.	144.	48.	106.	35.	MAX
MIN	8	1.2871	0.7773	3.2633	1.7864	250.	82.	111.	36.	35.	12.	29.	9.	MIN
MOY	8	1.4430	1.0280	4.0215	2.6022	616.	204.	174.	57.	57.	18.	40.	13.	MOY
MAX	8	1.7070	1.3961	5.6405	3.9807	1308.	434.	317.	105.	84.	28.	54.	17.	MAX

GAMME D ONDE : MO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1B40	C3B40	C1B10	C3B10	C1B2	C3B2	C1B1	C3B1	
MIN	5	1.2737	1.0260	3.3196	2.6022	279.	91.	145.	47.	62.	21.	41.	13.	MIN
MOY	5	1.6534	1.4150	5.2741	4.1501	722.	238.	269.	89.	96.	32.	65.	21.	MOY
MAX	5	2.0991	1.8580	7.9474	6.7658	1557.	513.	384.	126.	158.	51.	111.	35.	MAX
MIN	6	1.2143	0.7870	2.9398	1.9552	307.	100.	115.	38.	43.	14.	30.	9.	MIN
MOY	5	1.5540	1.2001	4.6342	3.2909	753.	249.	205.	68.	71.	24.	47.	15.	MOY
MAX	6	1.9759	1.7777	7.7645	6.2735	1767.	588.	438.	144.	132.	44.	88.	29.	MAX
MIN	7	1.1772	0.6077	2.6725	1.5754	215.	71.	93.	30.	39.	12.	28.	9.	MIN
MOY	7	1.4408	1.0250	3.9134	2.5842	556.	184.	171.	56.	58.	19.	41.	13.	MOY
MAX	7	2.2584	1.8466	5.8796	4.3605	1283.	424.	358.	120.	103.	34.	65.	21.	MAX
MIN	8	1.1065	0.6383	2.6022	1.5895	143.	47.	86.	28.	33.	11.	23.	8.	MIN
MOY	8	1.4169	1.0083	3.8155	2.5196	588.	194.	160.	52.	56.	18.	39.	12.	MOY
MAX	8	3.2247	2.7387	7.6942	5.5280	1245.	413.	317.	105.	84.	28.	60.	20.	MAX
MIN	9	1.3429	0.7773	3.3899	1.7864	301.	98.	127.	43.	35.	12.	29.	9.	MIN
MOY	9	1.5529	1.2017	4.7925	3.2292	675.	223.	231.	76.	77.	25.	53.	17.	MOY
MAX	9	1.9483	1.7039	7.2722	5.4998	1308.	434.	365.	120.	144.	48.	106.	36.	MAX

GAMME D ONDE : GO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1B40	C3B40	C1B10	C3B10	C1B2	C3B2	C1B1	C3B1	
MIN	5	1.4455	0.8706	3.8963	2.0958	293.	98.	105.	34.	39.	12.	28.	9.	MIN
MOY	5	1.4964	1.0338	4.2093	2.5635	662.	219.	170.	56.	49.	16.	36.	11.	MOY
MAX	5	1.5741	1.3107	4.6559	3.3618	1283.	424.	278.	93.	56.	18.	42.	14.	MAX
MIN	6	1.2143	0.7870	2.9398	1.9552	307.	100.	131.	43.	44.	14.	30.	9.	MIN
MOY	6	1.5620	1.2201	4.6424	3.3143	797.	264.	222.	73.	75.	25.	49.	16.	MOY
MAX	6	1.8995	1.6742	6.8221	5.1060	1767.	588.	438.	144.	132.	44.	88.	29.	MAX
MIN	7	1.1065	0.6699	2.6022	1.5895	181.	61.	96.	32.	33.	11.	23.	8.	MIN
MOY	7	1.4751	1.1019	4.1401	2.8702	610.	201.	180.	59.	63.	21.	44.	14.	MOY
MAX	7	3.2247	2.7387	7.9474	6.7658	1557.	513.	384.	126.	158.	51.	111.	35.	MAX
MIN	8	1.1660	0.6383	2.6022	1.6457	143.	47.	86.	28.	35.	12.	27.	9.	MIN
MOY	8	1.5174	1.1252	4.3883	2.9482	624.	206.	210.	69.	70.	23.	48.	16.	MOY
MAX	8	1.9483	1.7039	7.2722	5.4998	1308.	434.	365.	120.	144.	48.	106.	36.	MAX
MIN	9	1.1772	0.6077	2.6725	1.5754	215.	71.	93.	30.	39.	12.	28.	9.	MIN
MOY	9	1.2732	0.7798	3.1191	1.9270	382.	126.	118.	39.	48.	16.	32.	10.	MOY
MAX	9	1.3639	0.9166	3.7697	2.0958	522.	171.	137.	44.	55.	18.	36.	12.	MAX

EXTREME DES NOTATION

	PO	MO	GO	SV1	SV3	DU1	DU3	C1B40	C3B40	C1B10	C3B10	C1B2	C3B2	C1B1	C3B1	
MIN	4	5	5	1.1065	0.6077	2.6022	1.5754	143.	47.	86.	28.	33.	11.	23.	8.	MIN
MAX	8	9	9	3.2247	2.7387	7.9474	6.7658	1767.	588.	438.	144.	158.	51.	111.	36.	MAX

LONGUER DE BASE : 200.00 M NOMBRE DE MESURE : 29

GAMME D ONDE : PO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1B40	C3B40	C1B10	C3B10	C1B2	C3B2	C1B1	C3B1	
MIN	4	1.5722	1.2216	4.4636	2.9484	662.	220.	167.	55.	63.	21.	48.	16.	MIN
MOY	4	1.7246	1.4290	5.4771	4.0182	740.	246.	253.	84.	91.	30.	64.	21.	MOY
MAX	4	1.8771	1.6364	6.4907	5.0881	818.	271.	339.	113.	119.	39.	80.	26.	MAX
MIN	5	1.4080	1.0592	3.7518	2.5634	568.	188.	163.	54.	55.	18.	39.	13.	MIN
MOY	5	1.7153	1.3810	4.5170	3.2450	745.	248.	218.	72.	76.	25.	51.	17.	MOY
MAX	5	2.3587	1.8850	5.4148	4.0489	972.	323.	282.	94.	97.	32.	66.	22.	MAX
MIN	6	1.2793	0.7947	3.1187	1.9270	375.	125.	113.	37.	46.	15.	31.	10.	MIN
MOY	6	1.4603	1.0865	3.8635	2.6461	542.	180.	177.	59.	61.	20.	42.	14.	MOY
MAX	6	1.6460	1.3013	4.9858	3.2877	710.	236.	238.	80.	76.	25.	52.	17.	MAX
MIN	7	1.2727	0.7903	3.0835	1.9234	374.	125.	115.	38.	46.	15.	31.	10.	MIN
MOY	7	1.4970	1.0559	4.0232	2.6359	589.	196.	166.	55.	61.	20.	42.	14.	MOY
MAX	7	1.8162	1.5304	6.0009	4.3194	749.	250.	272.	90.	108.	36.	73.	24.	MAX
MIN	8	1.3692	0.9910	3.6021	2.4386	502.	166.	149.	49.	45.	15.	34.	11.	MIN
MOY	8	1.4521	1.0537	4.0243	2.5991	628.	209.	171.	56.	58.	19.	41.	13.	MOY
MAX	8	1.5887	1.1999	4.7045	3.0697	898.	299.	217.	71.	70.	23.	49.	16.	MAX

GAMME D ONDE : MO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1B40	C3B40	C1B10	C3B10	C1B2	C3B2	C1B1	C3B1	
MIN	5	1.4080	1.2166	3.7518	3.1158	568.	188.	226.	75.	74.	25.	48.	16.	MIN
MOY	5	1.6696	1.4450	5.1963	4.0843	752.	250.	276.	92.	97.	32.	65.	21.	MOY
MAX	5	1.8771	1.6364	6.4907	5.0881	870.	290.	339.	113.	119.	39.	80.	26.	MAX
MIN	6	1.4597	1.1759	4.0223	2.9484	653.	217.	167.	55.	63.	21.	42.	14.	MIN
MOY	6	1.5873	1.2831	4.6336	3.2907	762.	253.	220.	73.	73.	24.	50.	16.	MOY
MAX	6	1.7300	1.4518	5.4148	3.9559	972.	323.	282.	94.	90.	30.	59.	19.	MAX
MIN	7	1.2793	0.7947	3.1187	1.9270	375.	125.	113.	37.	46.	15.	31.	10.	MIN
MOY	7	1.4712	1.0602	3.9129	2.5840	551.	183.	167.	55.	59.	19.	41.	14.	MOY
MAX	7	1.6460	1.3013	4.9858	3.2877	766.	255.	238.	80.	76.	25.	52.	17.	MAX
MIN	8	1.2727	0.7903	3.0835	1.9234	374.	125.	115.	38.	46.	15.	31.	10.	MIN
MOY	8	1.5022	1.1016	3.8150	2.5194	583.	194.	162.	54.	58.	19.	40.	13.	MOY
MAX	8	2.3587	1.8850	4.7045	3.0697	749.	250.	217.	71.	72.	24.	49.	16.	MAX
MIN	9	1.4813	0.9910	4.1403	2.4497	580.	192.	168.	56.	45.	15.	34.	11.	MIN
MOY	9	1.6088	1.2482	4.7766	3.2197	701.	233.	220.	73.	73.	24.	50.	16.	MOY
MAX	9	1.8162	1.5304	6.0009	4.3194	898.	299.	272.	90.	108.	36.	73.	24.	MAX

GAMME D ONDE : GO

		SV1	SV3	DU1	DU3	C1B40	C3B40	C1B10	C3B10	C1B2	C3B2	C1B1	C3B1	
MIN	5	1.5000	1.0592	4.2087	2.5634	637.	212.	163.	54.	55.	18.	39.	13.	MIN
MOY	5	1.5000	1.0592	4.2087	2.5634	637.	212.	163.	54.	55.	18.	39.	13.	MOY
MAX	5	1.5000	1.0592	4.2087	2.5634	637.	212.	163.	54.	55.	18.	39.	13.	MAX
MIN	6	1.4597	1.1759	4.0223	2.9677	653.	217.	203.	67.	67.	22.	42.	14.	MIN
MOY	6	1.5870	1.2731	4.6418	3.3141	797.	265.	232.	77.	75.	25.	50.	16.	MOY
MAX	6	1.7300	1.4518	5.4148	3.9559	972.	323.	282.	94.	90.	30.	59.	19.	MAX
MIN	7	1.3073	0.9352	3.2839	2.2153	442.	147.	125.	42.	46.	15.	31.	10.	MIN
MOY	7	1.5542	1.1934	4.1429	2.8778	617.	205.	185.	61.	66.	22.	46.	15.	MOY
MAX	7	2.3587	1.8850	6.4907	5.0881	870.	290.	339.	113.	119.	39.	80.	26.	MAX
MIN	8	1.2727	0.7903	3.0835	1.9234	374.	125.	115.	38.	45.	15.	31.	10.	MIN
MOY	8	1.5341	1.1611	4.4050	2.9610	635.	211.	201.	67.	68.	23.	47.	15.	MOY
MAX	8	1.8162	1.5304	6.0009	4.3194	898.	299.	272.	90.	108.	36.	73.	24.	MAX
MIN	9	1.2793	0.7947	3.1187	1.9270	375.	125.	113.	37.	46.	15.	31.	10.	MIN
MOY	9	1.2793	0.7947	3.1187	1.9270	375.	125.	113.	37.	46.	15.	31.	10.	MOY
MAX	9	1.2793	0.7947	3.1187	1.9270	375.	125.	113.	37.	46.	15.	31.	10.	MAX

EXTREME DES NOTATION

	PO	MO	GO	SV1	SV3	DU1	DU3	C1B40	C3B40	C1B10	C3B10	C1B2	C3B2	C1B1	C3B1	
MIN	4	5	5	1.2727	0.7903	3.0835	1.9234	374.	125.	113.	37.	45.	15.	31.	10.	MIN
MAX	8	9	9	2.3587	1.8850	6.4907	5.0881	972.	323.	339.	113.	119.	39.	80.	26.	MAX

ANNEXE I

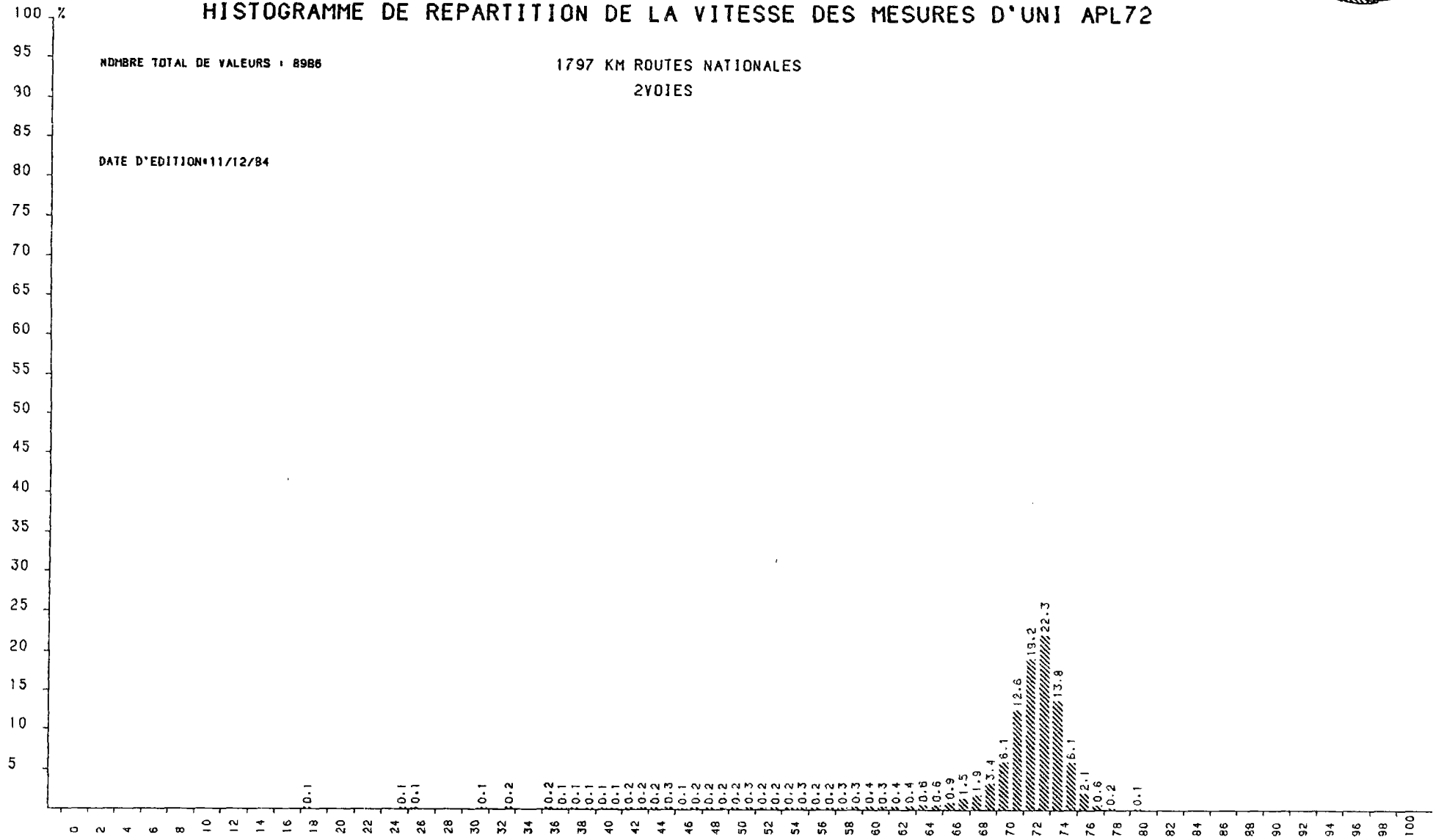
2. Histogrammes de repartition des vitesses de mesure de l'APL-72 - (§ 3.4.2.)

HISTOGRAMME DE REPARTITION DE LA VITESSE DES MESURES D'UNI APL72

NOMBRE TOTAL DE VALEURS : 8986

1797 KM ROUTES NATIONALES
2VOIES

DATE D'EDITION:11/12/84

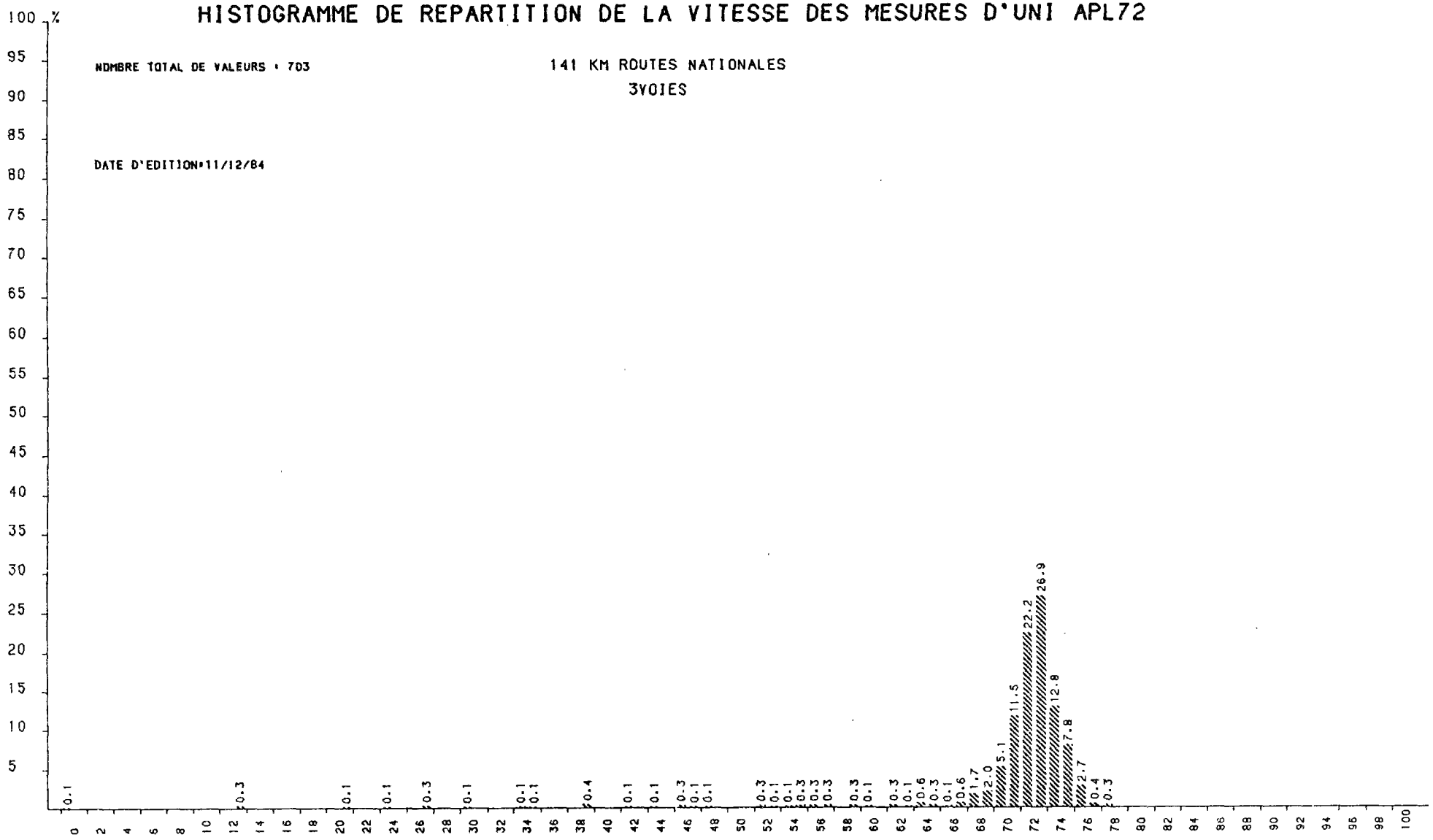


HISTOGRAMME DE REPARTITION DE LA VITESSE DES MESURES D'UNI APL72

NOMBRE TOTAL DE VALEURS : 703

141 KM ROUTES NATIONALES
3VOIES

DATE D'EDITION:11/12/84

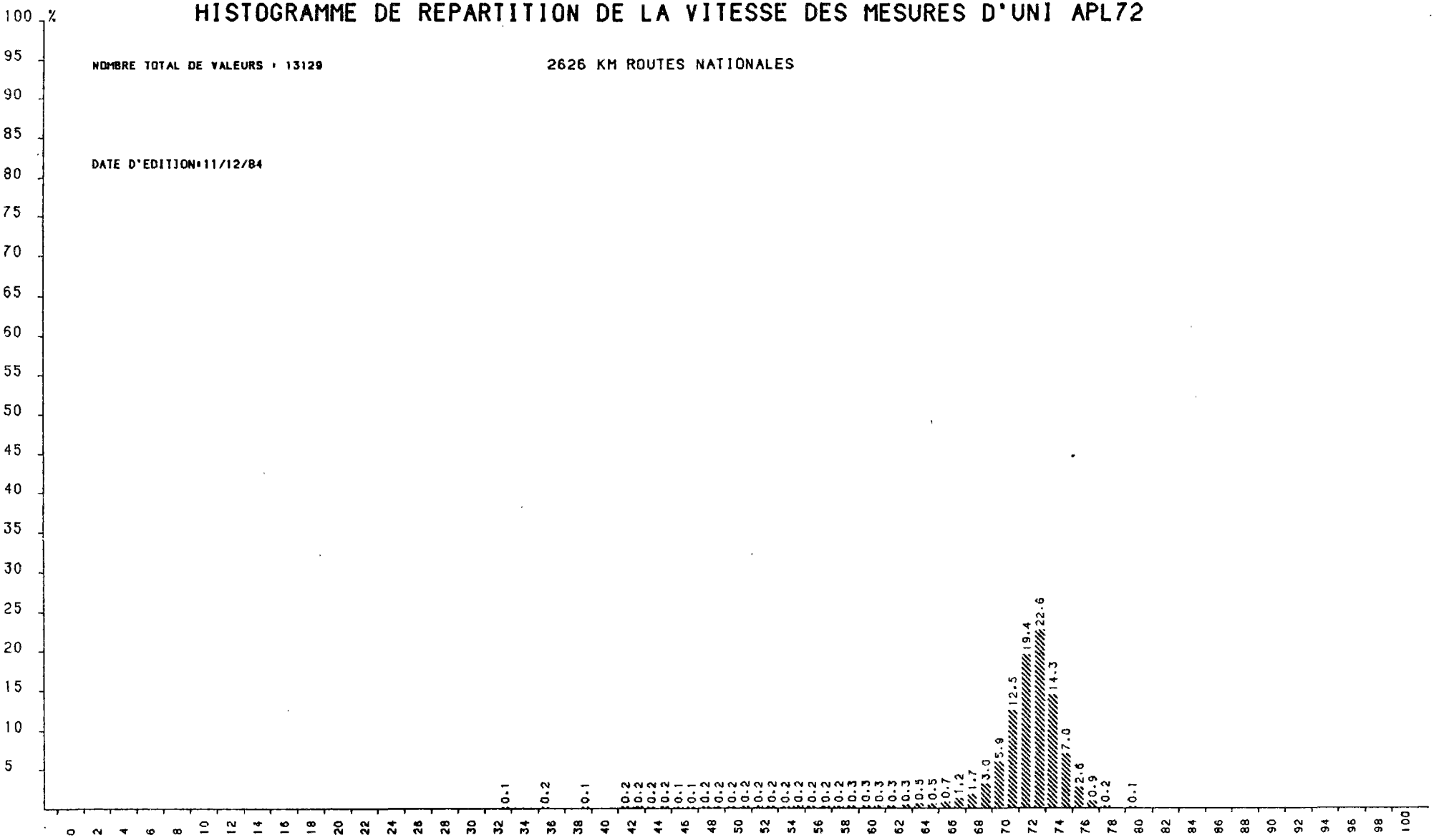


HISTOGRAMME DE REPARTITION DE LA VITESSE DES MESURES D'UNI APL72

NOMBRE TOTAL DE VALEURS : 13129

2626 KM ROUTES NATIONALES

DATE D'EDITION:11/12/84

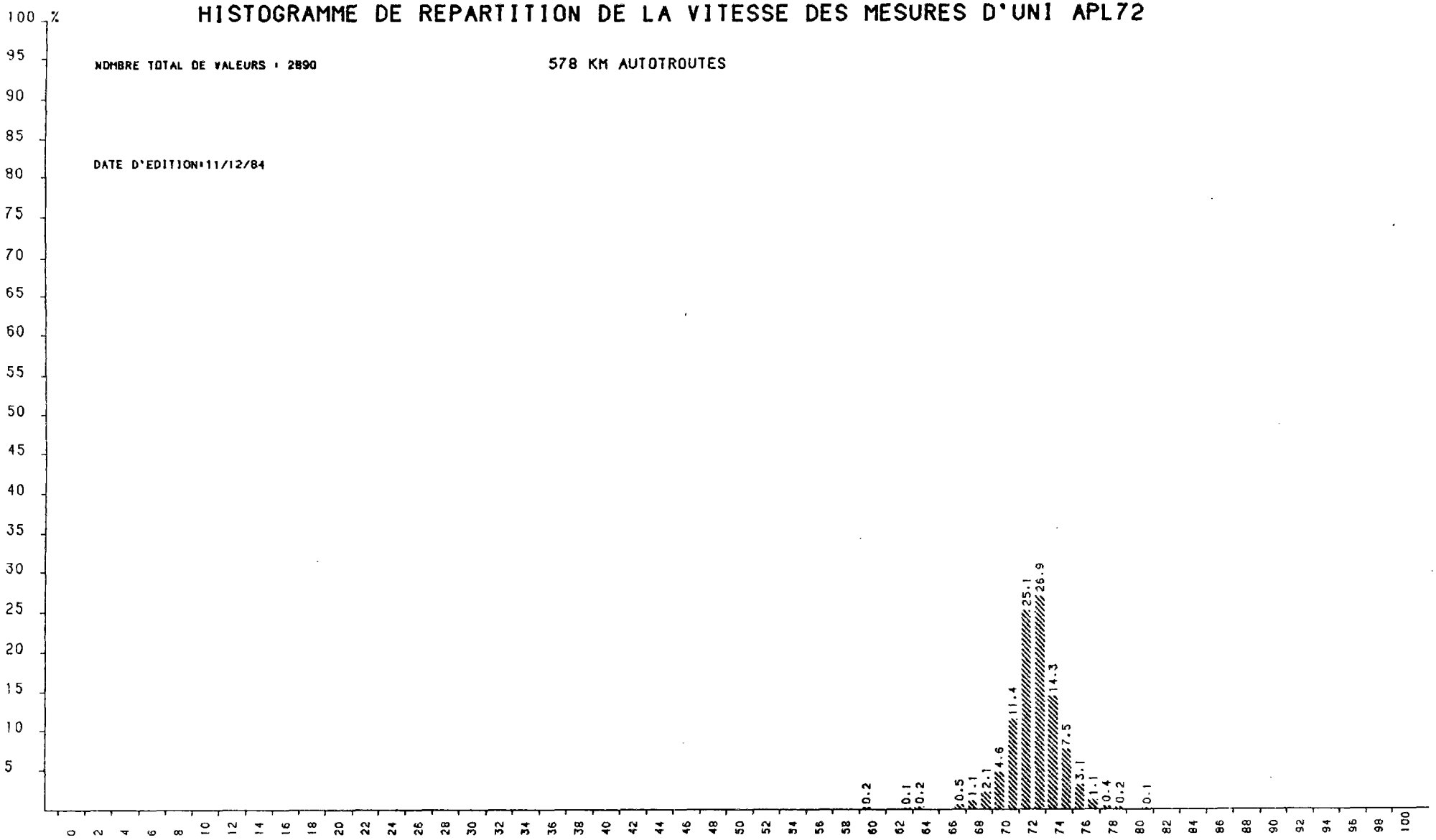


HISTOGRAMME DE REPARTITION DE LA VITESSE DES MESURES D'UNI APL72

NOMBRE TOTAL DE VALEURS : 2890

578 KM AUTOTROUTES

DATE D'EDITION:11/12/84



ANNEXE I

3. Reproductibilité des mesures. Resultats des mesures - (§ 3.4.3.)

SECTION N° 1

FICHIER ENERGIE

PO

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10
LIGNE 1	483	471	450	477	468	461	481	452	455	491
LIGNE 2	715	650	704	700	717	693	695	724	655	735
LIGNE 3	557	551	551	541	544	534	545	526	518	578
LIGNE 4	642	635	613	602	605	643	629	618	609	625
LIGNE 5	529	526	512	531	528	514	514	503	511	503
LIGNE 6	609	633	640	555	615	616	645	629	613	610
LIGNE 7	544	536	544	508	552	541	525	529	501	541
LIGNE 8	897	867	831	822	857	866	826	828	795	865
LIGNE 9	922	889	871	835	845	902	924	832	845	919
LIGNE 10	414	427	422	394	428	401	431	409	411	455
LIGNE 11	278	290	294	270	279	291	287	271	281	316
LIGNE 12	440	455	455	445	446	439	441	442	435	451
LIGNE 13	240	235	242	245	250	272	242	237	228	255
LIGNE 14	341	323	338	345	354	344	332	338	331	374
LIGNE 15	276	253	277	291	288	297	277	259	208	307
LIGNE 16	253	274	291	255	295	253	252	254	253	283
LIGNE 17	237	250	250	251	254	238	245	250	255	282
LIGNE 18	303	303	318	297	299	292	297	267	281	334
LIGNE 19	183	175	157	185	181	185	172	175	172	211
LIGNE 20	159	161	158	150	153	155	155	149	142	178

(PASSAGE) →

(TRONÇON)

↓

FICHIER NOTES

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10
LIGNE 1	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 2	002	002	002	002	002	002	002	002	003	002
LIGNE 3	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 4	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 5	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 6	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 7	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 8	002	002	002	002	002	002	002	002	002	002
LIGNE 9	002	002	002	002	002	002	002	002	002	002
LIGNE 10	003	003	003	004	003	003	003	003	003	003
LIGNE 11	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 12	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 13	005	005	004	004	004	005	004	005	005	004
LIGNE 14	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 15	004	004	004	004	004	004	004	004	005	004
LIGNE 16	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 17	004	004	004	004	004	005	004	004	004	004
LIGNE 18	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 19	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 20	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005

SECTION N° 1

FICHIER ENERGIE MO

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10COL 11COL 12COL 13COL 14
LIGNE 1	540	543	533	544	551	539	569	591	555	535
LIGNE 2	580	553	603	611	610	608	593	592	592	597
LIGNE 3	388	400	352	328	357	367	393	381	374	380
LIGNE 4	246	248	238	221	233	229	235	242	241	242
LIGNE 5	366	354	365	375	377	360	384	343	383	385
LIGNE 6	412	433	414	406	399	391	416	419	420	409
LIGNE 7	495	525	502	514	505	533	522	561	504	519
LIGNE 8	805	821	814	777	824	809	769	792	747	838
LIGNE 9	437	416	373	348	397	402	376	385	416	407
LIGNE 10	684	551	573	641	644	602	550	728	675	651
LIGNE 11	611	619	525	504	605	607	611	621	502	503
LIGNE 12	491	503	493	487	498	491	405	503	485	475
LIGNE 13	555	530	592	560	554	540	525	551	587	537
LIGNE 14	675	716	718	682	710	700	725	702	723	704
LIGNE 15	422	424	403	412	409	415	420	421	419	419
LIGNE 16	498	497	490	494	473	492	494	455	454	485
LIGNE 17	797	915	792	825	824	734	752	800	787	789
LIGNE 18	600	595	503	537	537	493	520	557	531	532
LIGNE 19	499	487	454	462	445	448	490	453	478	459
LIGNE 20	440	488	451	444	441	458	453	469	472	424

(PASSAGE)

TRONÇON

↓

FICHIER NOTES

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10COL 11COL 12COL 13COL 14
LIGNE 1	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 2	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 3	005	004	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 4	005	005	005	005	005	006	005	005	005	005
LIGNE 5	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 6	004	004	004	004	005	005	004	004	004	004
LIGNE 7	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 8	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 9	004	004	005	005	005	004	005	005	004	004
LIGNE 10	003	003	003	003	003	004	003	003	003	003
LIGNE 11	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 12	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 13	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 14	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 15	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 16	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 17	003	003	003	003	003	003	003	003	003	003
LIGNE 18	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 19	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 20	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004

SECTION N° 1

60

FICHIER ENERGIE

(PASSAGE) →

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10COL 11COL 12COL 13COL 14
LIGNE 1	357	351	330	349	352	343	342	349	338	345
LIGNE 2	458	450	460	459	454	441	459	471	470	433
LIGNE 3	398	394	383	373	351	367	374	363	385	372
LIGNE 4	533	572	547	531	546	535	572	528	540	559
LIGNE 5	333	314	321	323	329	325	318	300	313	321
LIGNE 6	325	339	323	306	312	310	320	332	342	311
LIGNE 7	323	348	337	333	342	337	322	346	360	330
LIGNE 8	774	686	795	805	765	695	721	779	753	758
LIGNE 9	905	1037	715	722	936	1108	714	708	1075	867
LIGNE 10	452	483	453	447	447	472	482	485	479	482
LIGNE 11	528	537	542	523	544	510	540	598	532	542
LIGNE 12	203	203	195	198	195	201	203	205	202	201
LIGNE 13	287	298	278	287	300	294	314	291	289	295
LIGNE 14	461	498	495	455	477	471	492	493	492	471
LIGNE 15	225	231	219	218	216	217	217	211	225	213
LIGNE 16	254	283	257	267	262	188	289	262	283	256
LIGNE 17	117	131	121	122	120	121	122	114	126	120
LIGNE 18	203	231	222	225	231	225	227	223	225	222
LIGNE 19	487	455	491	479	486	475	494	492	491	487
LIGNE 20	599	605	580	579	556	546	579	589	609	573

↓

(TRONÇON)

FICHIER NOTES

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10COL 11COL 12COL 13COL 14
LIGNE 1	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 2	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 3	005	005	005	005	005	005	005	006	005	005
LIGNE 4	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 5	006	006	006	006	005	005	005	005	005	005
LIGNE 6	005	006	006	006	005	005	006	006	005	005
LIGNE 7	005	005	006	005	006	005	006	005	005	005
LIGNE 8	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004
LIGNE 9	004	003	004	004	004	003	004	004	003	004
LIGNE 10	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 11	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 12	006	005	007	007	007	007	007	005	007	007
LIGNE 13	005	006	005	006	006	005	006	006	006	006
LIGNE 14	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 15	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 16	005	006	006	005	006	005	006	006	006	006
LIGNE 17	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007
LIGNE 18	005	005	005	006	005	006	006	005	005	005
LIGNE 19	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005
LIGNE 20	005	004	005	005	005	005	005	004	004	005

SECTION N° 2

FICHIER ENERGIE

PO

(PASSAGE) →

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10	COL 11	COL 12	COL 13	COL 14
LIGNE 1	220	245	218	277	229	214	228	239	232	230	214			
LIGNE 2	125	128	115	122	126	111	120	141	115	131	116			
LIGNE 3	095	081	080	095	087	074	097	081	105	093	081			
LIGNE 4	134	136	141	133	169	129	142	137	149	140	131			
LIGNE 5	117	115	100	115	122	112	109	116	117	105	118			
LIGNE 6	102	095	105	104	121	119	126	106	108	115	124			
LIGNE 7	191	104	105	120	126	114	111	155	215	112	220			
LIGNE 8	163	136	119	123	158	155	148	187	172	177	165			
LIGNE 9	157	148	143	140	156	138	155	188	189	171	153			
LIGNE 10	191	184	175	188	182	167	223	225	207	190	213			
LIGNE 11	167	164	149	154	173	193	175	189	205	184	182			
LIGNE 12	211	204	197	183	189	182	193	181	203	200	175			
LIGNE 13	142	144	156	144	155	159	145	149	159	157	153			
LIGNE 14	171	153	177	152	166	171	157	153	147	159	149			
LIGNE 15	183	159	202	175	220	226	224	219	229	222	226			
LIGNE 16	116	117	141	124	149	133	131	123	126	141	118			
LIGNE 17	195	176	163	257	221	239	255	268	234	245	232			
LIGNE 18	202	174	168	195	165	191	186	192	159	191	140			
LIGNE 19	112	130	112	142	151	179	199	176	162	171	123			
LIGNE 20	257	265	253	261	275	270	261	266	278	259	253			
LIGNE 21	157	152	144	148	175	180	180	195	221	150	162			
LIGNE 22	174	162	168	177	174	183	192	174	170	159	152			
LIGNE 23	265	280	278	280	295	312	300	297	305	292	299			
LIGNE 24	393	371	379	439	408	410	408	401	470	453	384			
LIGNE 25	373	363	377	398	351	355	364	345	349	365	341			
LIGNE 26	124	119	127	128	107	105	110	108	129	112	105			
LIGNE 27	~~020~~	175	187	197	202	194	203	179	222	202	190			

(TRONÇON)
↓

NOTE

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10	COL 11	COL 12	COL 13	COL 14
LIGNE 1	005	004	005	004	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 2	005	006	006	006	006	006	006	006	006	006	006			
LIGNE 3	005	007	007	006	006	007	006	007	005	006	007			
LIGNE 4	005	005	005	006	005	006	006	006	005	006	006			
LIGNE 5	006	006	006	006	006	006	006	006	006	006	006			
LIGNE 6	006	006	006	006	006	006	006	006	006	006	006			
LIGNE 7	005	006	006	006	006	005	006	005	005	006	005			
LIGNE 8	005	006	006	006	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 9	005	005	006	006	005	006	005	005	005	005	005			
LIGNE 10	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 11	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 12	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 13	005	005	005	006	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 14	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 15	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 16	005	006	006	006	005	006	006	006	006	006	006			
LIGNE 17	005	005	005	004	005	005	004	004	005	004	005			
LIGNE 18	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	006			
LIGNE 19	005	005	006	006	005	005	005	005	005	005	006			
LIGNE 20	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004			
LIGNE 21	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 22	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 23	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004			
LIGNE 24	004	004	004	003	003	003	003	003	003	005	004			
LIGNE 25	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004	004			
LIGNE 26	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 27	~~010~~	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			

SECTION N° 2

FICHIER ENERGIE MO

(PASSAGE) →

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10	COL 11	COL 12	COL 13	COL 14
LIGNE 1	069	065	081	104	078	074	075	078	078	073	077			
LIGNE 2	056	071	058	084	069	063	069	090	059	071	059			
LIGNE 3	000	000	000	000	001	000	002	006	003	000	001			
LIGNE 4	152	149	123	102	159	131	147	102	148	153	117			
LIGNE 5	049	029	042	041	050	049	071	050	053	048	052			
LIGNE 6	016	011	027	034	041	031	048	037	028	034	050			
LIGNE 7	046	010	014	032	035	026	030	043	050	028	052			
LIGNE 8	077	068	078	079	096	099	084	096	098	102	103			
LIGNE 9	034	045	052	047	053	039	047	045	053	047	046			
LIGNE 10	090	090	095	101	099	089	105	106	100	109	116			
LIGNE 11	135	142	125	137	152	164	149	155	177	160	154			
LIGNE 12	125	119	122	104	127	150	125	138	153	126	125			
LIGNE 13	031	035	057	037	029	055	040	048	047	052	050			
LIGNE 14	020	023	035	031	035	036	031	029	025	030	031			
LIGNE 15	093	091	115	103	141	146	139	133	144	144	140			
LIGNE 16	001	002	009	020	024	023	025	020	017	024	017			
LIGNE 17	040	034	033	079	051	070	078	078	072	076	058			
LIGNE 18	052	045	057	065	055	059	057	051	042	059	033			
LIGNE 19	015	021	025	035	038	029	050	043	034	032	026			
LIGNE 20	112	129	115	140	144	134	141	132	126	112	110			
LIGNE 21	105	105	105	117	121	115	119	116	094	105	115			
LIGNE 22	271	291	277	371	378	390	373	361	357	357	357			
LIGNE 23	317	319	316	326	287	295	290	292	295	279	291			
LIGNE 24	150	152	160	254	275	276	252	293	290	283	246			
LIGNE 25	390	401	411	421	355	377	355	379	357	390	386			
LIGNE 26	107	103	115	118	109	117	113	108	144	119	119			
LIGNE 27	~~202~~	187	200	201	202	203	193	177	211	201	193			

(TRONÇON)
↓

NOTE

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10	COL 11	COL 12	COL 13	COL 14
LIGNE 1	007	008	007	007	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 2	008	007	009	007	007	003	007	007	007	007	007			
LIGNE 3	010	012	010	010	010	010	010	010	012	010	010			
LIGNE 4	006	005	007	007	006	006	006	007	006	006	007			
LIGNE 5	008	008	008	008	008	008	007	008	008	008	008			
LIGNE 6	009	009	009	008	008	008	008	008	008	008	008			
LIGNE 7	008	009	009	008	008	009	008	008	008	008	008			
LIGNE 8	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 9	008	009	009	008	009	008	009	008	008	008	009			
LIGNE 10	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 11	006	006	007	006	006	006	006	006	006	006	006			
LIGNE 12	007	007	007	007	007	006	007	006	006	007	007			
LIGNE 13	008	008	009	008	008	009	008	008	009	008	008			
LIGNE 14	009	009	008	008	008	008	008	008	009	008	008			
LIGNE 15	007	007	007	007	006	006	006	006	006	006	006			
LIGNE 16	010	010	009	009	009	009	009	009	009	009	009			
LIGNE 17	008	008	008	007	009	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 18	008	008	008	008	008	008	008	008	008	008	008			
LIGNE 19	009	009	009	008	008	008	008	008	008	008	009			
LIGNE 20	007	007	007	006	006	006	006	006	007	007	007			
LIGNE 21	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 22	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 23	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 24	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 25	005	004	004	004	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 26	007	007	007	007	007	007	007	007	006	007	007			
LIGNE 27	~~006~~	006	005	005	005	005	005	006	006	005	006			

SECTION N° 2

GO

FICHIER ENERGIE

(PASSAGE)

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10	COL 11	COL 12	COL 13	COL 14
LIGNE 1	255	265	255	235	236	270	291	283	301	303	282			
LIGNE 2	070	063	057	052	073	072	072	078	073	074	075			
LIGNE 3	130	114	129	137	157	145	147	138	133	153	148			
LIGNE 4	112	101	111	134	124	122	117	106	112	116	107			
LIGNE 5	047	048	047	042	052	045	054	054	054	052	049			
LIGNE 6	146	137	142	153	152	151	157	149	152	150	177			
LIGNE 7	008	008	023	007	011	012	012	010	005	012	008			
LIGNE 8	155	143	144	161	166	177	169	172	179	172	177			
LIGNE 9	213	189	184	188	202	222	203	217	242	211	216			
LIGNE 10	163	118	107	191	158	175	193	220	190	204	214			
LIGNE 11	220	239	217	207	202	218	199	229	228	226	228			
LIGNE 12	039	033	041	033	039	049	041	048	052	042	046			
LIGNE 13	107	103	095	105	235	142	113	146	131	122	115			
LIGNE 14	076	065	078	039	128	085	084	082	057	056	078			
LIGNE 15	163	141	145	169	216	227	222	221	223	234	226			
LIGNE 16	039	048	046	041	043	035	037	036	037	039	039			
LIGNE 17	079	072	076	113	111	113	127	113	117	122	112			
LIGNE 18	075	052	075	022	081	082	072	076	071	076	074			
LIGNE 19	042	049	054	053	058	057	057	057	051	055	055			
LIGNE 20	403	401	379	399	421	408	403	434	422	414	419			
LIGNE 21	191	195	193	205	195	205	207	212	202	185	196			
LIGNE 22	231	210	210	207	224	228	238	235	241	225	219			
LIGNE 23	160	143	163	170	175	163	169	164	167	166	157			
LIGNE 24	146	139	188	223	271	258	254	267	309	302	221			
LIGNE 25	339	351	355	333	367	360	377	377	411	394	371			
LIGNE 26	294	325	309	325	289	353	331	315	340	358	352			
LIGNE 27	~~202~~	422	429	401	400	377	401	409	382	384	336			

(TRONÇON)

↓

NOTES

	COL 1	COL 2	COL 3	COL 4	COL 5	COL 6	COL 7	COL 8	COL 9	COL 10	COL 11	COL 12	COL 13	COL 14
LIGNE 1	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 2	008	008	008	008	008	008	008	009	009	008	008			
LIGNE 3	007	007	007	009	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 4	007	005	007	009	007	007	007	006	007	007	008			
LIGNE 5	009	009	009	009	009	009	009	008	008	008	009			
LIGNE 6	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 7	010	010	010	010	010	010	010	010	010	010	010			
LIGNE 8	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 9	005	007	007	007	007	005	007	005	005	005	005			
LIGNE 10	007	007	008	007	007	007	007	006	007	005	006			
LIGNE 11	005	005	005	006	007	005	007	006	006	005	006			
LIGNE 12	009	009	009	009	009	009	009	009	009	009	009			
LIGNE 13	008	008	008	008	006	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 14	008	008	008	008	007	008	008	008	008	008	008			
LIGNE 15	007	007	007	007	006	006	005	006	006	006	006			
LIGNE 16	009	009	009	009	009	009	009	009	009	009	009			
LIGNE 17	009	008	008	007	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 18	008	009	008	008	008	008	008	008	008	008	008			
LIGNE 19	009	009	008	008	008	008	008	008	009	008	008			
LIGNE 20	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			
LIGNE 21	007	007	007	006	007	006	005	006	007	007	007			
LIGNE 22	005	005	005	007	005	005	005	006	005	006	005			
LIGNE 23	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007	007			
LIGNE 24	007	007	007	005	006	005	005	006	005	005	005			
LIGNE 25	005	005	005	005	006	006	005	005	005	005	005			
LIGNE 26	005	005	005	005	005	006	005	005	006	005	006			
LIGNE 27	~~205~~	005	005	005	005	005	005	005	005	005	005			

ANNEXE I

4. Analyse spectrale des signaux de l'APL-72. Analyse statistique - (§ 3.5.2.)

```
     PROJECT: RC104                    MEMBER: SPPOAF                          DATE: 8
     LIBRARY: FTAPL                                                            TIME: 1
     TYPE:    DATA                                                             PAGE: 1
START
 COL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7---

  11            ANALYSE STATISTIQUE DES SPECTRES - 1/3 OC.

  11            PO  -  AVEC FILTRE  -  100% = DE 3.2 A 25. HZ

   3    SITE  SOMME(M2)            POURCENTAGE

 Fréquence                  3,2   4,0   5,0   6,4   8,0   10,0  12,8  16,0  20,0   Hz
                             4,0   5,0   6,4   8,0   10,0  12,8  16,0  20,0  25,0

   1  8715G07 .183E-05   0.03 0.09 0.22 0.15 0.09 0.14 0.11 0.04 0.12
  11            SG =  0.34                                  SD =  0.12
   1  8715G08 .255E-05   0.02 0.06 0.17 0.15 0.06 0.09 0.10 0.29 0.06
  11            SG =  0.25                                  SD =  0.06
   1  8715G09 .187E-05   0.01 0.14 0.25 0.16 0.12 0.08 0.09 0.04 0.11
  11            SG =  0.40                                  SD =  0.11
   1  8715G10 .220E-05   0.02 0.03 0.04 0.18 0.24 0.09 0.08 0.25 0.07
  11            SG =  0.09                                  SD =  0.07
   1  8715G11 .219E-05   0.02 0.04 0.04 0.23 0.17 0.18 0.16 0.05 0.11
  11            SG =  0.10                                  SD =  0.11
   1  8715G12 .238E-05   0.02 0.03 0.04 0.22 0.15 0.20 0.16 0.05 0.13
  11            SG =  0.09                                  SD =  0.13
   1  8715G13 .218E-05   0.01 0.04 0.05 0.23 0.20 0.15 0.16 0.06 0.10
  11            SG =  0.10                                  SD =  0.10
   1  8715G14 .250E-05   0.01 0.04 0.05 0.20 0.26 0.15 0.14 0.06 0.10
  11            SG =  0.10                                  SD =  0.10
   1  8715D01 .295E-05   0.01 0.02 0.20 0.16 0.17 0.15 0.12 0.09 0.09
  11            SG =  0.23                                  SD =  0.09
   1  8715D02 .147E-05   0.06 0.06 0.20 0.14 0.07 0.20 0.08 0.06 0.11
  11            SG =  0.32                                  SD =  0.11
   1  8715D03 .163E-05   0.05 0.12 0.24 0.09 0.11 0.15 0.07 0.07 0.09
  11            SG =  0.41                                  SD =  0.09
   1  8715D04 .189E-05   0.01 0.03 0.10 0.05 0.05 0.29 0.19 0.12 0.14
  11            SG =  0.14                                  SD =  0.14
   1  8715D05 .300E-05   0.02 0.07 0.04 0.14 0.24 0.22 0.12 0.08 0.07
  11            SG =  0.13                                  SD =  0.07
   1  8715D06 .238E-05   0.02 0.13 0.13 0.17 0.11 0.15 0.13 0.08 0.09
  11            SG =  0.27                                  SD =  0.09
   1  8715D07 .176E-05   0.04 0.09 0.25 0.14 0.09 0.15 0.12 0.05 0.09
  11            SG =  0.37                                  SD =  0.09
   1  8715D08 .177E-05   0.04 0.08 0.20 0.18 0.09 0.16 0.12 0.05 0.08
  11            SG =  0.32                                  SD =  0.08
   1  8715D09 .216E-05   0.05 0.11 0.26 0.16 0.08 0.13 0.08 0.04 0.08
  11            SG =  0.42                                  SD =  0.08
   1  8715D10 .243E-05   0.01 0.02 0.24 0.21 0.15 0.15 0.08 0.06 0.07
  11            SG =  0.27                                  SD =  0.07
   1  8715D11 .276E-05   0.03 0.04 0.03 0.25 0.15 0.25 0.11 0.06 0.07
  11            SG =  0.11                                  SD =  0.07
   1  8715D12 .207E-05   0.04 0.05 0.08 0.05 0.31 0.05 0.20 0.12 0.09
  11            SG =  0.17                                  SD =  0.09
   1  8715D13 .205E-05   0.05 0.11 0.17 0.15 0.11 0.18 0.10 0.05 0.08
  11            SG =  0.33                                  SD =  0.08
   1  8715D14 .213E-05   0.01 0.10 0.18 0.16 0.12 0.14 0.16 0.05 0.08
```

```
     PROJECT: RC104                    MEMBER: SPPOAF                    DATE [redacted]
     LIBRARY: FTAPL                                                      TIME [redacted]
     TYPE:    DATA                                                       PAGE: [redacted]
START
 COL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7[redacted]-

  11            SG =  0.29                                  SD =  0.08
   1  8715G01 .252E-05   0.01 0.02 0.20 0.18 0.19 0.11 0.11 0.06 0.11
  11            SG =  0.23                                  SD =  0.11
   1  8715G02 .157E-05   0.04 0.13 0.15 0.18 0.09 0.13 0.08 0.06 0.15
  11            SG =  0.32                                  SD =  0.15
   1  8715G03 .194E-05   0.05 0.16 0.11 0.10 0.06 0.06 0.06 0.33 0.08
  11            SG =  0.31                                  SD =  0.08
   1  8715G04 .169E-05   0.03 0.09 0.19 0.18 0.09 0.12 0.11 0.05 0.14
  11            SG =  0.31                                  SD =  0.14
   1  8715G05 .259E-05   0.01 0.13 0.13 0.08 0.14 0.09 0.06 0.27 0.08
  11            SG =  0.26                                  SD =  0.08
   1  8715G06 .297E-05   0.03 0.09 0.13 0.14 0.13 0.10 0.07 0.25 0.07
  11            SG =  0.24                                  SD =  0.07
   1  6384G01 .212E-05   0.04 0.10 0.04 0.25 0.14 0.13 0.19 0.05 0.05
  11            SG =  0.19                                  SD =  0.05
   1  6384G02 .202E-05   0.01 0.03 0.05 0.32 0.18 0.16 0.14 0.06 0.05
  11            SG =  0.09                                  SD =  0.05
   1  6384G03 .210E-05   0.02 0.04 0.07 0.08 0.05 0.06 0.33 0.19 0.17
  11            SG =  0.12                                  SD =  0.17
   1  6384G04 .255E-05   0.03 0.08 0.15 0.16 0.09 0.08 0.05 0.30 0.05
  11            SG =  0.26                                  SD =  0.05
   1  6384G05 .214E-05   0.01 0.14 0.18 0.17 0.15 0.12 0.12 0.06 0.05
  11            SG =  0.33                                  SD =  0.05
   1  6384G06 .231E-05   0.01 0.14 0.22 0.14 0.13 0.12 0.12 0.07 0.05
  11            SG =  0.37                                  SD =  0.05
   1  6384G07 .318E-05   0.03 0.11 0.17 0.19 0.12 0.15 0.14 0.06 0.05
  11            SG =  0.30                                  SD =  0.05
   1  6384G08 .168E-05   0.04 0.10 0.19 0.15 0.07 0.11 0.15 0.05 0.14
  11            SG =  0.34                                  SD =  0.14
   1  6384G09 .231E-05   0.05 0.03 0.18 0.25 0.13 0.11 0.13 0.07 0.06
  11            SG =  0.25                                  SD =  0.06
   1  6384G10 .226E-05   0.02 0.03 0.05 0.05 0.22 0.18 0.19 0.14 0.12
  11            SG =  0.11                                  SD =  0.12
   1  6384D01 .266E-05   0.01 0.10 0.06 0.23 0.04 0.17 0.26 0.09 0.05
  11            SG =  0.16                                  SD =  0.05
   1  6384D02 .214E-05   0.01 0.05 0.05 0.08 0.21 0.18 0.22 0.12 0.08
  11            SG =  0.11                                  SD =  0.08
   1  6384D03 .974E-06   0.08 0.09 0.12 0.21 0.12 0.12 0.12 0.08 0.06
  11            SG =  0.28                                  SD =  0.06
   1  6384D04 .292E-05   0.01 0.03 0.13 0.13 0.18 0.12 0.16 0.08 0.17
  11            SG =  0.17                                  SD =  0.17
   1  6384D05 .281E-05   0.01 0.03 0.04 0.22 0.16 0.17 0.19 0.12 0.06
  11            SG =  0.07                                  SD =  0.06
   1  6384D06 .274E-05   0.01 0.13 0.20 0.22 0.10 0.09 0.13 0.07 0.05
  11            SG =  0.34                                  SD =  0.05
   1  6384D07 .259E-05   0.04 0.02 0.21 0.04 0.16 0.15 0.20 0.11 0.07
  11            SG =  0.27                                  SD =  0.07
   1  6384D08 .140E-05   0.04 0.12 0.20 0.13 0.11 0.12 0.17 0.06 0.06
  11            SG =  0.35                                  SD =  0.06
   1  6384D09 .250E-05   0.04 0.02 0.16 0.19 0.13 0.13 0.17 0.08 0.07
  11            SG =  0.23                                  SD =  0.07
   1  6384D10 .166E-05   0.06 0.11 0.11 0.13 0.10 0.10 0.09 0.07 0.24
  11            SG =  0.28                                  SD =  0.24
   1  6384D11 .158E-05   0.06 0.08 0.17 0.12 0.14 0.07 0.09 0.08 0.19
```

```
PROJECT: RC104                    MEMBER: SPPOAF                          DA
LIBRARY: FTAPL                                                            TI
TYPE:    DATA                                                             PA
START
 COL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----

 11            SG =  0.31                                   SD =  0.19
  1  6384D12 .103E-05   0.04 0.12 0.12 0.19 0.12 0.12 0.16 0.07 0.06
 11            SG =  0.28                                   SD =  0.06
  1  6384D13 .160E-05   0.02 0.06 0.08 0.10 0.05 0.09 0.12 0.07 0.40
 11            SG =  0.17                                   SD =  0.40
  1  6384G11 .227E-05   0.01 0.04 0.04 0.27 0.18 0.15 0.16 0.08 0.07
 11            SG =  0.09                                   SD =  0.07
  1  6384G12 .232E-05   0.04 0.06 0.06 0.11 0.06 0.04 0.05 0.29 0.29
 11            SG =  0.15                                   SD =  0.29
  1  6384G13 .133E-05   0.02 0.07 0.12 0.09 0.06 0.06 0.08 0.06 0.44
 11            SG =  0.21                                   SD =  0.44
  1  6389D01 .141E-05   0.01 0.07 0.06 0.06 0.54 0.09 0.07 0.06 0.04
 11            SG =  0.14                                   SD =  0.04
  1  6389D02 .188E-05   0.02 0.04 0.07 0.40 0.31 0.04 0.04 0.04 0.03
 11            SG =  0.13                                   SD =  0.03
  1  6389D03 .255E-05   0.05 0.13 0.17 0.16 0.10 0.14 0.10 0.10 0.06
 11            SG =  0.34                                   SD =  0.06
  1  6389G01 .271E-05   0.01 0.02 0.25 0.11 0.22 0.04 0.03 0.18 0.16
 11            SG =  0.27                                   SD =  0.16
  1  6389G02 .290E-05   0.01 0.01 0.11 0.09 0.11 0.22 0.19 0.12 0.13
 11            SG =  0.13                                   SD =  0.13
  1  6389G03 .174E-05   0.06 0.12 0.16 0.14 0.11 0.13 0.11 0.09 0.08
 11            SG =  0.35                                   SD =  0.08
  1  0385D01 .222E-05   0.03 0.12 0.28 0.15 0.08 0.09 0.06 0.05 0.14
 11            SG =  0.43                                   SD =  0.14
  1  0385D02 .234E-05   0.05 0.08 0.12 0.16 0.14 0.08 0.08 0.06 0.22
 11            SG =  0.26                                   SD =  0.22
  1  0385D03 .298E-05   0.09 0.10 0.12 0.15 0.09 0.07 0.08 0.20 0.10
 11            SG =  0.31                                   SD =  0.10
  1  0385D04 .283E-05   0.03 0.10 0.12 0.06 0.07 0.08 0.23 0.21 0.12
 11            SG =  0.25                                   SD =  0.12
  1  0385D05 .293E-05   0.04 0.10 0.16 0.11 0.11 0.08 0.09 0.19 0.11
 11            SG =  0.30                                   SD =  0.11
  1  0385D06 .250E-05   0.11 0.22 0.14 0.11 0.12 0.07 0.06 0.05 0.11
 11            SG =  0.48                                   SD =  0.11


 11            ANALYSE GENERALE

  9          MOY        0.03 0.08 0.14 0.16 0.14 0.13 0.13 0.10 0.11
  9          ETY        0.02 0.04 0.07 0.07 0.08 0.05 0.06 0.07 0.07
  9          MIN        0.01 0.01 0.03 0.04 0.04 0.04 0.03 0.04 0.03
  9          MAX        0.11 0.22 0.28 0.40 0.54 0.29 0.33 0.33 0.44
```

```
    PROJECT: RC104                    MEMBER: SPMOAF                          DATE: 85/01/21
    LIBRARY: FTAPL                                                            TIME: 19:33
    TYPE:    DATA                                                             PAGE: 1
ART
OL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7----+----8

11            ANALYSE STATISTIQUE DES SPECTRES - 1/3 OC.

11            MO  -  AVEC FILTRE  -  100% = DE .8 A 12.8 HZ

 3    SITE  SOMME(M2)            POURCENTAGE

   Fréquence (Hz

 1  8715G07 .325E-05   0.02 0.05 0.13 0.08 0.09 0.18 0.09 0.10 0.15 0.07 0.03 0.01
11            SG =  0.21                                  SD =  0.11
 1  8715G08 .279E-05   0.03 0.09 0.08 0.15 0.05 0.04 0.11 0.11 0.18 0.12 0.03 0.01
11            SG =  0.21                                  SD =  0.16
 1  8715G09 .335E-05   0.03 0.04 0.22 0.11 0.09 0.04 0.03 0.15 0.16 0.07 0.04 0.01
11            SG =  0.29                                  SD =  0.12
 1  8715G10 .420E-05   0.04 0.38 0.17 0.08 0.04 0.03 0.05 0.03 0.03 0.08 0.06 0.01
11            SG =  0.59                                  SD =  0.15
 1  8715G11 .552E-05   0.08 0.11 0.18 0.26 0.07 0.08 0.05 0.03 0.02 0.08 0.04 0.01
11            SG =  0.37                                  SD =  0.12
 1  8715G12 .399E-05   0.02 0.12 0.16 0.16 0.13 0.08 0.09 0.03 0.03 0.11 0.04 0.02
11            SG =  0.31                                  SD =  0.18
 1  8715G13 .471E-05   0.03 0.15 0.32 0.13 0.09 0.05 0.03 0.04 0.03 0.09 0.05 0.01
11            SG =  0.50                                  SD =  0.15
 1  8715G14 .566E-05   0.06 0.27 0.13 0.17 0.08 0.06 0.03 0.03 0.03 0.07 0.06 0.01
11            SG =  0.46                                  SD =  0.14
 1  8715D01 .480E-05   0.05 0.09 0.33 0.07 0.08 0.03 0.03 0.03 0.15 0.08 0.05 0.02
11            SG =  0.47                                  SD =  0.15
 1  8715D02 .327E-05   0.04 0.09 0.20 0.07 0.05 0.14 0.15 0.06 0.11 0.05 0.02 0.02
11            SG =  0.34                                  SD =  0.09
 1  8715D03 .239E-05   0.04 0.04 0.06 0.08 0.06 0.05 0.21 0.16 0.19 0.05 0.04 0.02
11            SG =  0.14                                  SD =  0.11
 1  8715D04 .297E-05   0.11 0.23 0.18 0.12 0.05 0.06 0.04 0.04 0.07 0.03 0.02 0.03
11            SG =  0.53                                  SD =  0.08
 1  8715D05 .570E-05   0.06 0.20 0.22 0.08 0.05 0.08 0.06 0.07 0.03 0.06 0.06 0.02
11            SG =  0.48                                  SD =  0.14
 1  8715D06 .381E-05   0.05 0.13 0.11 0.15 0.05 0.04 0.08 0.15 0.09 0.09 0.03 0.02
 1            SG =  0.29                                  SD =  0.14
 1  8715D07 .267E-05   0.02 0.05 0.13 0.13 0.06 0.04 0.14 0.11 0.20 0.08 0.03 0.02
11            SG =  0.20                                  SD =  0.12
 1  8715D08 .273E-05   0.03 0.09 0.06 0.18 0.05 0.04 0.14 0.11 0.16 0.10 0.03 0.02
 1            SG =  0.19                                  SD =  0.14
 1  8715D09 .406E-05   0.03 0.02 0.18 0.15 0.05 0.03 0.15 0.12 0.17 0.07 0.02 0.01
 1            SG =  0.23                                  SD =  0.11
 1  8715D10 .706E-05   0.05 0.37 0.12 0.10 0.04 0.09 0.02 0.02 0.10 0.06 0.03 0.01
 1            SG =  0.54                                  SD =  0.10
 1  8715D11 .548E-05   0.04 0.06 0.17 0.26 0.05 0.10 0.09 0.04 0.02 0.11 0.04 0.02
 1            SG =  0.27                                  SD =  0.17
 1  8715D12 .511E-05   0.03 0.19 0.19 0.14 0.03 0.17 0.09 0.04 0.04 0.02 0.06 0.00
 1            SG =  0.40                                  SD =  0.09
 1  8715D13 .494E-05   0.03 0.13 0.21 0.07 0.05 0.11 0.13 0.09 0.08 0.05 0.02 0.01
 1            SG =  0.38                                  SD =  0.09
 1  8715D14 .526E-05   0.05 0.25 0.10 0.20 0.09 0.03 0.03 0.08 0.09 0.05 0.02 0.01
```

```
     PROJECT: RC104                    MEMBER: SPMOAF                          DATE: 8
     LIBRARY: FTAPL                                                            TIME: 1
     TYPE:    DATA                                                             PAGE: 2
START
 COL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7---

  11            SG =  0.40                                  SD =  0.09
   1  8715G01 .421E-05   0.05 0.10 0.32 0.08 0.04 0.05 0.03 0.02 0.14 0.09 0.06
  11            SG =  0.47                                  SD =  0.16
   1  8715G02 .256E-05   0.05 0.06 0.10 0.07 0.11 0.05 0.16 0.15 0.11 0.09 0.03
  11            SG =  0.21                                  SD =  0.13
   1  8715G03 .319E-05   0.02 0.04 0.06 0.06 0.17 0.15 0.16 0.19 0.08 0.05 0.02
  11            SG =  0.12                                  SD =  0.07
   1  8715G04 .275E-05   0.05 0.14 0.17 0.05 0.04 0.05 0.12 0.11 0.14 0.09 0.03
  11            SG =  0.36                                  SD =  0.13
   1  8715G05 .344E-05   0.07 0.12 0.10 0.18 0.03 0.03 0.03 0.19 0.12 0.05 0.05
  11            SG =  0.29                                  SD =  0.12
   1  8715G06 .377E-05   0.06 0.15 0.10 0.06 0.05 0.04 0.12 0.13 0.12 0.09 0.05
  11            SG =  0.32                                  SD =  0.16
   1  6384G01 .513E-05   0.11 0.26 0.11 0.07 0.02 0.09 0.10 0.08 0.02 0.09 0.03
  11            SG =  0.48                                  SD =  0.13
   1  6384G02 .385E-05   0.07 0.23 0.19 0.12 0.05 0.05 0.03 0.03 0.03 0.14 0.05
  11            SG =  0.49                                  SD =  0.20
   1  6384G03 .239E-05   0.03 0.11 0.10 0.11 0.25 0.06 0.11 0.06 0.07 0.06 0.02
  11            SG =  0.24                                  SD =  0.09
   1  6384G04 .345E-05   0.04 0.07 0.04 0.14 0.16 0.04 0.12 0.12 0.13 0.10 0.03
  11            SG =  0.15                                  SD =  0.15
   1  6384G05 .439E-05   0.10 0.26 0.09 0.08 0.06 0.03 0.02 0.14 0.10 0.07 0.04
  11            SG =  0.46                                  SD =  0.12
   1  6384G06 .322E-05   0.03 0.12 0.03 0.12 0.07 0.05 0.03 0.20 0.19 0.08 0.0
  11            SG =  0.19                                  SD =  0.15
   1  6384G07 .550E-05   0.02 0.04 0.29 0.07 0.06 0.05 0.09 0.12 0.12 0.09 0.0
  11            SG =  0.35                                  SD =  0.14
   1  6384G08 .320E-05   0.04 0.08 0.09 0.11 0.06 0.16 0.13 0.11 0.12 0.07 0.0
  11            SG =  0.22                                  SD =  0.09
   1  6384G09 .394E-05   0.02 0.06 0.11 0.09 0.06 0.16 0.17 0.03 0.13 0.12 0.0
  11            SG =  0.19                                  SD =  0.17
   1  6384G10 .624E-05   0.18 0.15 0.18 0.14 0.12 0.07 0.04 0.02 0.02 0.01 0.0
  11            SG =  0.51                                  SD =  0.07
   1  6384D01 .891E-05   0.13 0.33 0.25 0.07 0.04 0.03 0.02 0.06 0.02 0.06 0.0
  11            SG =  0.70                                  SD =  0.07
   1  6384D02 .645E-05   0.15 0.37 0.16 0.08 0.04 0.06 0.02 0.03 0.02 0.02 0.0
  11            SG =  0.68                                  SD =  0.07
   1  6384D03 .302E-05   0.05 0.14 0.09 0.10 0.23 0.06 0.15 0.05 0.04 0.06 0.0
  11            SG =  0.29                                  SD =  0.08
   1  6384D04 .572E-05   0.10 0.10 0.15 0.30 0.04 0.06 0.03 0.03 0.08 0.05 0.0
  11            SG =  0.35                                  SD =  0.11
   1  6384D05 .490E-05   0.10 0.30 0.13 0.12 0.04 0.06 0.03 0.03 0.03 0.11 0.0
  11            SG =  0.53                                  SD =  0.17
   1  6384D06 .490E-05   0.03 0.09 0.26 0.08 0.05 0.05 0.02 0.14 0.13 0.10 0.0
  11            SG =  0.38                                  SD =  0.14
   1  6384D07 .625E-05   0.03 0.05 0.42 0.11 0.06 0.06 0.10 0.02 0.10 0.02 0.0
  11            SG =  0.50                                  SD =  0.06
   1  6384D08 .331E-05   0.05 0.13 0.18 0.11 0.06 0.09 0.10 0.10 0.10 0.05 0.0
  11            SG =  0.36                                  SD =  0.08
   1  6384D09 .328E-05   0.03 0.06 0.11 0.13 0.08 0.03 0.19 0.04 0.14 0.12 0.0
  11            SG =  0.20                                  SD =  0.19
   1  6384D10 .813E-05   0.10 0.14 0.22 0.10 0.14 0.12 0.07 0.04 0.03 0.02 0.0
  11            SG =  0.46                                  SD =  0.04
   1  6384D11 .754E-05   0.06 0.11 0.38 0.13 0.05 0.07 0.08 0.03 0.04 0.02 0.0
```

```
     PROJECT: RC104                    MEMBER: SPMOAF                          DATE:
     LIBRARY: FTAPL                                                            TIME:
     TYPE:    DATA                                                             PAGE:
```

```
     PROJECT: RC104                    MEMBER: SPMOAF                          DATE: 85/01/01
     LIBRARY: FTAPL                                                            TIME: 19:33
     TYPE:    DATA                                                             PAGE: 3
START
 COL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7----+----8

  11            SG =  0.55                                  SD =  0.04
   1  6384D12 .286E-05   0.10 0.09 0.10 0.16 0.06 0.18 0.09 0.08 0.05 0.06 0.02 0.01
  11            SG =  0.29                                  SD =  0.09
   1  6384D13 .269E-05   0.10 0.10 0.12 0.05 0.18 0.16 0.09 0.07 0.06 0.05 0.02 0.01
  11            SG =  0.32                                  SD =  0.07
   1  6384G11 .483E-05   0.05 0.24 0.22 0.06 0.14 0.04 0.03 0.03 0.02 0.11 0.04 0.01
  11            SG =  0.52                                  SD =  0.16
   1  6384G12 .303E-05   0.07 0.06 0.09 0.17 0.05 0.17 0.17 0.09 0.05 0.07 0.02 0.01
  11            SG =  0.21                                  SD =  0.10
   1  6384G13 .252E-05   0.11 0.12 0.13 0.06 0.15 0.14 0.08 0.07 0.07 0.04 0.02 0.01
  11            SG =  0.36                                  SD =  0.06
   1  6389D01 .244E-05   0.03 0.05 0.08 0.28 0.12 0.08 0.05 0.08 0.04 0.03 0.16 0.01
  11            SG =  0.16                                  SD =  0.20
   1  6389D02 .290E-05   0.07 0.09 0.06 0.06 0.14 0.07 0.07 0.04 0.06 0.22 0.10 0.00
  11            SG =  0.23                                  SD =  0.33
   1  6389D03 .373E-05   0.02 0.07 0.10 0.09 0.05 0.03 0.19 0.17 0.14 0.09 0.04 0.02
  11            SG =  0.19                                  SD =  0.14
   1  6389G01 .307E-05   0.02 0.04 0.05 0.19 0.10 0.09 0.04 0.03 0.26 0.08 0.10 0.01
  11            SG =  0.11                                  SD =  0.18
   1  6389G02 .279E-05   0.05 0.05 0.04 0.25 0.15 0.06 0.05 0.03 0.14 0.08 0.06 0.04
  11            SG =  0.15                                  SD =  0.18
   1  6389G03 .266E-05   0.03 0.06 0.07 0.12 0.04 0.04 0.22 0.16 0.13 0.08 0.04 0.01
  11            SG =  0.16                                  SD =  0.13
   1  0385D01 .747E-04   0.08 0.44 0.24 0.17 0.02 0.02 0.01 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00
  11            SG =  0.76                                  SD =  0.01
   1  0385D02 .126E-04   0.05 0.09 0.15 0.19 0.26 0.11 0.06 0.03 0.03 0.03 0.01 0.00
  11            SG =  0.29                                  SD =  0.04
   1  0385D03 .167E-04   0.02 0.08 0.28 0.22 0.13 0.06 0.10 0.04 0.02 0.02 0.01 0.00
  11            SG =  0.39                                  SD =  0.03
   1  0385D04 .249E-04   0.02 0.38 0.26 0.11 0.11 0.05 0.02 0.02 0.02 0.01 0.00 0.00
  11            SG =  0.66                                  SD =  0.01
   1  0385D05 .164E-04   0.15 0.14 0.11 0.22 0.15 0.09 0.04 0.04 0.03 0.02 0.01 0.00
  11            SG =  0.40                                  SD =  0.03
   1  0385D06 .152E-04   0.04 0.24 0.16 0.16 0.08 0.08 0.11 0.07 0.03 0.02 0.01 0.00
  11            SG =  0.44                                  SD =  0.03


  11            ANALYSE GENERALE

   9          MOY        0.06 0.14 0.16 0.13 0.08 0.07 0.08 0.08 0.09 0.07 0.04 0.01
   9          ETY        0.04 0.10 0.09 0.06 0.05 0.04 0.05 0.05 0.06 0.04 0.02 0.01
   9          MIN        0.02 0.02 0.03 0.05 0.02 0.02 0.01 0.01 0.01 0.00 0.00 0.00
   9          MAX        0.18 0.44 0.42 0.30 0.26 0.18 0.22 0.20 0.26 0.22 0.16 0.04
```

```
PROJECT: RC1C4                    MEMBER: SPGOAF                    DATE: 85
LIBRARY: FTAPL                                                      TIME: 19
TYPE:    DATA                                                       PAGE: 1
START
 COL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7----

 11            ANALYSE STATISTIQUE DES SPECTRES - 1/3 OC.

 11            GO  -  AVEC FILTRE  -  100% = DE .25 A 3.2 HZ

  3    SITE  SOMME(M2)            POURCENTAGE

Fréquence (Hz)          0,25  0,32  0,40  0,50  0,64  0,80  1,00  1,25  1,60  2,0  2,5
                         0,32  0,40  0,50  0,64  0,80  1,00  1,25  1,60  2,0  2,5  3,2

  1  8715G07 .211E-04    0.12 0.04 0.09 0.12 0.35 0.22 0.02 0.02 0.02 0.01 0.00
 11             SG =  0.24                                SD =  0.03
  1  8715G08 .167E-04    0.31 0.04 0.10 0.13 0.23 0.09 0.03 0.03 0.01 0.01 0.00
 11             SG =  0.46                                SD =  0.03
  1  8715G09 .190E-04    0.16 0.08 0.37 0.11 0.09 0.08 0.03 0.01 0.04 0.01 0.00
 11             SG =  0.62                                SD =  0.05
  1  8715G10 .271E-04    0.39 0.05 0.06 0.03 0.11 0.18 0.03 0.12 0.03 0.01 0.00
 11             SG =  0.50                                SD =  0.03
  1  8715G11 .405E-04    0.08 0.14 0.20 0.22 0.16 0.06 0.06 0.03 0.02 0.02 0.00
 11             SG =  0.42                                SD =  0.04
  1  8715G12 .209E-04    0.08 0.06 0.20 0.23 0.22 0.08 0.02 0.05 0.03 0.02 0.00
 11             SG =  0.34                                SD =  0.05
  1  8715G13 .249E-04    0.13 0.20 0.16 0.12 0.17 0.06 0.03 0.05 0.06 0.01 0.00
 11             SG =  0.49                                SD =  0.08
  1  8715G14 .326E-04    0.15 0.10 0.11 0.03 0.20 0.21 0.06 0.09 0.02 0.02 0.00
 11             SG =  0.37                                SD =  0.04
  1  8715D01 .567E-04    0.01 0.10 0.41 0.16 0.21 0.03 0.02 0.02 0.03 0.00 0.00
 11             SG =  0.53                                SD =  0.03
  1  8715D02 .654E-04    0.04 0.07 0.15 0.24 0.44 0.03 0.01 0.01 0.01 0.00 0.00
 11             SG =  0.26                                SD =  0.01
  1  8715D03 .346E-04    0.07 0.12 0.36 0.26 0.09 0.07 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00
 11             SG =  0.55                                SD =  0.01
  1  8715D04 .259E-04    0.09 0.29 0.32 0.02 0.06 0.07 0.08 0.05 0.02 0.01 0.00
 11             SG =  0.69                                SD =  0.03
  1  8715D05 .274E-04    0.14 0.19 0.13 0.14 0.14 0.04 0.08 0.08 0.05 0.01 0.00
 11             SG =  0.46                                SD =  0.06
  1  8715D06 .238E-04    0.25 0.15 0.09 0.13 0.21 0.05 0.04 0.04 0.02 0.01 0.00
 11             SG =  0.50                                SD =  0.03
  1  8715D07 .202E-04    0.17 0.03 0.05 0.12 0.36 0.21 0.01 0.01 0.02 0.01 0.00
 11             SG =  0.25                                SD =  0.03
  1  8715D08 .172E-04    0.39 0.04 0.07 0.15 0.18 0.08 0.03 0.03 0.01 0.01 0.00
 11             SG =  0.50                                SD =  0.03
  1  8715D09 .185E-04    0.31 0.07 0.30 0.08 0.07 0.07 0.04 0.01 0.04 0.02 0.00
 11             SG =  0.68                                SD =  0.06
  1  8715D10 .259E-04    0.34 0.02 0.05 0.05 0.13 0.09 0.07 0.20 0.03 0.01 0.00
 11             SG =  0.41                                SD =  0.05
  1  8715D11 .504E-04    0.04 0.19 0.35 0.22 0.05 0.07 0.02 0.01 0.02 0.01 0.00
 11             SG =  0.59                                SD =  0.03
  1  8715D12 .173E-04    0.09 0.09 0.23 0.11 0.17 0.08 0.05 0.11 0.05 0.02 0.00
 11             SG =  0.41                                SD =  0.08
  1  8715D13 .215E-04    0.08 0.25 0.19 0.11 0.16 0.05 0.04 0.06 0.05 0.01 0.00
 11             SG =  0.52                                SD =  0.06
  1  8715D14 .328E-04    0.25 0.04 0.09 0.05 0.18 0.24 0.05 0.08 0.02 0.02 0.00
```

```
     PROJECT: RC104                    MEMBER: SPGOAF                                  DATE: [redacted]
     LIBRARY: FTAPL                                                                    TIME: 1
     TYPE:    DATA                                                                     PAGE: 2
START
 COL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7-[redacted]

  11            SG =  0.38                                  SD =  0.03
   1  8715G01 .587E-04   0.01 0.10 0.41 0.15 0.22 0.05 0.02 0.01 0.02 0.00 0.[redacted]
  11            SG =  0.52                                  SD =  0.03
   1  8715G02 .661E-04   0.02 0.07 0.17 0.25 0.44 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00
  11            SG =  0.27                                  SD =  0.01
   1  8715G03 .371E-04   0.03 0.10 0.40 0.26 0.12 0.06 0.01 0.01 0.01 0.00 0.[redacted]
  11            SG =  0.53                                  SD =  0.01
   1  8715G04 .299E-04   0.12 0.29 0.21 0.04 0.21 0.06 0.03 0.03 0.02 0.00 0.00
  11            SG =  0.62                                  SD =  0.02
   1  8715G05 .177E-04   0.17 0.20 0.16 0.09 0.14 0.06 0.09 0.05 0.02 0.02 0.[redacted]
  11            SG =  0.54                                  SD =  0.04
   1  8715G06 .282E-04   0.12 0.19 0.15 0.10 0.25 0.09 0.05 0.04 0.01 0.00 0.00
  11            SG =  0.45                                  SD =  0.02
   1  6384G01 .228E-04   0.24 0.04 0.06 0.22 0.12 0.04 0.15 0.11 0.03 0.01 0.[redacted]
  11            SG =  0.33                                  SD =  0.03
   1  6384G02 .299E-04   0.33 0.07 0.06 0.02 0.29 0.10 0.05 0.06 0.02 0.01 0.00
  11            SG =  0.45                                  SD =  0.03
   1  6384G03 .260E-04   0.10 0.15 0.18 0.14 0.23 0.14 0.02 0.02 0.01 0.01 0.[redacted]
  11            SG =  0.43                                  SD =  0.02
   1  6384G04 .130E-04   0.12 0.05 0.21 0.24 0.19 0.06 0.06 0.03 0.01 0.02 0.01
  11            SG =  0.38                                  SD =  0.04
   1  6384G05 .424E-04   0.20 0.19 0.22 0.07 0.17 0.02 0.06 0.05 0.01 0.00 0.[redacted]
  11            SG =  0.61                                  SD =  0.01
   1  6384G06 .390E-04   0.21 0.05 0.21 0.19 0.23 0.07 0.02 0.02 0.00 0.01 0.00
  11            SG =  0.47                                  SD =  0.01
   1  6384G07 .329E-04   0.30 0.16 0.14 0.01 0.15 0.15 0.02 0.01 0.05 0.01 0.[redacted]
  11            SG =  0.60                                  SD =  0.06
   1  6384G08 .151E-04   0.22 0.01 0.07 0.04 0.45 0.08 0.05 0.04 0.02 0.01 0.[redacted]
  11            SG =  0.31                                  SD =  0.03
   1  6384G09 .247E-04   0.23 0.14 0.23 0.13 0.15 0.06 0.02 0.02 0.02 0.01 0.00
  11            SG =  0.60                                  SD =  0.03
   1  6384G10 .472E-04   0.10 0.05 0.18 0.21 0.11 0.13 0.14 0.04 0.02 0.01 0.[redacted]
  11            SG =  0.33                                  SD =  0.04
   1  6384D01 .306E-04   0.15 0.03 0.02 0.09 0.12 0.10 0.22 0.19 0.07 0.01 0.00
  11            SG =  0.20                                  SD =  0.08
   1  6384D02 .602E-04   0.14 0.04 0.10 0.12 0.28 0.11 0.10 0.08 0.02 0.00 0.[redacted]
  11            SG =  0.29                                  SD =  0.02
   1  6384D03 .272E-04   0.09 0.15 0.16 0.10 0.30 0.11 0.04 0.03 0.01 0.01 0.00
  11            SG =  0.40                                  SD =  0.02
   1  6384D04 .276E-04   0.05 0.04 0.23 0.18 0.16 0.12 0.12 0.04 0.03 0.03 0.[redacted]
  11            SG =  0.32                                  SD =  0.06
   1  6384D05 .598E-04   0.16 0.21 0.21 0.09 0.10 0.11 0.05 0.05 0.01 0.01 0.00
  11            SG =  0.59                                  SD =  0.02
   1  6384D06 .487E-04   0.24 0.04 0.22 0.22 0.15 0.06 0.02 0.02 0.03 0.00 0.[redacted]
  11            SG =  0.50                                  SD =  0.03
   1  6384D07 .339E-04   0.22 0.14 0.12 0.02 0.22 0.15 0.03 0.02 0.08 0.01 0.00
  11            SG =  0.48                                  SD =  0.09
   1  6384D08 .186E-04   0.19 0.02 0.08 0.03 0.47 0.06 0.05 0.05 0.03 0.01 0.[redacted]
  11            SG =  0.30                                  SD =  0.04
   1  6384D09 .251E-04   0.17 0.13 0.23 0.14 0.19 0.08 0.02 0.02 0.01 0.01 0.00
  11            SG =  0.53                                  SD =  0.02
   1  6384D10 .499E-04   0.08 0.06 0.21 0.18 0.11 0.16 0.09 0.04 0.04 0.01 0.[redacted]
  11            SG =  0.36                                  SD =  0.05
   1  6384D11 .322E-04   0.14 0.07 0.09 0.13 0.14 0.20 0.09 0.05 0.09 0.02 0.00
```

```
     PROJECT: RC104                    MEMBER: SPGOAF                          DATE: 8
     LIBRARY: FTAPL                                                            TIME: 1
     TYPE:    DATA                                                             PAGE: 3
START
 COL  ----+----1----+----2----+----3----+----4----+----5----+----6----+----7---

  11            SG =  0.30                                  SD =  0.11
   1  6384D12 .389E-04   0.18 0.31 0.10 0.04 0.17 0.13 0.05 0.01 0.01 0.01 0.00
  11            SG =  0.59                                  SD =  0.01
   1  6384D13 .295E-04   0.08 0.05 0.24 0.30 0.09 0.15 0.06 0.02 0.01 0.00 0.00
  11            SG =  0.38                                  SD =  0.02
   1  6384G11 .240E-04   0.17 0.09 0.09 0.05 0.21 0.16 0.06 0.09 0.04 0.01 0.00
  11            SG =  0.36                                  SD =  0.06
   1  6384G12 .401E-04   0.15 0.28 0.12 0.07 0.20 0.13 0.03 0.01 0.01 0.01 0.00
  11            SG =  0.55                                  SD =  0.01
   1  6384G13 .296E-04   0.12 0.06 0.23 0.31 0.08 0.10 0.05 0.02 0.01 0.00 0.00
  11            SG =  0.41                                  SD =  0.02
   1  6389D01 .132E-04   0.08 0.14 0.33 0.13 0.11 0.11 0.04 0.02 0.01 0.03 0.00
  11            SG =  0.56                                  SD =  0.04
   1  6389D02 .121E-04   0.10 0.29 0.22 0.03 0.12 0.08 0.10 0.04 0.01 0.01 0.01
  11            SG =  0.60                                  SD =  0.03
   1  6389D03 .174E-04   0.57 0.04 0.10 0.07 0.10 0.03 0.02 0.03 0.02 0.01 0.00
  11            SG =  0.71                                  SD =  0.03
   1  6389G01 .887E-05   0.03 0.14 0.36 0.16 0.09 0.10 0.04 0.03 0.02 0.03 0.01
  11            SG =  0.53                                  SD =  0.06
   1  6389G02 .597E-05   0.06 0.24 0.16 0.02 0.10 0.14 0.14 0.04 0.02 0.06 0.01
  11            SG =  0.46                                  SD =  0.09
   1  6389G03 .166E-04   0.73 0.04 0.07 0.02 0.05 0.02 0.03 0.02 0.01 0.01 0.00
  11            SG =  0.84                                  SD =  0.02
   1  0385D01 .296E-03   0.0  0.0  0.07 0.20 0.14 0.17 0.12 0.22 0.06 0.02 0.00
  11            SG =  0.07                                  SD =  0.08
   1  0385D02 .439E-04   0.0  0.0  0.09 0.14 0.40 0.16 0.08 0.05 0.04 0.03 0.01
  11            SG =  0.09                                  SD =  0.08
   1  0385D03 .794E-04   0.0  0.16 0.35 0.18 0.12 0.04 0.03 0.03 0.06 0.02 0.00
  11            SG =  0.51                                  SD =  0.09
   1  0385D04 .913E-04   0.0  0.21 0.28 0.05 0.08 0.05 0.04 0.20 0.07 0.01 0.00
  11            SG =  0.49                                  SD =  0.09
   1  0385D05 .186E-03   0.0  0.02 0.10 0.24 0.41 0.11 0.08 0.02 0.01 0.01 0.00
  11            SG =  0.12                                  SD =  0.02
   1  0385D06 .747E-04   0.0  0.08 0.30 0.12 0.19 0.11 0.05 0.09 0.03 0.02 0.00
  11            SG =  0.38                                  SD =  0.05


  11            ANALYSE GENERALE

   9          MOY        0.15 0.11 0.18 0.13 0.19 0.10 0.05 0.05 0.03 0.01 0.00
   9          ETY        0.13 0.08 0.10 0.08 0.10 0.05 0.04 0.05 0.02 0.01 0.00
   9          MIN        0.0  0.0  0.02 0.01 0.05 0.02 0.01 0.00 0.00 0.00 0.00
   9          MAX        0.73 0.31 0.41 0.31 0.47 0.24 0.22 0.22 0.09 0.06 0.01

     PROJECT: RC104                    MEMBER: SPMOAF                          DATE: 8
```

MEMBER NAME SPPOSF

ANALYSE STATISTIQUE DES SPECTRES - 1/3 OC.

PO - SANS FILTRE - 100% = DE 3.2 A 25. HZ FILTREE

SITE	SOMME(M2)	POURCENTAGE								
Fréquence		3.2 / 4.0	4.0 / 5.0	5.0 / 6.4	6.4 / 8.0	8.0 / 10.0	10.0 / 12.8	12.8 / 16.0	16.0 / 20.0	20.0 / 25.0 (Hz)
8715G07	.994E-06	0.15	0.18	0.26	0.15	0.09	0.14	0.11	0.04	0.14
8715G08	.176E-05	0.12	0.12	0.20	0.15	0.06	0.09	0.10	0.29	0.07
8715G09	.915E-06	0.06	0.28	0.30	0.16	0.12	0.08	0.09	0.04	0.13
8715G10	.184E-05	0.10	0.06	0.05	0.18	0.24	0.09	0.08	0.25	0.09
8715G11	.173E-05	0.13	0.07	0.05	0.23	0.17	0.18	0.16	0.05	0.13
8715G12	.186E-05	0.15	0.05	0.05	0.22	0.15	0.20	0.16	0.05	0.15
8715G13	.175E-05	0.06	0.09	0.06	0.23	0.20	0.15	0.16	0.06	0.11
8715G14	.200E-05	0.06	0.07	0.06	0.20	0.26	0.15	0.14	0.06	0.12
8715D01	.199E-05	0.05	0.04	0.24	0.16	0.17	0.15	0.12	0.09	0.11
8715D02	.828E-06	0.33	0.12	0.24	0.14	0.07	0.20	0.08	0.06	0.14
8715D03	.816E-06	0.31	0.23	0.28	0.09	0.11	0.15	0.07	0.07	0.11
8715D04	.136E-05	0.06	0.07	0.12	0.05	0.05	0.29	0.19	0.12	0.17
8715D05	.241E-05	0.11	0.13	0.05	0.14	0.24	0.22	0.12	0.08	0.08
8715D06	.152E-05	0.12	0.25	0.15	0.17	0.11	0.15	0.13	0.08	0.10
8715D07	.954E-06	0.21	0.17	0.30	0.14	0.09	0.15	0.12	0.05	0.10
8715D08	.106E-05	0.22	0.17	0.24	0.18	0.09	0.16	0.12	0.05	0.09
8715D09	.108E-05	0.28	0.22	0.31	0.16	0.08	0.13	0.08	0.04	0.09
8715D10	.160E-05	0.05	0.04	0.28	0.21	0.15	0.15	0.08	0.06	0.08
8715D11	.227E-05	0.17	0.08	0.04	0.25	0.15	0.25	0.11	0.06	0.08
8715D12	.152E-05	0.23	0.10	0.10	0.05	0.31	0.05	0.20	0.12	0.11
8715D13	.121E-05	0.32	0.21	0.20	0.15	0.11	0.18	0.10	0.05	0.10
8715D14	.134E-05	0.07	0.19	0.22	0.16	0.12	0.14	0.16	0.05	0.10
8715G01	.165E-05	0.06	0.04	0.24	0.18	0.19	0.11	0.11	0.06	0.13
8715G02	.839E-06	0.25	0.25	0.17	0.18	0.09	0.13	0.08	0.06	0.18
8715G03	.117E-05	0.27	0.30	0.13	0.10	0.06	0.06	0.06	0.33	0.10
8715G04	.929E-06	0.20	0.18	0.22	0.18	0.09	0.12	0.11	0.05	0.16
8715G05	.169E-05	0.04	0.25	0.15	0.08	0.14	0.09	0.06	0.27	0.10
8715G06	.203E-05	0.15	0.17	0.16	0.14	0.13	0.10	0.07	0.25	0.09
6384G01	.162E-05	0.25	0.19	0.05	0.25	0.14	0.13	0.19	0.05	0.06
6384G02	.175E-05	0.05	0.06	0.05	0.32	0.18	0.16	0.14	0.06	0.06
6384G03	.149E-05	0.12	0.07	0.08	0.08	0.05	0.06	0.33	0.19	0.20
6384G04	.176E-05	0.17	0.16	0.18	0.16	0.09	0.08	0.05	0.30	0.06
6384G05	.133E-05	0.05	0.28	0.21	0.17	0.15	0.12	0.12	0.06	0.06
6384G06	.133E-05	0.05	0.28	0.26	0.14	0.13	0.12	0.12	0.07	0.06
6384G07	.205E-05	0.15	0.21	0.20	0.19	0.12	0.15	0.14	0.06	0.06
6384G08	.877E-06	0.25	0.21	0.23	0.15	0.07	0.11	0.15	0.05	0.16
6384G09	.157E-05	0.29	0.05	0.21	0.25	0.13	0.11	0.13	0.07	0.08
6384G10	.175E-05	0.11	0.06	0.07	0.05	0.22	0.18	0.19	0.14	0.14
6384D01	.209E-05	0.05	0.19	0.07	0.23	0.04	0.17	0.26	0.09	0.06
6384D02	.172E-05	0.07	0.10	0.06	0.08	0.21	0.18	0.22	0.12	0.10
6384D03	.639E-06	0.47	0.17	0.14	0.21	0.12	0.12	0.12	0.08	0.07
6384D04	.193E-05	0.06	0.06	0.15	0.13	0.18	0.12	0.16	0.08	0.20
6384D05	.242E-05	0.05	0.06	0.04	0.22	0.16	0.17	0.19	0.12	0.08
6384D06	.169E-05	0.04	0.26	0.24	0.22	0.10	0.09	0.13	0.07	0.06
6384D07	.171E-05	0.24	0.04	0.25	0.04	0.16	0.15	0.20	0.11	0.08
6384D08	.822E-06	0.23	0.23	0.23	0.13	0.11	0.12	0.17	0.06	0.07
6384D09	.175E-05	0.25	0.05	0.19	0.19	0.13	0.13	0.17	0.08	0.09

MEMBER NAME SPPOSF

6384D10	.792E-06	0.34	0.22	0.13	0.13	0.10	0.10	0.09	0.07	0.29
6384D11	.797E-06	0.38	0.15	0.20	0.12	0.14	0.07	0.09	0.08	0.23
6384D12	.674E-06	0.26	0.23	0.14	0.19	0.12	0.12	0.16	0.07	0.07
6384D13	.686E-06	0.15	0.13	0.10	0.10	0.05	0.09	0.12	0.07	0.48
6384G11	.191E-05	0.06	0.07	0.05	0.27	0.18	0.15	0.16	0.08	0.08
6384G12	.129E-05	0.22	0.11	0.07	0.11	0.06	0.04	0.05	0.29	0.35
6384G13	.467E-06	0.14	0.14	0.14	0.09	0.06	0.06	0.08	0.06	0.52
6389D01	.115E-05	0.08	0.13	0.07	0.06	0.54	0.09	0.07	0.06	0.05
6389D02	.157E-05	0.11	0.07	0.09	0.40	0.31	0.04	0.04	0.04	0.04
6389D03	.152E-05	0.27	0.25	0.20	0.16	0.10	0.14	0.10	0.10	0.07
6389G01	.154E-05	0.04	0.04	0.29	0.11	0.22	0.04	0.03	0.18	0.19
6389G02	.214E-05	0.05	0.03	0.13	0.09	0.11	0.22	0.19	0.12	0.15
6389G03	.100E-05	0.34	0.24	0.20	0.14	0.11	0.13	0.11	0.09	0.09
0385D01	.958E-06	0.18	0.23	0.34	0.15	0.08	0.09	0.06	0.05	0.16
0385D02	.123E-05	0.30	0.17	0.14	0.16	0.14	0.08	0.08	0.06	0.26
0385D03	.176E-05	0.55	0.20	0.14	0.15	0.09	0.07	0.08	0.20	0.12
0385D04	.179E-05	0.19	0.20	0.14	0.06	0.07	0.08	0.23	0.21	0.14
0385D05	.172E-05	0.25	0.20	0.19	0.11	0.11	0.08	0.09	0.19	0.13
0385D06	.104E-05	0.65	0.44	0.17	0.11	0.12	0.07	0.06	0.05	0.13

ANALYSE GENERALE

MOY	0.18	0.15	0.16	0.16	0.14	0.13	0.13	0.10	0.13
ETY	0.13	0.09	0.08	0.07	0.08	0.05	0.06	0.07	0.09
MIN	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
MAX	0.65	0.44	0.34	0.40	0.54	0.29	0.33	0.33	0.52

MEMBER NAME SPMOSF

ANALYSE STATISTIQUE DES SPECTRES - 1/3 OC.

MO - SANS FILTRE - 100% = DE .8 A 12.8 HZ FILTREE

SITE SOMME(M2) POURCENTAGE

Fréquence		0,8 1,0	1,0 1,25	1,25 1,6	1,6 2,0	2,0 2,5	2,5 3,2	3,2 4,0	4,0 5,0	5,0 6,4	6,4 8,0	8,0 10,0	10,0 12,8	(Hz)
8715G07	.222E-05	0.15	0.10	0.15	0.08	0.09	0.18	0.09	0.10	0.15	0.09	0.05	0.08	
8715G08	.177E-05	0.19	0.18	0.10	0.15	0.05	0.04	0.11	0.11	0.18	0.14	0.06	0.08	
8715G09	.199E-05	0.17	0.07	0.27	0.11	0.09	0.04	0.03	0.15	0.16	0.09	0.07	0.04	
8715G10	.109E-05	0.22	0.75	0.20	0.08	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03	0.09	0.12	0.05	
8715G11	.279E-05	0.47	0.22	0.21	0.26	0.07	0.08	0.05	0.03	0.02	0.09	0.07	0.07	
8715G12	.207E-05	0.12	0.24	0.20	0.16	0.13	0.08	0.09	0.03	0.03	0.13	0.09	0.12	
8715G13	.167E-05	0.15	0.29	0.39	0.13	0.09	0.05	0.03	0.04	0.03	0.11	0.09	0.07	
8715G14	.227E-05	0.36	0.52	0.15	0.17	0.08	0.06	0.03	0.03	0.03	0.09	0.11	0.07	
8715D01	.183E-05	0.28	0.18	0.39	0.07	0.08	0.03	0.03	0.03	0.15	0.10	0.10	0.09	
8715D02	.189E-05	0.25	0.16	0.24	0.07	0.05	0.14	0.15	0.06	0.11	0.06	0.03	0.09	
8715D03	.180E-05	0.25	0.08	0.07	0.08	0.06	0.05	0.21	0.16	0.19	0.06	0.08	0.10	
8715D04	.118E-05	0.67	0.45	0.22	0.12	0.05	0.06	0.04	0.04	0.07	0.03	0.03	0.19	
8715D05	.213E-05	0.37	0.38	0.26	0.08	0.05	0.08	0.06	0.07	0.03	0.07	0.12	0.12	
8715D06	.216E-05	0.27	0.26	0.13	0.15	0.05	0.04	0.08	0.15	0.09	0.11	0.07	0.09	
8715D07	.180E-05	0.11	0.10	0.16	0.13	0.06	0.04	0.14	0.11	0.20	0.09	0.06	0.10	
8715D08	.183E-05	0.19	0.18	0.08	0.18	0.05	0.04	0.14	0.11	0.16	0.12	0.06	0.11	
8715D09	.269E-05	0.18	0.03	0.22	0.15	0.05	0.03	0.15	0.12	0.17	0.09	0.04	0.07	
8715D10	.256E-05	0.27	0.73	0.15	0.10	0.04	0.09	0.02	0.02	0.10	0.07	0.05	0.05	
8715D11	.306E-05	0.23	0.12	0.21	0.26	0.05	0.10	0.09	0.04	0.02	0.13	0.07	0.13	
8715D12	.261E-05	0.13	0.36	0.22	0.14	0.03	0.17	0.09	0.04	0.04	0.02	0.13	0.02	
8715D13	.263E-05	0.20	0.26	0.25	0.07	0.05	0.11	0.13	0.09	0.08	0.06	0.05	0.08	
8715D14	.268E-05	0.29	0.49	0.12	0.20	0.09	0.03	0.03	0.08	0.09	0.06	0.05	0.06	
8715G01	.157E-05	0.28	0.21	0.38	0.08	0.04	0.05	0.03	0.02	0.14	0.11	0.11	0.07	
8715G02	.167E-05	0.31	0.13	0.12	0.07	0.11	0.05	0.16	0.15	0.11	0.11	0.06	0.08	
8715G03	.258E-05	0.11	0.06	0.07	0.06	0.17	0.15	0.16	0.19	0.08	0.06	0.04	0.04	
8715G04	.140E-05	0.27	0.28	0.20	0.05	0.04	0.05	0.12	0.11	0.14	0.11	0.06	0.07	
8715G05	.202E-05	0.44	0.23	0.12	0.18	0.03	0.03	0.03	0.19	0.12	0.06	0.11	0.07	
8715G06	.197E-05	0.37	0.30	0.12	0.06	0.05	0.04	0.12	0.13	0.12	0.11	0.10	0.08	
6384G01	.201E-05	0.54	0.51	0.13	0.07	0.02	0.09	0.10	0.08	0.02	0.10	0.06	0.05	
6384G02	.118E-05	0.40	0.46	0.23	0.12	0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.17	0.10	0.09	
6384G03	.159E-05	0.18	0.22	0.12	0.11	0.25	0.06	0.11	0.06	0.07	0.07	0.04	0.05	
6384G04	.244E-05	0.22	0.13	0.05	0.14	0.16	0.04	0.12	0.12	0.13	0.12	0.07	0.06	
6384G05	.188E-05	0.59	0.51	0.11	0.08	0.06	0.03	0.02	0.14	0.10	0.08	0.07	0.06	
6384G06	.215E-05	0.20	0.24	0.03	0.12	0.07	0.05	0.03	0.20	0.19	0.10	0.09	0.08	
6384G07	.281E-05	0.11	0.07	0.35	0.07	0.06	0.05	0.09	0.12	0.12	0.11	0.07	0.08	
6384G08	.222E-05	0.24	0.17	0.11	0.11	0.06	0.16	0.13	0.11	0.12	0.08	0.03	0.06	
6384G09	.250E-05	0.12	0.13	0.13	0.09	0.06	0.16	0.17	0.03	0.13	0.14	0.07	0.07	
6384G10	.263E-05	1.08	0.29	0.21	0.14	0.12	0.07	0.04	0.02	0.02	0.02	0.08	0.06	
6384D01	.200E-05	0.75	0.64	0.30	0.07	0.04	0.03	0.02	0.06	0.02	0.07	0.01	0.05	
6384D02	.161E-05	0.90	0.72	0.20	0.08	0.04	0.06	0.02	0.03	0.02	0.03	0.07	0.06	
6384D03	.191E-05	0.32	0.28	0.11	0.10	0.23	0.06	0.15	0.05	0.04	0.07	0.04	0.04	
6384D04	.309E-05	0.56	0.20	0.17	0.30	0.04	0.06	0.03	0.03	0.08	0.07	0.09	0.06	
6384D05	.149E-05	0.55	0.59	0.16	0.12	0.04	0.06	0.03	0.03	0.03	0.13	0.09	0.10	
6384D06	.235E-05	0.16	0.18	0.31	0.08	0.05	0.05	0.02	0.14	0.13	0.12	0.06	0.05	
6384D07	.278E-05	0.15	0.09	0.50	0.11	0.06	0.06	0.10	0.02	0.10	0.02	0.07	0.06	
6384D08	.184E-05	0.27	0.26	0.22	0.11	0.06	0.09	0.10	0.10	0.10	0.06	0.05	0.05	
6384D09	.201E-05	0.17	0.12	0.13	0.13	0.08	0.03	0.19	0.04	0.14	0.15	0.10	0.10	

MEMBER NAME SPMOSF

6384D10	.409E-05	0.58	0.28	0.27	0.10	0.14	0.12	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
6384D11	.307E-05	0.36	0.21	0.45	0.13	0.05	0.07	0.08	0.03	0.04	0.03	0.03	0.01
6384D12	.179E-05	0.61	0.17	0.12	0.16	0.06	0.18	0.09	0.08	0.05	0.07	0.04	0.04
6384D13	.164E-05	0.51	0.19	0.14	0.05	0.18	0.16	0.09	0.07	0.06	0.06	0.03	0.05
6384G11	.155E-05	0.32	0.47	0.26	0.06	0.14	0.04	0.03	0.03	0.02	0.13	0.09	0.07
6384G12	.210E-05	0.38	0.11	0.10	0.17	0.05	0.17	0.17	0.09	0.05	0.08	0.04	0.03
6384G13	.147E-05	0.62	0.23	0.16	0.06	0.15	0.14	0.08	0.07	0.07	0.05	0.03	0.03
6389D01	.156E-05	0.20	0.10	0.09	0.28	0.12	0.08	0.05	0.08	0.04	0.03	0.31	0.05
6389D02	.129E-05	0.43	0.18	0.07	0.06	0.14	0.07	0.07	0.04	0.06	0.26	0.20	0.03
6389D03	.248E-05	0.11	0.14	0.12	0.09	0.05	0.03	0.19	0.17	0.14	0.11	0.07	0.09
6389G01	.216E-05	0.11	0.08	0.06	0.19	0.10	0.09	0.04	0.03	0.26	0.10	0.19	0.04
6389G02	.188E-05	0.31	0.10	0.05	0.25	0.15	0.06	0.05	0.03	0.14	0.10	0.11	0.23
6389G03	.189E-05	0.17	0.12	0.08	0.12	0.04	0.04	0.22	0.16	0.13	0.09	0.07	0.08
0385D01	.172E-04	0.48	0.87	0.29	0.17	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
0385D02	.847E-05	0.28	0.18	0.17	0.19	0.26	0.11	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
0385D03	.961E-05	0.14	0.16	0.34	0.22	0.13	0.06	0.10	0.04	0.02	0.03	0.02	0.01
0385D04	.809E-05	0.14	0.74	0.31	0.11	0.11	0.05	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
0385D05	.935E-05	0.88	0.28	0.13	0.22	0.15	0.09	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
0385D06	.808E-05	0.26	0.46	0.19	0.16	0.08	0.08	0.11	0.07	0.03	0.02	0.02	0.01

ANALYSE GENERALE

MOY	0.33	0.28	0.19	0.13	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	0.07
ETY	0.21	0.20	0.10	0.06	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04
MIN	0.11	0.03	0.03	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
MAX	1.08	0.87	0.50	0.30	0.26	0.18	0.22	0.20	0.26	0.26	0.31	0.23

MEMBER NAME SPGOSF
ANALYSE STATISTIQUE DES SPECTRES - 1/3 OC.

GO - SANS FILTRE - 100% = DE .25 A 3.2 HZ FILTREE

SITE	SOMME(M2)	PUURCENTAGE										
Fréquence		0.25 0.31	0.31 0.4	0.4 0.5	0.5 0.64	0.64 0.8	0.8 1.0	1.0 1.3	1.3 1.6	1.6 2.0	2.0 2.5	2.5 3.2 (Hz)
8715G07	.154E-04	0.71	0.07	0.10	0.12	0.35	0.22	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
8715G08	.860E-05	1.83	0.08	0.12	0.13	0.23	0.09	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01
8715G09	.629E-05	0.95	0.15	0.45	0.11	0.09	0.08	0.03	0.01	0.05	0.02	0.02
8715G10	.128E-04	2.30	0.09	0.07	0.03	0.11	0.18	0.03	0.12	0.03	0.01	0.01
8715G11	.217E-04	0.45	0.28	0.24	0.22	0.16	0.06	0.06	0.03	0.03	0.03	0.01
8715G12	.126E-04	0.49	0.11	0.24	0.23	0.22	0.08	0.02	0.05	0.04	0.03	0.02
8715G13	.108E-04	0.75	0.40	0.19	0.12	0.17	0.06	0.03	0.05	0.07	0.02	0.02
8715G14	.193E-04	0.90	0.20	0.14	0.03	0.20	0.21	0.06	0.09	0.03	0.03	0.01
8715D01	.250E-04	0.09	0.20	0.49	0.16	0.21	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01
8715D02	.477E-04	0.22	0.14	0.18	0.24	0.44	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
8715D03	.153E-04	0.43	0.23	0.43	0.26	0.09	0.07	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00
8715D04	.716E-05	0.54	0.56	0.38	0.02	0.06	0.07	0.08	0.05	0.03	0.01	0.01
8715D05	.131E-04	0.85	0.36	0.16	0.14	0.14	0.04	0.08	0.08	0.06	0.02	0.01
8715D06	.112E-04	1.50	0.30	0.11	0.13	0.21	0.05	0.04	0.04	0.02	0.02	0.01
8715D07	.146E-04	0.97	0.06	0.06	0.12	0.36	0.21	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
8715D08	.814E-05	2.28	0.08	0.09	0.15	0.18	0.08	0.03	0.03	0.01	0.03	0.01
8715D09	.479E-05	1.84	0.15	0.35	0.08	0.07	0.07	0.04	0.01	0.05	0.03	0.01
8715D10	.141E-04	2.00	0.04	0.06	0.05	0.13	0.09	0.07	0.20	0.04	0.03	0.01
8715D11	.188E-04	0.26	0.36	0.42	0.22	0.05	0.07	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01
8715D12	.891E-05	0.52	0.17	0.28	0.11	0.17	0.08	0.05	0.11	0.07	0.04	0.01
8715D13	.904E-05	0.50	0.48	0.23	0.11	0.16	0.05	0.04	0.06	0.06	0.02	0.01
8715D14	.192E-04	1.48	0.08	0.10	0.05	0.18	0.24	0.05	0.08	0.02	0.03	0.01
8715G01	.268E-04	0.07	0.19	0.48	0.15	0.22	0.05	0.02	0.01	0.03	0.01	0.00
8715G02	.480E-04	0.14	0.14	0.21	0.25	0.44	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
8715G03	.169E-04	0.20	0.20	0.47	0.26	0.12	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8715G04	.108E-04	0.71	0.56	0.25	0.04	0.21	0.06	0.03	0.03	0.02	0.00	0.00
8715G05	.746E-05	1.01	0.40	0.19	0.09	0.14	0.06	0.09	0.05	0.02	0.04	0.01
8715G06	.150E-04	0.68	0.37	0.18	0.10	0.25	0.09	0.05	0.04	0.02	0.01	0.01
6384G01	.145E-04	1.39	0.07	0.07	0.22	0.12	0.04	0.15	0.11	0.03	0.02	0.01
6384G02	.154E-04	1.94	0.13	0.07	0.02	0.29	0.10	0.05	0.06	0.03	0.02	0.01
6384G03	.142E-04	0.59	0.30	0.22	0.14	0.23	0.14	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02
6384G04	.759E-05	0.73	0.09	0.25	0.24	0.19	0.06	0.06	0.03	0.01	0.04	0.04
6384G05	.159E-04	1.16	0.37	0.27	0.07	0.17	0.02	0.06	0.05	0.01	0.01	0.01
6384G06	.204E-04	1.24	0.09	0.25	0.19	0.23	0.07	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01
6384G07	.111E-04	1.77	0.32	0.17	0.01	0.15	0.15	0.02	0.01	0.06	0.01	0.01
6384G08	.991E-05	1.31	0.03	0.09	0.04	0.45	0.08	0.05	0.04	0.02	0.02	0.01
6384G09	.930E-05	1.34	0.27	0.28	0.13	0.15	0.06	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
6384G10	.301E-04	0.59	0.09	0.22	0.21	0.11	0.13	0.14	0.04	0.03	0.02	0.02
6384D01	.218E-04	0.86	0.06	0.03	0.09	0.12	0.10	0.22	0.19	0.09	0.02	0.01
6384D02	.414E-04	0.85	0.09	0.12	0.12	0.28	0.11	0.10	0.08	0.02	0.01	0.00
6384D03	.158E-04	0.53	0.29	0.19	0.10	0.30	0.11	0.04	0.03	0.01	0.01	0.03
6384D04	.171E-04	0.30	0.07	0.27	0.18	0.16	0.12	0.12	0.04	0.04	0.06	0.01
6384D05	.237E-04	0.93	0.42	0.25	0.09	0.10	0.11	0.05	0.05	0.01	0.01	0.00
6384D06	.226E-04	1.39	0.08	0.27	0.22	0.15	0.06	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01
6384D07	.146E-04	1.29	0.28	0.14	0.02	0.22	0.15	0.03	0.02	0.09	0.02	0.01
6384D08	.122E-04	1.14	0.04	0.10	0.03	0.47	0.06	0.05	0.05	0.04	0.02	0.01
6384D09	.112E-04	0.98	0.26	0.27	0.14	0.19	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01

MEMBER NAME SPGOSF

6384D10	.297E-04	0.48	0.12	0.25	0.18	0.11	0.16	0.09	0.04	0.04	0.02	0.02
6384D11	.192E-04	0.50	0.13	0.11	0.13	0.14	0.20	0.09	0.05	0.11	0.03	0.01
6384D12	.154E-04	1.06	0.60	0.12	0.04	0.17	0.13	0.05	0.01	0.01	0.01	0.00
6384D13	.179E-04	0.47	0.10	0.29	0.30	0.09	0.15	0.06	0.02	0.01	0.00	0.02
6384G11	.140E-04	1.02	0.18	0.11	0.05	0.21	0.16	0.06	0.09	0.05	0.01	0.03
6384G12	.174E-04	0.89	0.56	0.14	0.07	0.20	0.13	0.03	0.01	0.01	0.01	0.00
6384G13	.170E-04	0.59	0.13	0.27	0.31	0.08	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01
6389D01	.529E-05	0.45	0.28	0.40	0.13	0.11	0.11	0.04	0.02	0.02	0.05	0.02
6389D02	.447E-05	0.58	0.56	0.26	0.03	0.12	0.08	0.10	0.04	0.02	0.02	0.03
6389D03	.449E-05	5.36	0.08	0.11	0.07	0.10	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01
6389G01	.368E-05	0.18	0.27	0.43	0.16	0.09	0.10	0.04	0.03	0.02	0.06	0.03
6389G02	.265E-05	0.37	0.46	0.20	0.02	0.10	0.14	0.14	0.04	0.02	0.12	0.07
6389G03	.224E-05	4.32	0.07	0.09	0.02	0.05	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01
0385D01	.251E-03	0.0	0.0	0.08	0.20	0.14	0.17	0.12	0.22	0.07	0.04	0.01
0385D02	.363E-04	0.0	0.0	0.11	0.14	0.40	0.16	0.08	0.05	0.05	0.05	0.07
0385D03	.316E-04	0.0	0.32	0.42	0.18	0.12	0.04	0.03	0.03	0.07	0.05	0.03
0385D04	.387E-04	0.0	0.41	0.33	0.05	0.08	0.05	0.04	0.20	0.09	0.03	0.03
0385D05	.159E-03	0.0	0.03	0.12	0.24	0.41	0.11	0.08	0.02	0.01	0.02	0.01
0385D06	.422E-04	0.0	0.16	0.36	0.12	0.19	0.11	0.05	0.09	0.04	0.03	0.02

ANALYSE GENERALE

MOY	0.90	0.22	0.22	0.13	0.19	0.10	0.05	0.05	0.03	0.02	0.01
ETY	0.78	0.16	0.12	0.08	0.10	0.05	0.04	0.05	0.02	0.02	0.01
MIN	0.0	0.0	0.03	0.01	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
MAX	4.32	0.60	0.49	0.31	0.47	0.24	0.22	0.22	0.11	0.12	0.07

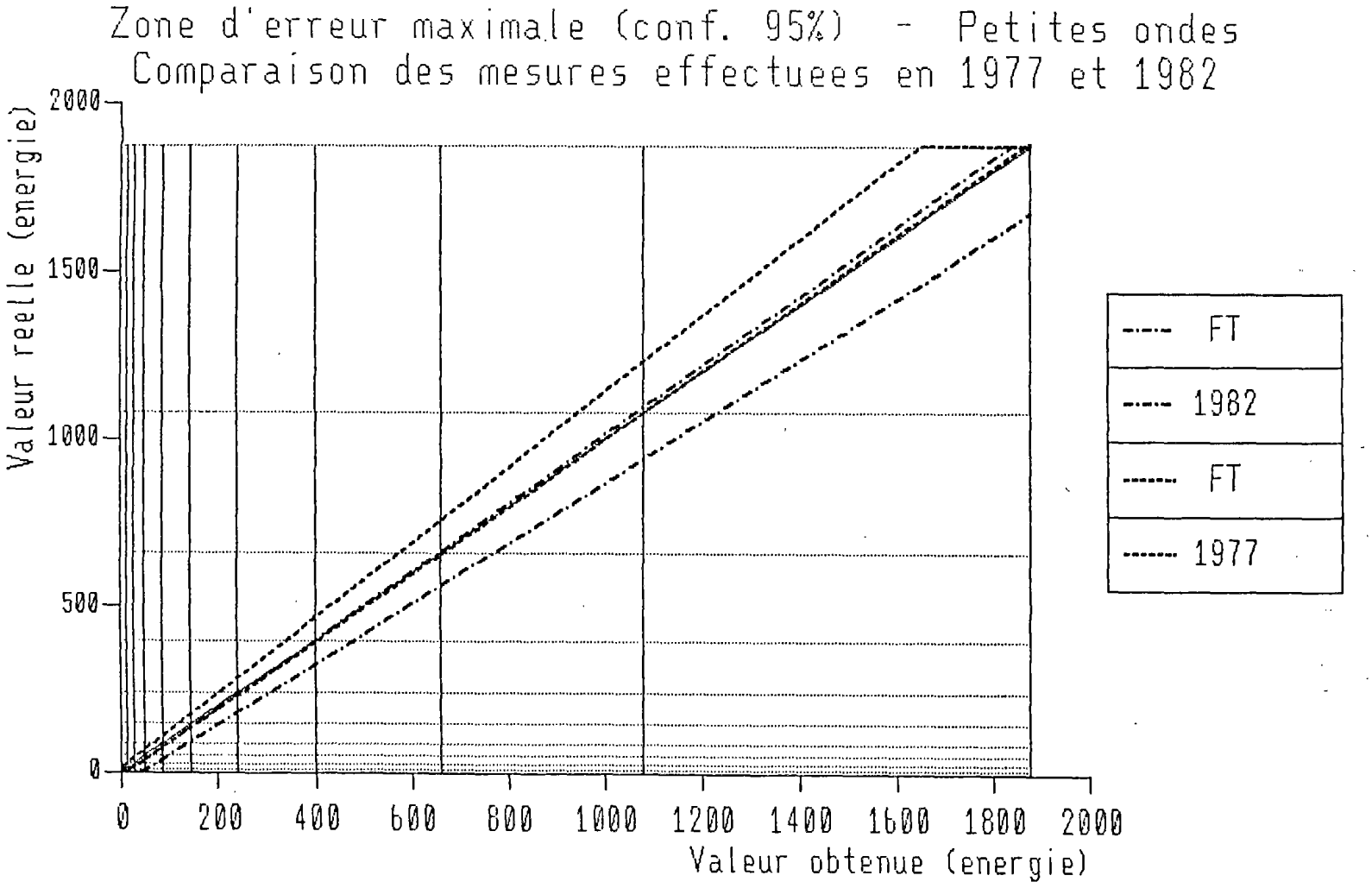
Donnée erronée

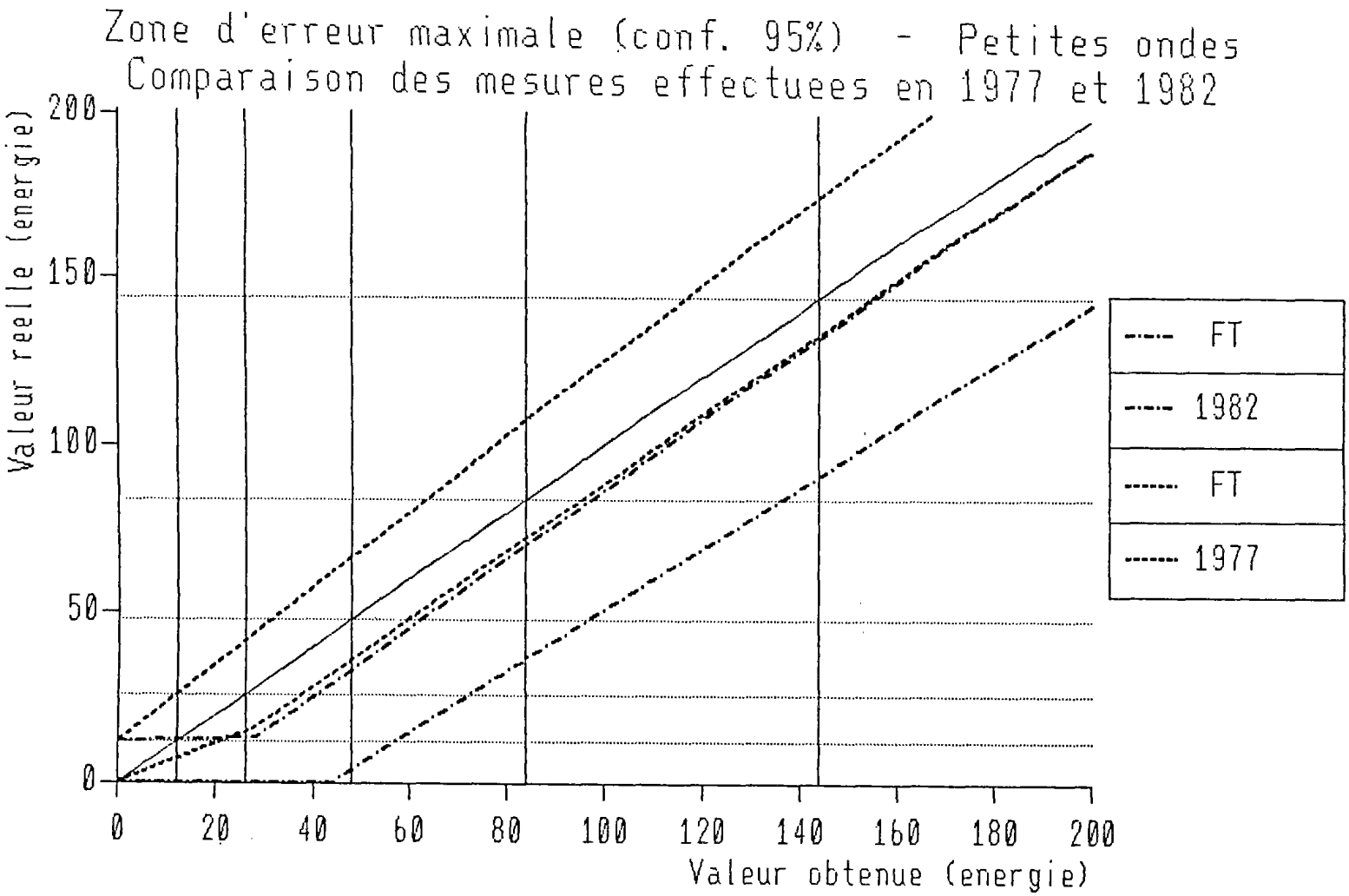
ANALYSE GENERALE POUR : AO ET DE 0 A 0,25 HZ

MOY	.148E-04	.134E-04
ETY	.316E-04	.186E-04
MIN	.881E-07	.157E-05
MAX	.179E-03	.717E-04

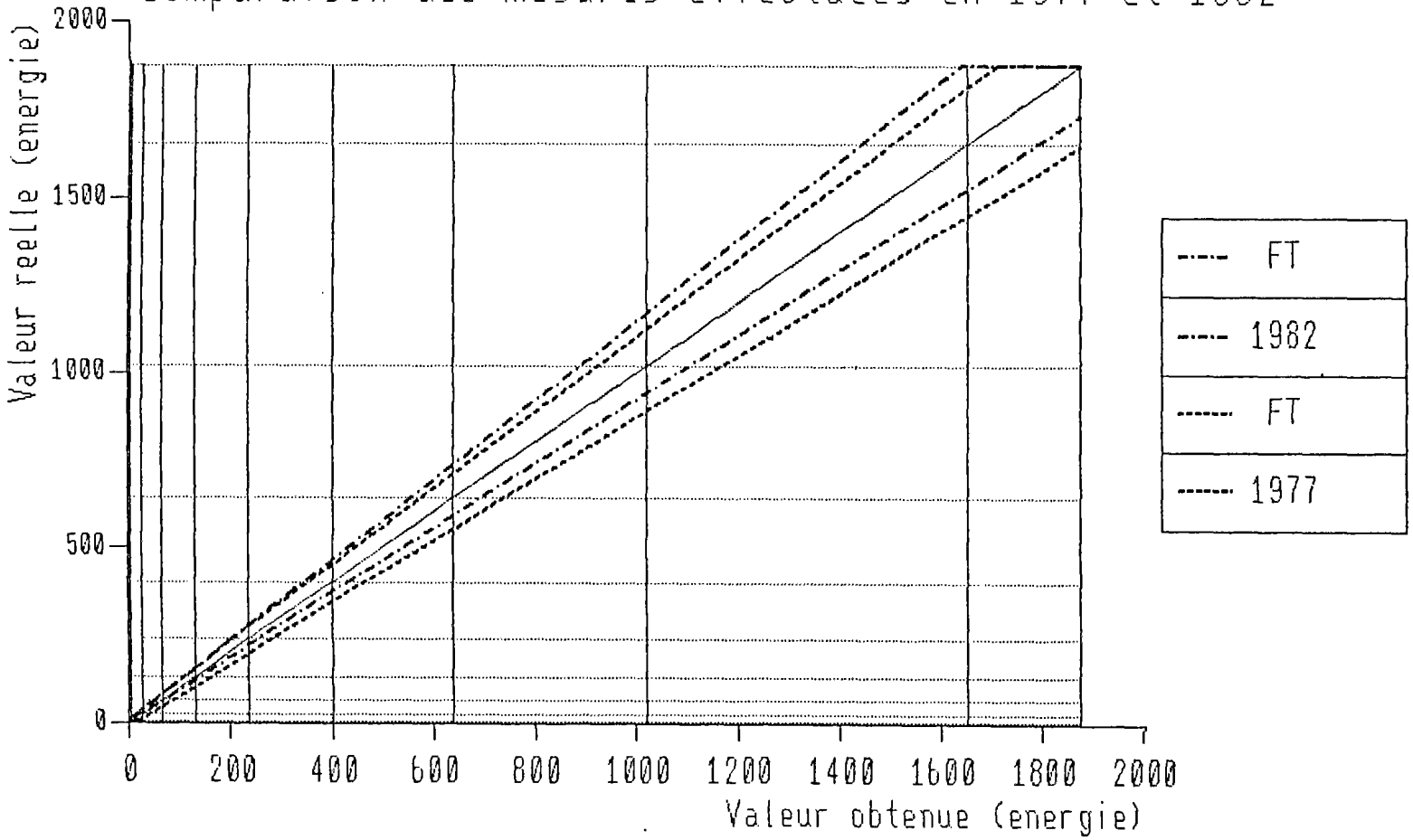
ANNEXE I

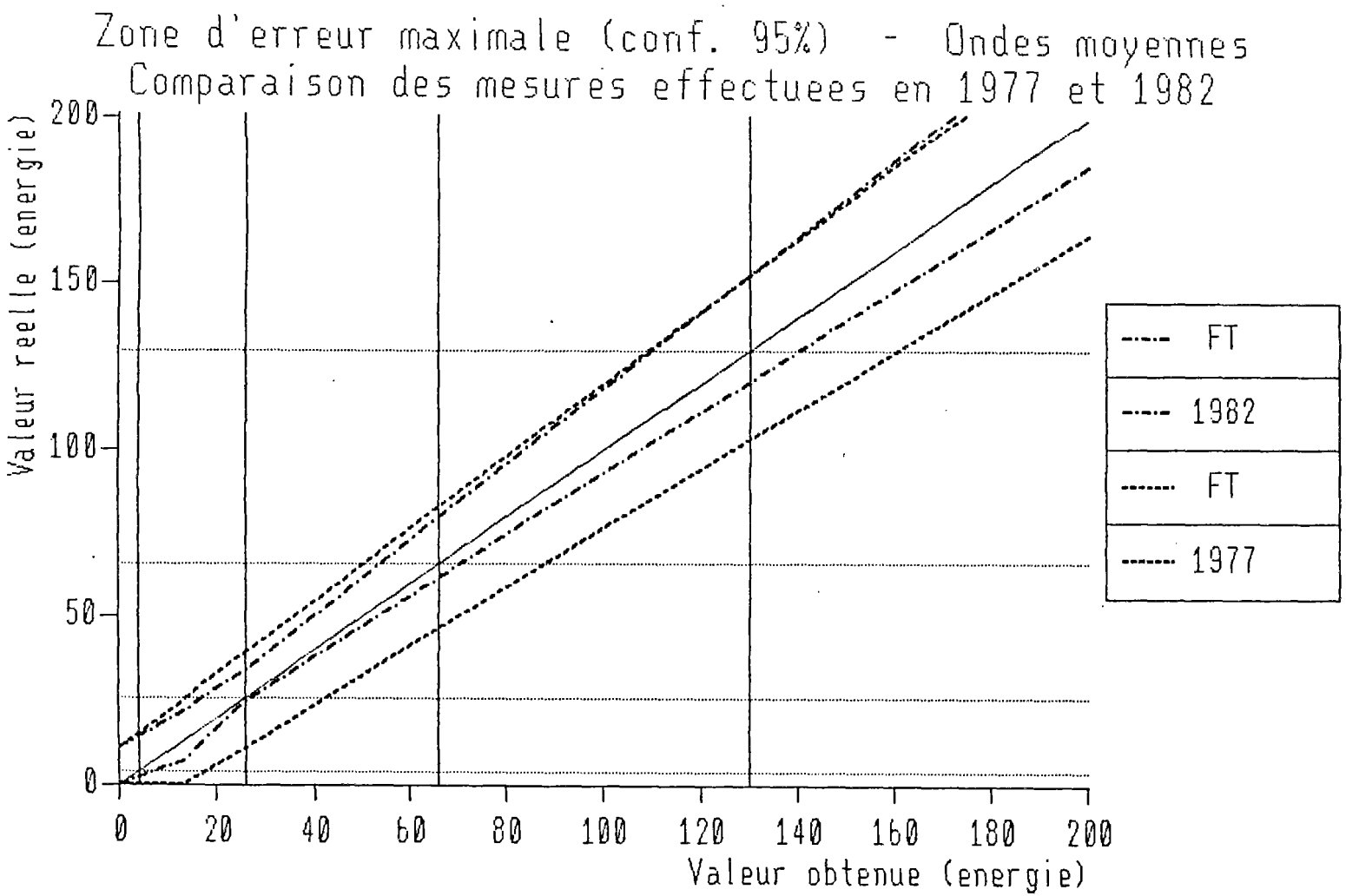
5. Erreurs maximal, cumulés. Zone de comparaison pour les campagnes 1978 et 1982 - (§ 3.5.3.)


Zone d'erreur maximale (conf. 95%) - Petites ondes
Comparaison des mesures effectuees en 1977 et 1982
Valeur reelle (energie)
2000
1500
1000
500
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
Valeur obtenue (energie)
FT
1982
FT
1977

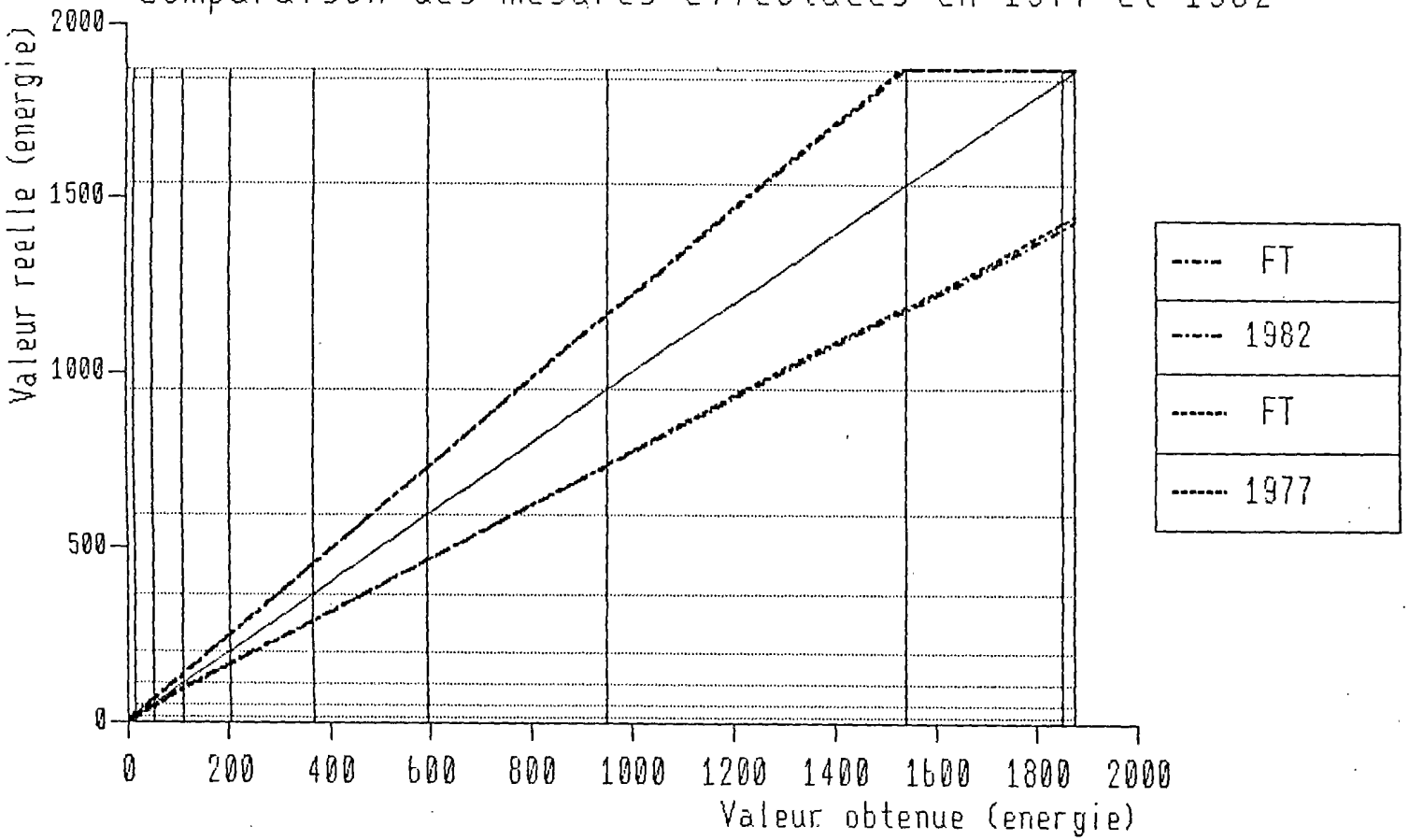

Zone d'erreur maximale (conf. 95%) - Petites ondes
Comparaison des mesures effectuees en 1977 et 1982
Valeur reelle (energie)
200
150
100
50
0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Valeur obtenue (energie)
FT
1982
FT
1977

Zone d'erreur maximale (conf. 95%) - Ondes moyennes
Comparaison des mesures effectuees en 1977 et 1982

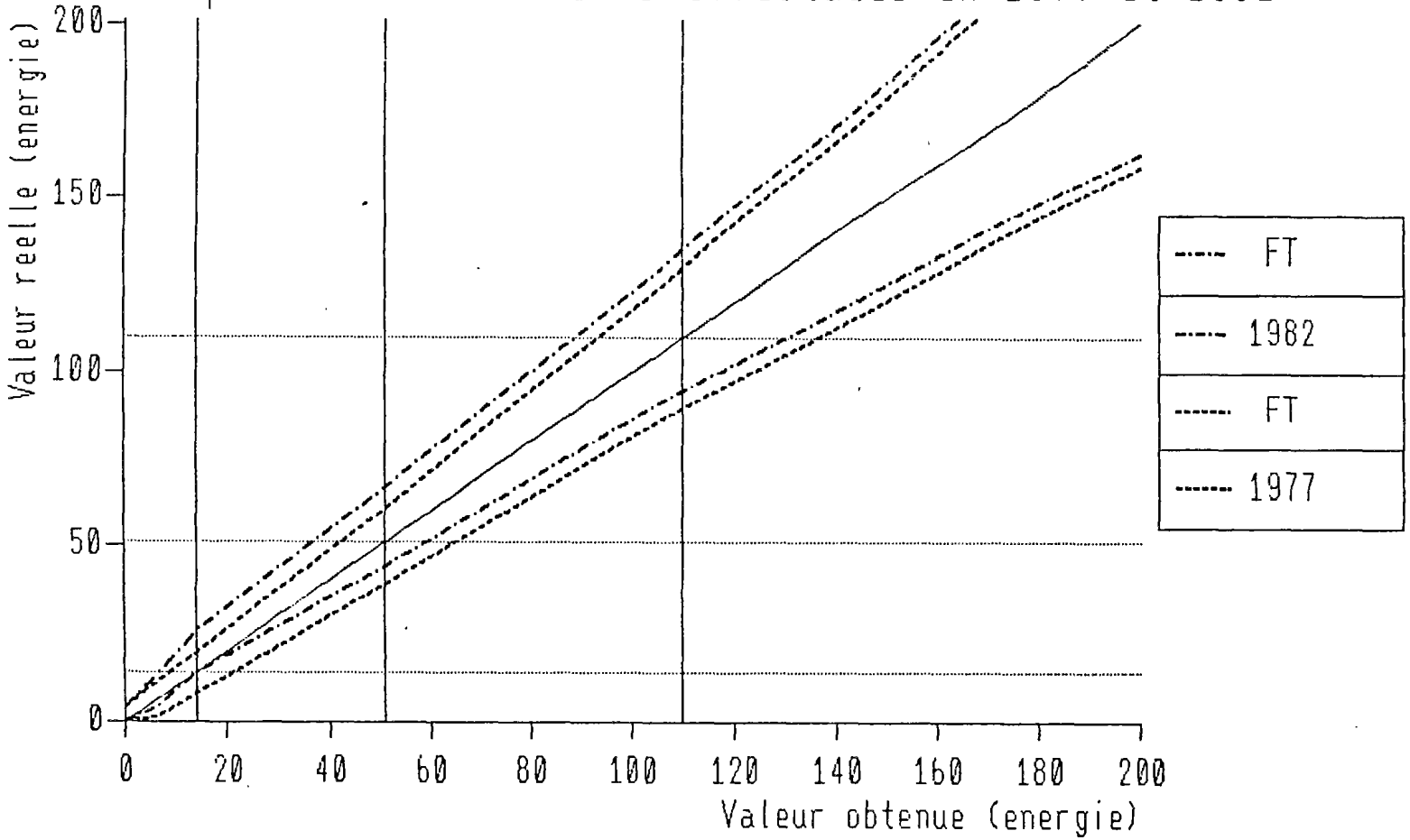



Zone d'erreur maximale (conf. 95%) - Ondes moyennes
Comparaison des mesures effectuees en 1977 et 1982
Valeur reelle (energie)
200
150
100
50
0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
Valeur obtenue (energie)
FT
1982
FT
1977

Zone d'erreur maximale (conf. 95%) - Grandes ondes
Comparaison des mesures effectuees en 1977 et 1982



Zone d'erreur maximale (conf. 95%) - Grandes ondes
Comparaison des mesures effectuees en 1977 et 1982



ANNEXE I

6. Relation entre les notes mesurées et les notes réelles (tableaux) - (§ 3.5.4.)

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES 77F

PO

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	9.22	90.78	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	9.17	90.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	9.21	90.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	9.49	90.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.56	90.44	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.70	90.30	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.17	89.28	0.55	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.66	87.59	1.75
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.48	85.52

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.00	1.91	2.91	3.91	4.91	5.90	6.90	7.90	8.91	9.86
EC.TYP.(%)	0.0	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.31	0.34	0.35

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	9.78	90.22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	9.80	90.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	9.89	90.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	10.26	89.74	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.72	89.28	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.35	88.30	0.36	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.42	85.48	2.10	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.97	81.21	4.82
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.60	81.40

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.00	1.90	2.90	3.90	4.90	5.89	6.89	7.90	8.91	9.81
EC.TYP.(%)	0.0	0.30	0.30	0.30	0.31	0.31	0.33	0.37	0.43	0.39

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	10.11	89.89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	10.17	89.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	10.31	89.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	10.32	89.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	11.27	88.58	0.15	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.10	86.89	0.92	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.68	83.16	3.17	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.65	77.80	6.55
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.90	79.10

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.00	1.90	2.90	3.90	4.89	5.89	6.89	7.89	8.91	9.79
EC.TYP.(%)	0.0	0.30	0.30	0.31	0.31	0.32	0.35	0.40	0.46	0.41

INTERVALE DE CONFIANCE 86.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	10.68	89.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	10.79	89.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	11.00	89.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	11.67	88.17	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	12.32	86.95	0.73	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.73	84.14	2.12	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.96	78.78	5.26	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.79	71.50	9.71
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.42	75.58
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.00	1.89	2.89	3.89	4.88	5.88	6.88	7.89	8.91	9.76
EC.TYP.(%)	0.0	0.31	0.31	0.31	0.33	0.34	0.38	0.45	0.53	0.43

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	11.24	88.76	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	11.40	88.56	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	11.71	88.11	0.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	12.53	86.88	0.59	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	13.41	85.07	1.52	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.24	81.29	3.48	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.10	74.55	7.35	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.88	65.15	12.97
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.31	72.69
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.00	1.89	2.89	3.88	4.88	5.88	6.88	7.89	8.91	9.73
EC.TYP.(%)	0.0	0.32	0.32	0.33	0.34	0.37	0.42	0.50	0.59	0.45

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES 821

PO

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	95.55	4.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	93.43	6.57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	91.35	8.65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	87.67	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	81.40	18.60	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	72.10	27.90	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.23	34.46	10.31	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	22.43	27.57
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.04	2.07	3.09	4.12	5.19	6.28	7.55	8.78	9.50	10.00
EC.TYP.(N)	0.21	0.25	0.28	0.33	0.39	0.45	0.68	0.86	0.50	0.0

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	95.17	4.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	92.97	7.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	90.77	9.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	87.03	12.97	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	80.52	19.48	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.95	29.05	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.72	33.46	12.82	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	15.94	34.06
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.05	2.07	3.09	4.13	5.19	6.29	7.59	8.84	9.50	10.00
EC.TYP.(%)	0.22	0.26	0.29	0.34	0.40	0.46	0.71	0.91	0.50	0.0

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	94.94	5.06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	92.68	7.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	90.42	9.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	86.63	13.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	79.99	20.01	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	70.24	29.53	0.23	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.04	32.80	14.16	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	13.24	36.76
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.05	2.07	3.10	4.13	5.20	6.30	7.61	8.87	9.50	10.00
EC.TYP.(%)	0.22	0.26	0.30	0.34	0.40	0.47	0.73	0.93	0.50	0.0

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	94.54	5.46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	92.16	7.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	89.83	10.17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	85.92	14.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	79.04	20.96	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	69.04	29.99	0.96	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.38	31.52	15.52	0.58
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	10.37	39.63
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.05	2.08	3.10	4.14	5.21	6.32	7.64	8.90	9.50	10.00
EC.TYP.(%)	0.25	0.27	0.30	0.35	0.41	0.49	0.76	0.95	0.50	0.0

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	94.13	5.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.35	91.59	8.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.00	89.23	10.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	85.21	14.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	78.10	21.90	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.73	30.36	1.91	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.04	29.97	16.36	1.63
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	8.87	41.13
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.06	2.03	3.11	4.15	5.22	6.34	7.68	8.91	9.50	10.00
EC.TYP.(%)	0.24	0.23	0.31	0.36	0.42	0.52	0.81	0.96	0.50	0.0

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	1.07	1.18	1.22	1.28	1.37	1.65	1.87	1.60	1.09
EC.TYP.(DN)	0.25	0.40	0.44	0.48	0.54	0.74	0.90	0.59	0.34

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	1.07	1.19	1.23	1.29	1.39	1.70	1.95	1.60	1.09
EC.TYP.(DN)	0.26	0.41	0.45	0.50	0.55	0.77	0.96	0.62	0.42

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	1.07	1.20	1.24	1.30	1.41	1.72	1.98	1.61	1.09
EC.TYP.(DN)	0.26	0.42	0.46	0.50	0.56	0.79	0.98	0.64	0.46

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	1.08	1.21	1.25	1.32	1.43	1.76	2.01	1.61	1.09
EC.TYP.(DN)	0.27	0.43	0.47	0.51	0.58	0.83	1.02	0.67	0.53

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	1.03	1.22	1.26	1.33	1.46	1.79	2.03	1.61	1.09
EC.TYP.(DN)	0.23	0.44	0.48	0.53	0.62	0.88	1.04	0.70	0.58

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES 77F

GO

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	84.54	15.46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	2.78	95.34	1.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	2.92	95.17	1.91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.85	95.28	1.87	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.37	96.38	1.26	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.12	96.55	1.33	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.89	97.27	0.83	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.33	98.67	1.01
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.86	99.14

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.50	2.15	2.99	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	9.01	9.99
EC.TYP.(N)	0.50	0.36	0.22	0.22	0.22	0.19	0.19	0.17	0.12	0.09

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	77.38	22.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	4.76	91.95	3.29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.90	91.75	3.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	4.79	91.98	3.23	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.91	93.84	2.25	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.62	94.31	2.08	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.81	95.57	1.62	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.44	96.88	1.68
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.39	97.61
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.50	2.23	2.99	3.98	4.98	5.98	6.98	7.99	9.00	9.98
EC.TYP.(N)	0.50	0.42	0.23	0.29	0.28	0.25	0.24	0.21	0.18	0.15

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	73.55	26.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.91	89.91	4.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	6.05	89.68	4.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.91	89.98	4.12	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.83	92.31	2.85	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.48	92.89	2.63	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.46	94.44	2.10	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.04	95.85	2.12
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.26	96.74
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.50	2.25	2.93	3.93	4.98	5.98	6.98	7.99	9.00	9.97
EC.TYP.(N)	0.50	0.44	0.32	0.32	0.32	0.28	0.27	0.24	0.20	0.18

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	43.81	6.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	68.52	31.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	7.78	86.46	5.77	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.93	85.16	5.91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.73	86.59	5.68	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.33	89.72	3.94	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.90	90.55	3.55	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.57	92.56	2.87	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.04	94.16	2.80
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.65	95.35
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.56	2.31	2.98	3.98	4.98	5.98	6.98	7.98	9.00	9.95
EC.TYP.(N)	0.61	0.47	0.37	0.37	0.37	0.32	0.31	0.27	0.24	0.21

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	37.49	12.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.34	65.00	34.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.02	9.60	83.01	7.47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	9.70	82.63	7.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	9.44	83.19	7.36	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.74	87.13	5.13	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.21	88.22	4.58	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.60	90.75	3.65	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.01	92.46	3.53
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.16	93.84
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.63	2.33	2.98	3.98	4.98	5.97	6.97	7.98	9.00	9.94
EC.TYP.(N)	0.70	0.49	0.41	0.42	0.41	0.36	0.34	0.31	0.28	0.24

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES 82 I.

GO

INTERVALE DE CONFIANCE 81.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	82.28	17.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	2.13	95.67	2.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	2.50	95.59	1.91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.91	95.73	1.37	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.96	96.67	0.36	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.27	95.73	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.49	94.51	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.42	92.58	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.04	83.96

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.50	2.18	3.00	3.99	4.98	5.97	6.96	7.95	8.93	9.84
EC.TYP.(N)	0.50	0.38	0.21	0.21	0.21	0.18	0.20	0.23	0.26	0.37

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
INFORMATIQUE

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	75.04	24.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	4.09	92.28	3.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.47	92.15	3.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	4.83	92.42	2.75	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.55	94.25	1.20	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.77	94.03	0.21	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.66	93.34	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.58	91.42	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.76	83.24
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.50	2.25	3.00	3.99	4.98	5.97	6.94	7.93	8.91	9.83
EC.TYP.(N)	0.50	0.43	0.28	0.28	0.28	0.24	0.24	0.25	0.28	0.38

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	71.16	28.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.24	90.23	4.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	5.65	90.05	4.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.97	90.42	3.61	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.50	92.73	1.77	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.58	92.91	0.51	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.38	92.62	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.24	90.76	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.28	82.72
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.50	2.29	2.99	3.99	4.98	5.96	6.94	7.93	8.91	9.83
EC.TYP.(N)	0.50	0.46	0.31	0.32	0.31	0.27	0.26	0.26	0.29	0.38

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	41.20	8.80	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	66.58	33.42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	7.13	86.73	6.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.56	86.48	5.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.82	87.00	5.18	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.01	90.17	2.82	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.98	90.74	1.28	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.47	91.36	0.17	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.22	89.78	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.17	81.83
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.59	2.33	2.97	3.98	4.97	5.96	6.93	7.92	8.90	9.82
EC.TYP.(N)	0.65	0.47	0.37	0.37	0.36	0.31	0.30	0.28	0.30	0.39

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	35.25	14.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.80	63.39	35.81	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.01	8.88	83.23	7.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	9.34	82.92	7.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	9.55	83.57	6.88	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.43	87.59	3.98	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.27	88.56	2.17	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.51	89.90	0.59	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.14	88.86	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.16	80.84
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.65	2.35	2.99	3.98	4.97	5.96	6.93	7.91	8.89	9.81
EC.TYP.(N)	0.75	0.50	0.41	0.42	0.41	0.35	0.33	0.31	0.32	0.40

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.68	0.85	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.83
EC.TYP.(D.N)	0.63	0.42	0.30	0.30	0.28	0.28	0.29	0.31	0.38

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.75	0.77	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.83
EC.TYP.(D.N)	0.66	0.50	0.40	0.40	0.37	0.34	0.34	0.35	0.41

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.79	0.73	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.92	0.83
EC.TYP.(D.N)	0.67	0.54	0.45	0.45	0.41	0.38	0.37	0.37	0.43

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.77	0.68	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.91	0.82
EC.TYP.(D.N)	0.77	0.59	0.52	0.52	0.48	0.44	0.42	0.41	0.46

INTERVALE DE CONFIANCE 95.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.73	0.66	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.91	0.81
EC.TYP.(D.N)	0.85	0.64	0.58	0.58	0.54	0.49	0.46	0.44	0.48

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES 77F

MD

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	90.05	9.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.15	97.62	2.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.19	97.45	2.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.20	97.42	2.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.29	97.52	2.18	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.46	97.29	2.25	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.57	97.49	1.93	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.91	96.92	2.16	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.66	98.34	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.10	2.02	3.02	4.02	5.02	6.02	7.01	8.01	8.98	9.50
EC.TYP.(%)	0.30	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.18	0.13	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	85.81	14.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.92	96.14	2.94	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	1.03	95.83	3.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	1.10	95.65	3.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	1.21	95.79	2.99	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.47	95.42	3.11	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.89	95.10	3.02	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.52	94.03	3.45	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.68	96.32	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.14	2.02	3.02	4.02	5.02	6.02	7.01	8.01	8.96	9.50
EC.TYP.(N)	0.35	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.22	0.25	0.19	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	83.13	16.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.47	95.15	3.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	1.61	94.77	3.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	1.74	94.48	3.78	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	1.82	94.68	3.50	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.16	94.22	3.63	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.61	93.71	3.68	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.54	92.16	4.30	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.87	95.13	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.17	2.02	3.02	4.02	5.02	6.01	7.01	8.01	8.95	9.50
EC.TYP.(N)	0.36	0.22	0.23	0.24	0.23	0.24	0.25	0.28	0.22	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	78.90	21.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.43	93.42	4.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	2.63	92.91	4.47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	2.82	92.51	4.68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.93	92.73	4.38	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.29	92.14	4.58	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.97	91.19	4.84	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.04	89.25	5.71	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.09	91.57	1.34
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.21	2.02	3.02	4.02	5.01	6.01	7.01	8.01	8.94	9.50
EC.TYP.(N)	0.41	0.26	0.27	0.27	0.27	0.28	0.30	0.33	0.29	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	75.31	24.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3.56	91.63	4.94	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.64	91.03	5.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	3.83	90.51	5.61	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	3.96	90.75	5.29	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.41	90.03	5.55	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.25	88.69	6.06	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.56	86.30	7.14	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.24	86.07	4.70
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.25	2.02	3.02	4.02	5.01	6.01	7.01	8.01	8.95	9.50
EC.TYP.(N)	0.45	0.29	0.30	0.31	0.31	0.32	0.34	0.37	0.37	0.50

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES 82I

MO

INTERVALE DE CONFIANCE 81.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5.32	94.68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.25	94.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.83	95.12	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	3.92	95.64	0.44	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.60	95.63	1.77	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.95	94.77	4.28	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	92.21	7.79	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.93	92.07	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.00	1.95	2.95	3.95	4.97	5.99	7.03	8.08	8.92	9.50
EC.TYP.(N)	0.0	0.23	0.22	0.22	0.21	0.21	0.23	0.27	0.27	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	99.21	0.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	6.26	93.62	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	6.24	93.45	0.31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	5.88	93.52	0.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	4.92	93.86	1.22	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.70	93.66	2.63	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.12	92.52	5.36	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48	90.37	9.15	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.68	91.32	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.01	1.94	2.94	3.95	4.96	5.99	7.03	8.09	8.91	9.50
EC.TYP.( )	0.06	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.27	0.30	0.28	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	97.72	2.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	6.83	92.80	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	6.84	92.52	0.63	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	6.52	92.48	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.54	92.79	1.66	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.37	92.47	3.15	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.87	91.11	6.02	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.19	88.94	9.87	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.17	90.83	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.02	1.94	2.94	3.94	4.96	5.99	7.03	8.09	8.91	9.50
EC.TYP.( )	0.15	0.26	0.27	0.27	0.27	0.28	0.30	0.32	0.29	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	94.72	5.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	7.77	91.31	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	7.33	90.38	1.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.56	90.65	1.78	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	6.58	90.95	2.47	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.52	90.41	4.08	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.17	88.68	7.15	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.46	86.25	11.29	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.99	88.50	1.51
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.05	1.93	2.93	3.94	4.96	5.99	7.03	8.09	8.92	9.50
EC.TYP.(N)	0.22	0.29	0.30	0.30	0.30	0.31	0.34	0.36	0.33	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	91.82	8.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3.68	89.76	1.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	8.80	89.19	2.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	8.58	88.81	2.61	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.59	89.11	3.30	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.60	88.40	5.00	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.38	86.36	8.26	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.82	83.48	12.70	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.97	85.91	3.12
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.08	1.93	2.93	3.94	4.96	5.98	7.03	8.09	8.92	9.50
EC.TYP.(N)	0.28	0.31	0.32	0.33	0.33	0.34	0.37	0.40	0.37	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.85	0.93	0.93	0.94	0.97	1.02	1.06	0.91	0.52
EC.TYP.(DN)	0.37	0.27	0.27	0.26	0.26	0.28	0.31	0.32	0.52

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.80	0.92	0.93	0.94	0.97	1.02	1.08	0.90	0.54
EC.TYP.(DN)	0.43	0.32	0.32	0.32	0.32	0.35	0.37	0.37	0.53

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.77	0.92	0.92	0.94	0.97	1.02	1.08	0.90	0.55
EC.TYP.(DN)	0.46	0.35	0.35	0.35	0.36	0.38	0.41	0.40	0.54

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.72	0.92	0.92	0.94	0.97	1.02	1.08	0.91	0.56
EC.TYP.(DN)	0.50	0.39	0.40	0.40	0.41	0.44	0.47	0.46	0.58

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0

ISTRIBUTION NORMALE POUR :

DNOTE MOY	0.68	0.92	0.92	0.94	0.97	1.02	1.08	0.92	0.55
EC.TYP.(DN)	0.53	0.43	0.44	0.45	0.46	0.48	0.52	0.52	0.62

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES BDR

P0

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	98.39	1.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.25	93.72	2.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.71	93.05	3.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	2.92	91.57	5.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.04	89.43	8.54	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.62	85.33	13.05	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.61	89.45	9.55	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.84	79.16	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.41	62.59	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.21	68.79

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.01	1.98	3.00	4.03	5.06	6.11	7.09	7.79	8.63	9.69
EC.TYP.(N)	0.11	0.25	0.25	0.29	0.32	0.37	0.31	0.41	0.49	0.47
DNOTE MOY		0.97	1.02	1.03	1.04	1.05	0.97	0.71	0.83	1.06
EC.TYP.(DN)		0.27	0.36	0.39	0.43	0.48	0.48	0.51	0.63	0.67

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	97.66	2.34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	6.28	90.06	3.66	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.98	88.37	5.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	5.58	86.53	7.89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.27	83.00	11.73	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.35	77.23	17.42	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.87	73.93	20.19	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.66	68.62	1.72	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.95	59.05	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.71	66.29

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.02	1.97	2.99	4.02	5.06	6.12	7.14	7.72	8.59	9.66
EC.TYP.(N)	0.15	0.32	0.34	0.37	0.41	0.46	0.49	0.49	0.49	0.48
DNOTE MOY		0.95	1.02	1.03	1.04	1.06	1.02	0.58	0.87	1.07
EC.TYP.(DN)		0.35	0.46	0.50	0.55	0.62	0.67	0.69	0.69	0.68

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	96.88	3.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	7.49	87.82	4.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	7.33	86.32	6.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.16	83.43	9.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.25	79.02	13.72	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.80	72.03	20.03	0.15	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.61	65.00	25.39	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.39	59.84	6.77	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31	42.29	56.77	0.63
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37	34.80	64.83

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.03	1.97	2.99	4.02	5.06	6.13	7.16	7.73	8.58	9.64
EC.TYP.(N)	0.17	0.35	0.37	0.41	0.46	0.52	0.57	0.58	0.52	0.49
DNOTE MOY		0.94	1.02	1.03	1.04	1.06	1.03	0.58	0.84	1.07
EC.TYP.(DN)		0.39	0.51	0.55	0.61	0.69	0.77	0.81	0.77	0.71

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	95.48	4.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	9.47	84.01	6.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	9.54	81.99	8.47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	9.75	78.25	12.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	10.47	72.18	17.35	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	11.90	63.03	22.89	2.18	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.97	53.31	26.28	4.43	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.98	46.90	16.12	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.84	41.36	49.60	6.20
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.49	34.48	63.02
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.05	1.97	2.99	4.02	5.07	6.15	7.19	7.79	8.59	9.61
EC.TYP.(%)	0.21	0.40	0.43	0.47	0.53	0.64	0.75	0.70	0.65	0.54
DNOTE MOY		0.93	1.02	1.03	1.05	1.08	1.04	0.60	0.80	1.01
EC.TYP.(D%)		0.45	0.53	0.63	0.70	0.83	0.99	1.03	0.95	0.84

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	93.99	6.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	11.34	80.21	8.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	11.63	77.63	10.74	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	12.10	73.05	14.73	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	13.55	65.30	20.15	1.00	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	15.85	55.48	23.08	4.93	0.66	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.84	45.66	22.68	7.94	2.88
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.34	37.52	40.13	15.52	5.49
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.24	38.80	42.44	12.52
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.77	33.72	61.52
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.06	1.97	2.99	4.03	5.09	6.19	7.26	7.86	8.61	9.57
EC.TYP.(%)	0.24	0.45	0.43	0.52	0.61	0.78	0.98	0.89	0.79	0.59
DNOTE MOY		0.91	1.02	1.03	1.06	1.10	1.07	0.60	0.75	0.96
EC.TYP.(D%)		0.50	0.65	0.70	0.80	0.99	1.25	1.31	1.18	0.98

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES BDR

MO

INTERVALE DE CONFIANCE 95.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	55.79	44.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	88.70	11.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	38.15	11.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	88.13	11.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	89.52	10.48	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.11	90.42	9.47	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.38	91.08	8.54	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60	93.21	6.19	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.16	93.84	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.44	2.11	3.12	4.12	5.10	6.09	7.08	8.06	8.94	9.50
EC.TYP.(%)	0.56	0.32	0.32	0.33	0.31	0.30	0.29	0.26	0.24	0.50
D'NOTE MOY		0.57	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99	0.97	0.88	0.56
EC.TYP.(D'N)		0.50	0.45	0.46	0.45	0.43	0.41	0.38	0.35	0.55

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	53.49	46.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	85.67	14.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	1.85	82.75	15.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	1.93	82.52	15.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.01	84.24	13.74	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.31	85.02	12.68	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.88	85.28	11.84	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.81	86.54	9.66	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.91	89.09	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.47	2.14	3.14	4.14	5.12	6.10	7.09	8.06	8.89	9.50
EC.TYP.(N)	0.50	0.35	0.39	0.40	0.38	0.37	0.37	0.36	0.31	0.50
DNOTE MOY		0.63	0.99	1.00	0.98	0.99	0.99	0.97	0.83	0.61
EC.TYP.(DN)		0.61	0.53	0.56	0.55	0.53	0.53	0.52	0.48	0.59

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	52.85	47.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.76	83.31	15.91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.55	78.70	17.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	3.73	78.35	17.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	3.69	80.38	15.93	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.01	81.19	14.79	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.71	81.27	14.03	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.74	82.38	11.88	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.07	86.93	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.47	2.15	3.14	4.14	5.12	6.11	7.09	8.06	8.87	9.50
EC.TYP.(N)	0.50	0.38	0.44	0.45	0.43	0.42	0.42	0.42	0.34	0.50
DNOTE MOY		0.63	0.99	1.00	0.98	0.99	0.99	0.97	0.81	0.63
EC.TYP.(DN)		0.63	0.53	0.62	0.61	0.60	0.60	0.59	0.53	0.60

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	52.23	47.77	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.20	77.42	18.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	6.61	71.19	22.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	6.87	70.66	22.47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	6.66	73.28	20.05	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.97	74.25	18.78	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.81	74.08	18.11	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.90	75.12	15.98	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.22	83.36	0.42
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.46	2.14	3.15	4.16	5.13	6.12	7.10	8.07	8.84	9.50
EC.TYP.(N)	0.50	0.46	0.52	0.52	0.50	0.50	0.50	0.50	0.38	0.50
DNOTE MOY		0.66	1.01	1.00	0.98	0.98	0.98	0.97	0.77	0.66
EC.TYP.(DN)		0.67	0.69	0.73	0.72	0.70	0.70	0.70	0.62	0.63

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	51.91	48.09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	7.40	71.37	19.02	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	9.57	64.25	25.25	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	9.33	65.68	25.88	0.55	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	9.52	66.31	23.79	0.39	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.30	67.26	22.56	0.38	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.70	66.92	22.09	0.29	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.86	67.73	20.02	0.39
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.73	76.51	4.76
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.46	2.14	3.13	4.17	5.15	6.14	7.12	8.09	8.86	9.50
EC.TYP.(N)	0.50	0.54	0.60	0.60	0.57	0.57	0.57	0.57	0.47	0.50
DNOTE MOY		0.66	1.03	1.00	0.98	0.98	0.98	0.97	0.77	0.64
EC.TYP.(DN)		0.75	0.81	0.84	0.82	0.80	0.80	0.81	0.74	0.68

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES BDR

GD

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	22.44	27.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	50.45	49.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	84.28	15.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	85.98	14.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	87.56	12.44	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.22	91.22	8.56	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.52	91.60	7.88	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.61	93.50	5.89	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.99	96.69	2.32
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.09	92.91
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.76	2.50	3.16	4.14	5.12	6.08	7.07	8.05	9.01	9.93
EC.TYP.( )	0.36	0.50	0.37	0.35	0.33	0.29	0.28	0.25	0.18	0.26
D'NOTE MOY		0.72	0.56	0.98	0.98	0.96	0.99	0.98	0.96	0.92
EC.TYP.(D.N)		0.90	0.62	0.50	0.48	0.44	0.40	0.38	0.31	0.31

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	13.52	36.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	50.27	49.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	79.96	20.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	1.10	81.38	18.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.28	81.03	16.69	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.60	85.73	11.67	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.13	85.89	10.98	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.03	88.51	8.46	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.43	91.62	4.95
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.95	90.05
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.36	2.50	3.20	4.17	5.14	6.09	7.08	8.05	9.02	9.90
EC.TYP.(N)	0.02	0.50	0.40	0.41	0.41	0.37	0.37	0.34	0.29	0.30
DNOTE MOY		0.63	0.70	0.97	0.97	0.95	0.99	0.98	0.96	0.89
EC.TYP.(DN)		1.05	0.64	0.57	0.58	0.55	0.52	0.50	0.44	0.42

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	11.04	38.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	50.22	49.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.09	76.96	22.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	2.91	75.67	21.42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	4.26	76.16	19.58	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.36	81.84	13.80	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.91	82.04	13.05	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.64	85.19	10.16	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.90	88.71	6.39
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.40	88.60
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.39	2.50	3.23	4.19	5.15	6.09	7.08	8.06	9.01	9.89
EC.TYP.(N)	0.0-	0.50	0.42	0.46	0.47	0.42	0.42	0.38	0.34	0.32
DNOTE MOY		0.61	0.73	0.96	0.97	0.94	0.99	0.97	0.96	0.87
EC.TYP.(DN)		1.06	0.63	0.62	0.65	0.62	0.59	0.56	0.51	0.46

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	8.65	41.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	50.18	49.69	0.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	2.93	68.76	28.05	0.22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	6.24	65.93	26.71	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.75	67.22	25.03	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.38	74.71	17.91	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.92	75.01	17.07	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.38	79.28	13.34	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.37	83.58	9.05
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.73	86.27
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.91	2.50	3.25	4.21	5.17	6.11	7.09	8.06	9.02	9.86
EC.TYP.(N)	0.96	0.51	0.51	0.54	0.55	0.49	0.49	0.45	0.41	0.35
DNOTE MOY		0.59	0.76	0.95	0.97	0.93	0.99	0.97	0.96	0.85
EC.TYP.(DN)		1.08	0.71	0.74	0.77	0.73	0.70	0.67	0.61	0.53

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	7.40	42.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.37	49.78	47.97	1.89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	6.08	62.52	28.87	2.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	9.52	60.30	27.85	2.32	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	11.06	60.31	27.97	0.67	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.17	67.56	21.85	0.41	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.67	67.89	21.43	0.01	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.89	73.03	17.08	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.63	78.27	12.09
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.56	84.44
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.95	2.51	3.23	4.23	5.18	6.13	7.11	8.07	9.02	9.84
EC.TYP.(N)	0.96	0.55	0.61	0.65	0.62	0.57	0.56	0.52	0.47	0.36
DNOTE MOY		0.59	0.76	0.95	0.95	0.94	0.98	0.96	0.95	0.82
EC.TYP.(DN)		1.10	0.82	0.89	0.89	0.84	0.79	0.76	0.69	0.59

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES ST

PO

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	93.91	1.09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.03	96.50	1.47	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	2.23	95.96	1.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	2.73	94.99	2.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	3.60	93.05	3.35	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.73	90.74	4.52	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.20	85.95	6.85	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.84	83.16	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.84	66.16	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.21	68.79
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.01	1.99	2.99	3.99	5.00	6.00	7.00	7.83	8.66	9.69
EC.TYP.(%)	0.10	0.19	0.20	0.22	0.26	0.31	0.38	0.38	0.48	0.47
DNOTE MOY		0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.84	0.83	1.03
EC.TYP.(D.N)		0.21	0.27	0.30	0.35	0.40	0.48	0.53	0.60	0.66

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	98.10	1.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3.42	94.04	2.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.88	93.09	3.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.63	91.42	3.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	6.15	88.34	5.51	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	8.12	84.22	7.66	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.20	76.17	11.63	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.35	71.34	2.31	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.35	61.65	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.13	66.87

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.02	1.99	2.99	3.99	4.99	6.00	6.99	7.76	8.62	9.67
EC.TYP.(N)	0.14	0.25	0.26	0.29	0.34	0.40	0.49	0.48	0.49	0.47
DNOTE MOY		0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77	0.86	1.05
EC.TYP.(DN)		0.23	0.36	0.39	0.45	0.52	0.63	0.68	0.68	0.68

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	97.60	2.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.25	92.54	3.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	4.82	91.35	3.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	5.82	89.28	4.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.64	85.43	6.93	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.14	80.18	9.68	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.05	70.26	14.70	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.46	61.45	8.08	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.48	58.55	0.97
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37	33.93	65.70

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.02	1.99	2.99	3.99	4.99	6.00	7.00	7.78	8.60	9.65
EC.TYP.(N)	0.15	0.27	0.30	0.33	0.38	0.45	0.55	0.58	0.51	0.49
DNOTE MOY		0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.78	0.83	1.05
EC.TYP.(DN)		0.31	0.40	0.44	0.50	0.59	0.70	0.80	0.77	0.70

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	96.73	3.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5.63	90.01	4.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	6.40	88.37	5.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.70	85.61	6.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	10.13	80.46	9.41	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	13.47	73.34	13.19	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.96	60.00	18.65	1.40	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.69	48.16	17.15	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.83	40.72	50.29	7.17
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.02	34.28	63.71

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.05	1.99	2.99	3.99	4.99	6.00	7.01	7.82	8.63	9.62
EC.TYP.(N)	0.16	0.32	0.34	0.38	0.44	0.52	0.67	0.70	0.65	0.53
DNOTE MOY		0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	0.81	0.80	0.99
EC.TYP.(DN)		0.36	0.46	0.51	0.58	0.68	0.84	0.96	0.95	0.83

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	95.83	4.17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	6.96	87.49	5.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	7.91	85.41	6.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	9.53	81.05	8.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	12.52	75.51	11.98	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	16.63	66.53	16.05	0.74	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.11	51.52	19.65	4.11	0.61
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.84	36.06	41.20	16.19	5.70
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.85	38.77	43.03	13.36
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.13	33.77	62.10

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.04	1.99	2.99	3.99	4.99	6.01	7.06	7.90	8.65	9.58
EC.TYP.(N)	0.20	0.36	0.38	0.43	0.50	0.60	0.81	0.88	0.77	0.57
DNOTE MOY		0.94	1.00	1.00	1.00	1.01	1.05	0.84	0.75	0.93
EC.TYP.(DN)		0.41	0.52	0.57	0.65	0.78	1.01	1.19	1.17	0.96

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES ST

MO

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	58.13	41.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	96.29	3.71	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.29	95.72	3.99	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.40	95.35	4.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.51	95.57	3.91	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.81	95.29	3.90	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.53	94.41	4.07	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.76	93.55	3.69	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.41	87.59	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.42	2.04	3.04	4.04	5.03	6.03	7.03	8.01	8.88	9.50
EC.TYP.(%)	0.50	0.19	0.20	0.21	0.21	0.22	0.24	0.26	0.33	0.50
DNOTE MOY		0.62	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.87	0.62
EC.TYP.(DN)		0.53	0.23	0.29	0.30	0.30	0.32	0.35	0.42	0.50

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	54.89	45.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.27	93.81	4.93	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	1.60	93.06	5.34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	1.88	92.43	5.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.10	92.50	5.40	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.61	91.77	5.61	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.69	90.15	6.16	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.60	87.57	6.83	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.20	83.80	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.45	2.04	3.04	4.04	5.03	6.03	7.02	8.01	8.84	9.50
EC.TYP.(%)	0.50	0.25	0.26	0.27	0.27	0.29	0.31	0.35	0.37	0.50
D'NOTE MOY		0.59	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	0.99	0.83	0.66
EC.TYP.(D%)		0.56	0.36	0.38	0.38	0.39	0.42	0.47	0.51	0.62

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	54.00	46.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.14	92.17	5.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	2.52	91.29	6.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	2.87	90.52	6.61	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	3.15	90.50	6.35	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.74	89.58	6.68	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.16	87.32	7.52	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.31	84.02	8.67	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.01	81.99	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.46	2.04	3.04	4.04	5.03	6.03	7.02	8.01	8.82	9.50
EC.TYP.(%)	0.50	0.28	0.29	0.31	0.31	0.32	0.36	0.40	0.39	0.50
D'NOTE MOY		0.58	1.00	1.00	0.99	1.00	0.99	0.99	0.81	0.68
EC.TYP.(D%)		0.57	0.40	0.42	0.43	0.44	0.48	0.53	0.55	0.63

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	53.13	46.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3.65	89.31	7.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	4.14	88.19	7.68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.60	87.16	8.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	4.93	87.05	8.02	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.72	85.74	8.54	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.54	82.55	9.91	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.20	78.00	11.80	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.72	78.95	0.32
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.47	2.03	3.04	4.04	5.03	6.03	7.02	8.02	8.80	9.50
EC.TYP.(N)	0.50	0.33	0.34	0.36	0.36	0.38	0.42	0.47	0.41	0.50
DNOTE MOY		0.57	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	0.78	0.70
EC.TYP.(DN)		0.60	0.47	0.49	0.51	0.52	0.56	0.63	0.62	0.65

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	52.68	47.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5.15	86.43	8.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.71	85.04	9.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	6.29	83.74	9.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	6.65	83.61	9.75	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.62	81.87	10.50	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.81	77.78	12.41	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.97	72.04	14.74	0.25
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.98	72.71	4.31
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.47	2.03	3.04	4.04	5.03	6.03	7.03	8.02	8.81	9.50
EC.TYP.(N)	0.50	0.37	0.39	0.40	0.41	0.43	0.47	0.54	0.49	0.50
DNOTE MOY		0.55	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.79	0.69
EC.TYP.(DN)		0.62	0.53	0.56	0.57	0.59	0.63	0.71	0.72	0.70

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES ST

GO

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	23.47	26.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	51.74	48.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	97.24	2.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.24	92.80	2.96	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	4.28	92.76	2.96	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.55	94.09	2.37	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.72	93.89	2.39	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.35	94.14	2.51	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.01	95.99	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.23	85.77
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.77	2.43	3.03	3.99	4.99	5.99	6.99	7.99	8.96	9.86
EC.TYP.(N)	0.35	0.50	0.16	0.27	0.27	0.24	0.25	0.24	0.20	0.35
OBTE MOY		0.72	0.54	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.90
EC.TYP.(O.)		0.93	0.53	1.31	0.38	0.36	0.35	0.35	0.31	0.40

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	14.14	35.86	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	51.05	48.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.64	91.43	4.89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.03	87.78	5.19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.03	87.77	5.21	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.00	89.93	4.06	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.23	89.45	4.27	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.70	89.89	4.42	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.50	91.39	2.11
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.60	83.40
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.86	2.49	3.01	3.98	4.98	5.98	6.98	7.99	8.96	9.83
EC.TYP.(N)	0.92	0.50	0.29	0.35	0.35	0.32	0.33	0.32	0.29	0.37
DNOTE MOY		0.63	0.52	0.97	1.00	1.00	1.00	1.01	0.97	0.88
EC.TYP.(DN)		1.04	0.53	0.45	0.49	0.47	0.45	0.45	0.43	0.47

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	11.55	38.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	50.85	49.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.78	87.96	6.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	8.64	84.72	6.65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	8.67	84.67	6.67	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.39	87.40	5.21	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.73	86.77	5.50	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.13	87.25	5.62	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.91	88.15	3.94
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.80	82.20
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.38	2.49	3.00	3.98	4.98	5.98	6.98	7.98	8.96	9.82
EC.TYP.(N)	0.94	0.50	0.35	0.39	0.39	0.36	0.36	0.36	0.34	0.38
DNOTE MOY		0.61	0.51	0.98	1.00	1.00	1.00	1.01	0.98	0.86
EC.TYP.(DN)		1.06	0.61	0.52	0.55	0.53	0.51	0.51	0.49	0.51

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	9.05	40.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	50.67	49.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	8.84	82.39	8.77	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	11.24	79.47	9.29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	11.28	79.39	9.33	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.64	83.09	7.27	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.06	82.22	7.72	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.39	82.85	7.76	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.40	82.77	6.83
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.70	80.30
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.91	2.49	3.00	3.98	4.98	5.98	6.98	7.98	8.96	9.80
EC.TYP.(N)	0.95	0.50	0.42	0.46	0.46	0.41	0.42	0.42	0.42	0.40
DNOTE MOY		0.53	0.51	0.98	1.00	1.00	1.00	1.01	0.98	0.84
EC.TYP.(DN)		1.07	0.65	0.62	0.64	0.61	0.59	0.59	0.59	0.57

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	7.74	42.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.76	49.81	49.43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.11	11.33	76.03	11.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	13.63	74.12	12.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	13.67	74.00	12.33	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	11.70	78.71	9.59	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.18	77.63	10.19	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.50	78.42	10.09	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.61	77.67	9.72
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.27	78.73
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.92	2.49	3.00	3.99	4.99	5.98	6.98	7.99	8.97	9.79
EC.TYP.(N)	0.96	0.52	0.49	0.51	0.51	0.46	0.47	0.47	0.47	0.41
DNOTE MOY		0.56	0.51	0.99	1.00	0.99	1.00	1.01	0.99	0.82
EC.TYP.(DN)		1.09	0.71	0.70	0.72	0.69	0.66	0.66	0.66	0.62

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES VIT

PU

INTERVALE DE CONFIANCE 81.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	*****	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3.41	96.59	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.45	96.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	3.50	96.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	3.76	96.11	0.13	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.73	96.07	0.20	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.83	94.16	1.02	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.63	92.14	2.24	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.09	89.39	3.52
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.31	89.69
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.00	1.97	2.97	3.96	4.96	5.96	6.96	7.97	8.96	9.90
EC.TYP.(N)	0.0	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20	0.24	0.28	0.33	0.31
DNOTE MOY		0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93
EC.TYP.(DN)		0.18	0.25	0.26	0.27	0.27	0.31	0.37	0.43	0.44

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	99.97	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.02	95.90	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	4.11	95.74	0.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.26	95.42	0.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	4.74	94.57	0.69	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.89	94.01	1.10	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.20	91.55	2.25	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.87	87.78	4.34	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.40	82.78	6.83
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.57	84.43

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.00	1.96	2.96	3.96	4.96	5.96	6.96	7.96	8.96	9.84
EC.TYP.(%)	0.02	0.20	0.20	0.21	0.23	0.24	0.29	0.35	0.42	0.36
DNOTE MOY		0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88
EC.TYP.(DN)		0.20	0.23	0.29	0.31	0.33	0.38	0.45	0.54	0.55

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	99.86	0.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.39	95.53	0.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	4.52	95.12	0.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.73	94.66	0.61	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.30	93.51	1.09	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.59	92.67	1.74	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.22	89.55	3.23	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.13	85.24	5.63	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.08	79.07	8.85
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.43	81.57

DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :

NOTE MOY	1.00	1.96	2.96	3.96	4.96	5.96	6.96	7.96	8.97	9.82
EC.TYP.(%)	0.04	0.21	0.22	0.23	0.25	0.27	0.32	0.38	0.46	0.39
DNOTE MOY		0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85
EC.TYP.(DN)		0.21	0.30	0.31	0.34	0.37	0.42	0.50	0.60	0.60

INTERVALLE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	99.60	0.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5.01	94.40	0.59	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.19	94.02	0.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	5.50	93.36	1.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.22	91.98	1.79	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.79	90.42	2.79	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.77	86.48	4.74	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.41	80.66	7.93	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.38	72.34	12.28
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.48	77.52
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.00	1.96	2.96	3.96	4.96	5.96	6.96	7.97	8.97	9.78
EC.TYP.(N)	0.06	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.37	0.44	0.53	0.42
DNOTE MOY		0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	0.81
EC.TYP.(DN)		0.24	0.33	0.35	0.38	0.42	0.48	0.57	0.68	0.67

INTERVALLE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	99.29	0.71	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5.61	93.39	0.99	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.85	92.89	1.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	6.25	92.02	1.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.14	90.27	2.59	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.98	88.13	3.84	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.35	83.38	6.27	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.72	76.06	10.23	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.60	65.64	15.75
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.65	74.35
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.01	1.95	2.95	3.95	4.95	5.96	6.96	7.97	8.97	9.74
EC.TYP.(N)	0.06	0.25	0.26	0.28	0.31	0.34	0.41	0.49	0.59	0.44
DNOTE MOY		0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	0.77
EC.TYP.(DN)		0.27	0.36	0.38	0.42	0.46	0.53	0.63	0.76	0.73

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES VIT

MO

INTERVALE DE CONFIANCE 31.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	97.49	2.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2.09	97.33	0.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	2.22	97.10	0.68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	2.27	95.96	0.77	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.18	97.08	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.24	96.82	0.94	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.51	96.33	1.15	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.79	95.67	1.54	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.93	96.07	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.03	1.98	2.93	3.98	4.99	5.99	6.99	7.99	8.96	9.50
EC.TYP.(N)	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17	0.18	0.19	0.21	0.20	0.50
DNOTE MOY		0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.97	0.54
EC.TYP.(DN)		0.23	0.24	0.24	0.24	0.25	0.26	0.28	0.28	0.54

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	93.71	6.29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3.06	95.67	1.25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.26	95.34	1.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	3.37	95.10	1.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	3.27	95.21	1.53	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	3.42	94.83	1.75	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.68	94.09	2.24	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.15	92.95	2.90	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.95	94.05	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.06	1.99	2.93	3.98	4.98	5.98	6.99	7.99	8.94	9.50
EC.TYP.(N)	0.24	0.21	0.22	0.22	0.22	0.23	0.24	0.27	0.24	0.50
DNOTE MOY		0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.56
EC.TYP.(DN)		0.32	0.30	0.31	0.31	0.31	0.33	0.36	0.36	0.55

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	91.19	8.81	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	3.67	94.66	1.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	3.39	94.25	1.86	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	4.03	93.94	2.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	3.92	94.06	2.02	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.10	93.64	2.26	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.50	92.60	2.90	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.10	91.27	3.62	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.14	92.86	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.09	1.98	2.93	3.98	4.98	5.98	6.98	7.99	8.93	9.50
EC.TYP.(N)	0.28	0.23	0.24	0.25	0.24	0.25	0.27	0.30	0.26	0.50
DNOTE MOY		0.89	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.57
EC.TYP.(DN)		0.37	0.33	0.34	0.35	0.35	0.37	0.40	0.39	0.56

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	87.16	12.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4.65	92.94	2.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	4.94	92.40	2.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	5.13	91.97	2.90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.00	92.12	2.88	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.22	91.58	3.19	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.79	90.19	4.02	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.61	88.41	4.98	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.36	89.54	1.10
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.13	1.93	2.93	3.98	4.98	5.98	6.98	7.98	8.92	9.50
EC.TYP.(N)	0.34	0.27	0.23	0.29	0.28	0.29	0.31	0.34	0.31	0.50
DNOTE MOY		0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	0.58
EC.TYP.(DN)		0.43	0.38	0.39	0.40	0.40	0.43	0.46	0.46	0.59

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	83.70	16.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	5.60	91.23	3.16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.95	90.55	3.49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	6.10	90.02	3.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.05	90.21	3.74	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.33	89.52	4.14	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.05	87.81	5.14	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.09	85.54	6.37	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.42	84.35	4.23
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.00	50.00
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.16	1.98	2.93	3.98	4.98	5.98	6.98	7.98	8.93	9.50
EC.TYP.(N)	0.37	0.30	0.31	0.32	0.31	0.32	0.35	0.38	0.39	0.50
DNOTE MOY		0.81	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.57
EC.TYP.(DN)		0.47	0.43	0.44	0.44	0.45	0.48	0.52	0.54	0.63

RELATION VALEUR OBTENUE / VALEUR VRAIE POUR APL-72

DONNEES VIT

GO

INTERVALE DE CONFIANCE 81.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	89.13	10.87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	5.24	94.12	0.64	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	5.63	93.72	0.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	5.53	93.72	0.70	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.69	94.73	0.58	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.80	94.54	0.66	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.59	96.21	0.20	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.68	96.99	0.33
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.66	97.34
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.50	2.11	2.95	3.95	4.95	5.96	6.96	7.97	8.98	9.97
EC.TYP.(N)	0.50	0.31	0.24	0.25	0.25	0.23	0.23	0.19	0.17	0.16
DNOTE MOY		0.61	0.85	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	1.00
EC.TYP.(DN)		0.59	0.39	0.34	0.35	0.33	0.32	0.30	0.26	0.24

INTERVALE DE CONFIANCE 51.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	82.18	17.82	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	7.23	90.86	1.91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	7.57	90.41	2.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	7.55	90.36	2.09	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.38	91.97	1.65	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.51	91.68	1.81	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.51	94.59	0.90	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.58	95.52	0.90
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.44	95.56
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.50	2.13	2.93	3.94	4.95	5.95	6.95	7.96	8.97	9.96
EC.TYP.(N)	0.50	0.38	0.33	0.31	0.31	0.28	0.29	0.23	0.21	0.21
D'NOTE MOY		0.63	0.77	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	0.98
EC.TYP.(D.N)		0.63	0.43	0.43	0.43	0.41	0.40	0.37	0.31	0.29

INTERVALE DE CONFIANCE 63.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	50.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	78.45	21.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	8.57	88.66	2.77	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	8.74	88.34	2.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	8.73	88.29	2.98	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	7.40	90.24	2.36	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.58	89.86	2.56	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.15	93.57	1.28	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.16	94.61	1.23
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.25	94.75
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.50	2.22	2.94	3.94	4.94	5.95	6.95	7.96	8.97	9.95
EC.TYP.(N)	0.50	0.41	0.33	0.34	0.34	0.31	0.32	0.25	0.23	0.22
D'NOTE MOY		0.72	0.72	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	0.98
EC.TYP.(D.N)		0.65	0.53	0.47	0.48	0.46	0.44	0.40	0.34	0.32

INTERVALE DE CONFIANCE 80.0 %

NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	43.91	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	72.97	27.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	10.23	85.44	4.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	10.64	84.79	4.58	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	11.63	84.74	4.63	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.04	87.33	3.63	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.28	86.77	3.95	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.22	91.74	2.04	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.14	92.95	1.90
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.59	93.41
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.51	2.27	2.94	3.94	4.94	5.95	6.95	7.96	8.97	9.93
EC.TYP.(N)	0.52	0.45	0.38	0.39	0.39	0.35	0.36	0.29	0.26	0.25
DNOTE MOY		0.75	0.67	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	0.97
EC.TYP.(DN)		0.63	0.58	0.54	0.55	0.52	0.50	0.46	0.39	0.36

INTERVALE DE CONFIANCE 94.0 %

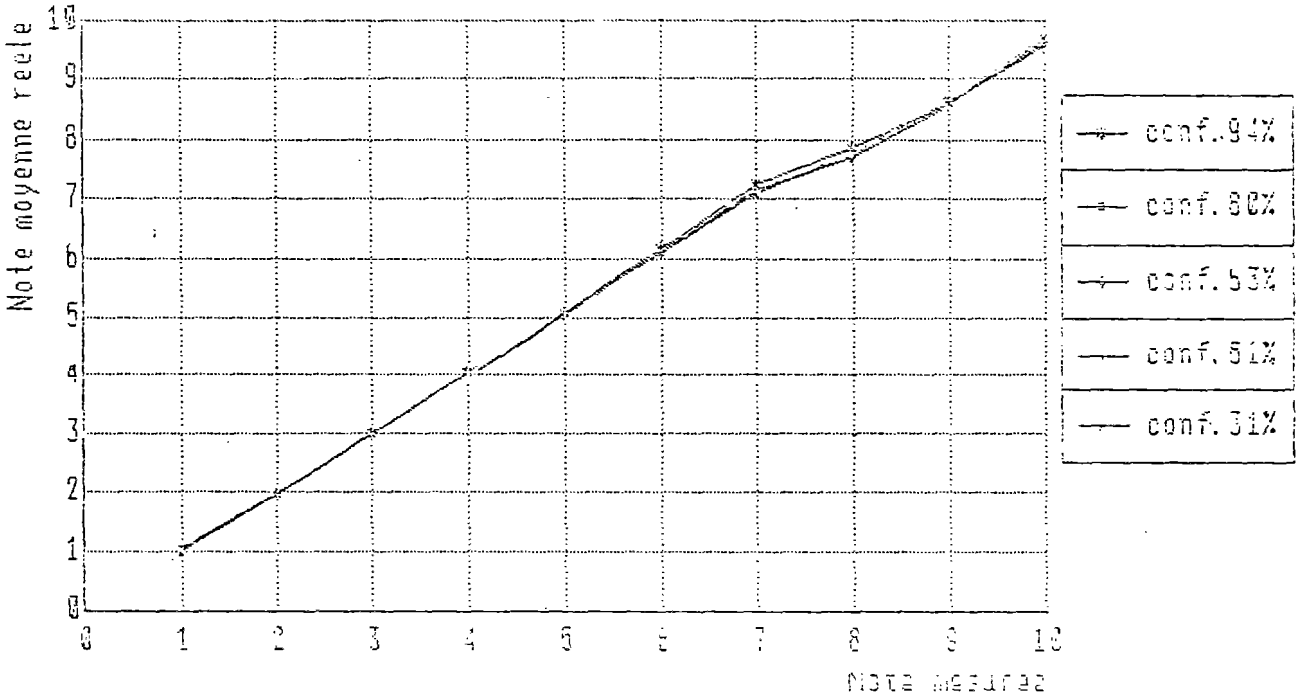
NOTE OBTENUE	NOTE VRAIE (%) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.00	41.85	8.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.95	68.71	30.33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.05	11.70	82.01	6.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	12.42	81.21	6.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	12.[illegible]	81.17	6.43	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	10.56	84.41	5.03	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.86	83.72	5.42	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.24	89.95	2.80	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.12	91.28	2.60
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.90	92.10
DISTRIBUTIONS NORMALES POUR :										
NOTE MOY	1.56	2.20	2.94	3.94	4.94	5.94	6.95	7.96	8.96	9.92
EC.TYP.(N)	0.54	0.43	0.42	0.43	0.43	0.39	0.40	0.32	0.29	0.27
DNOTE MOY		0.71	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	0.96
EC.TYP.(DN)		0.60	0.54	0.60	0.61	0.58	0.56	0.51	0.43	0.40

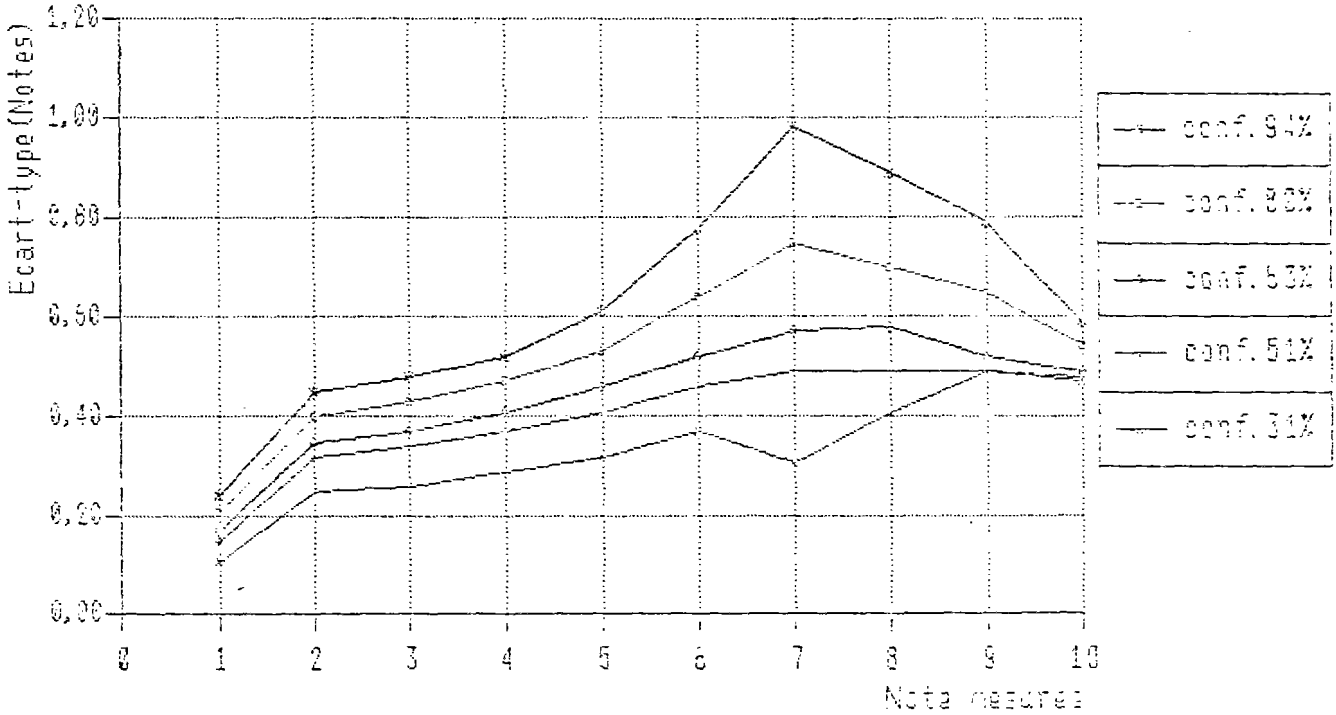
ANNEXE I

7. Relation entre les notes mesurées et les notes réelles (figures) - (§ 3.5.4.)

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

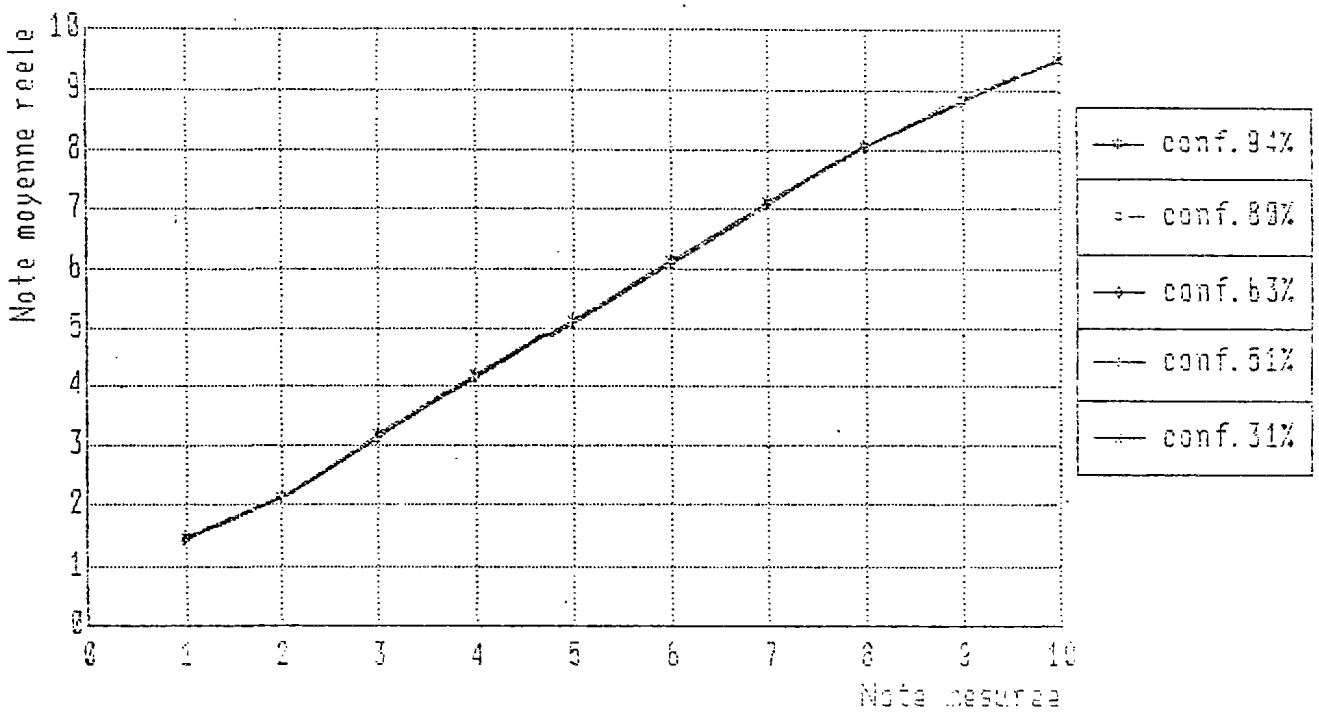
Donnees BDR - Petites ondes

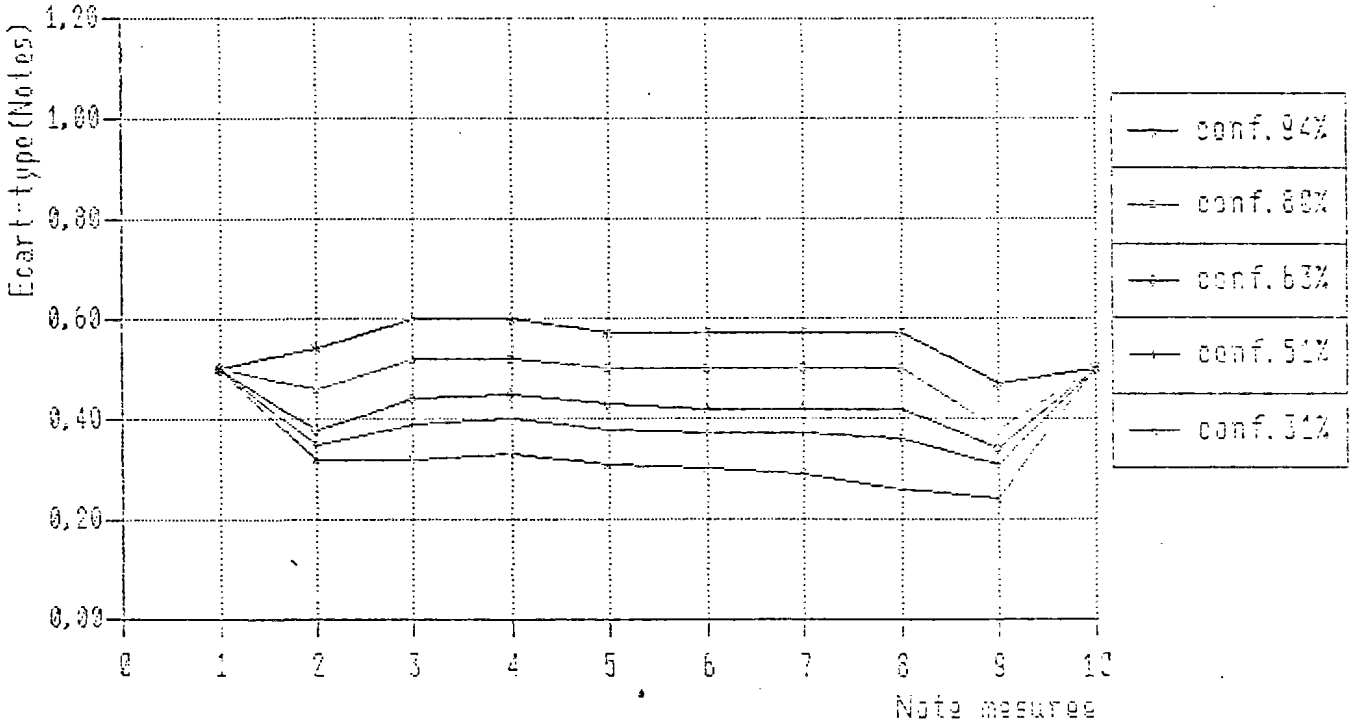




Distribution des valeurs reeles en fonction des valeurs mesurees

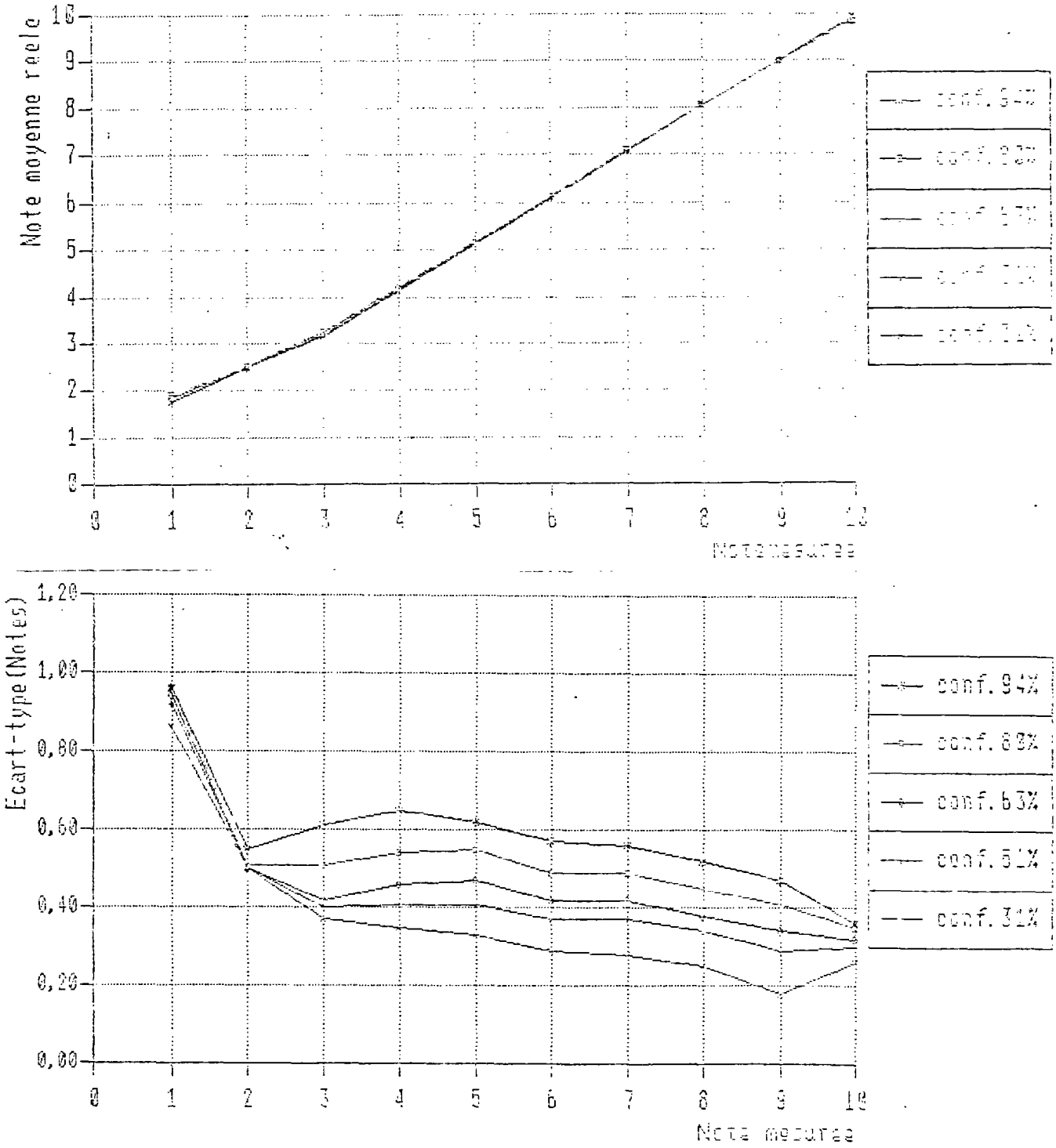
Donnees BDR - Ondes moyennes





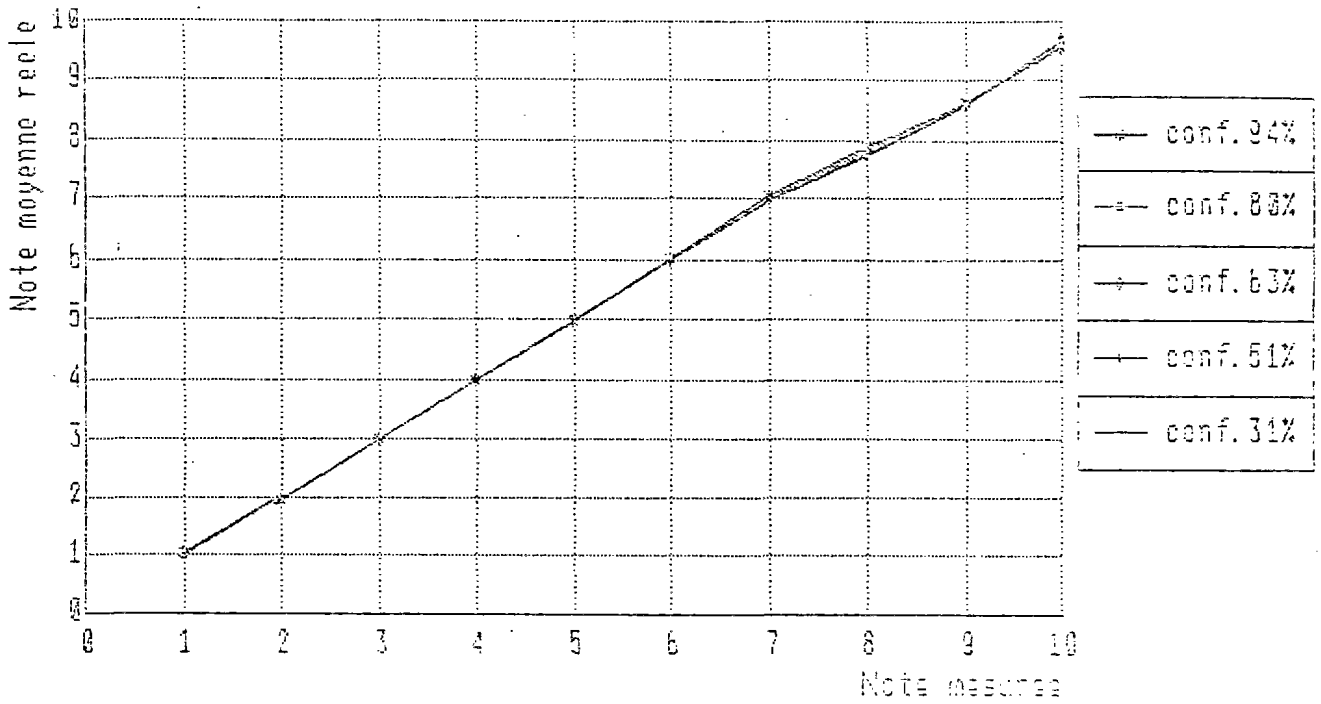
Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

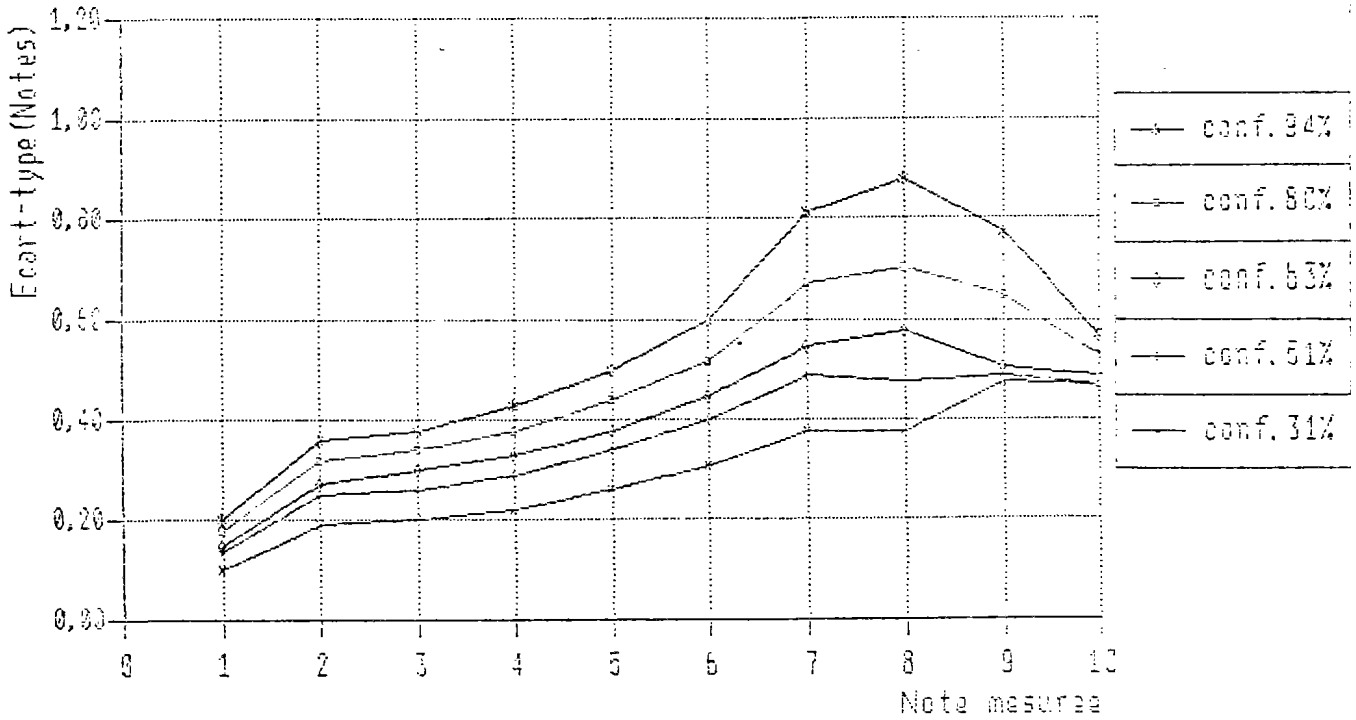
Donnees SDR - Grandes ondes



Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

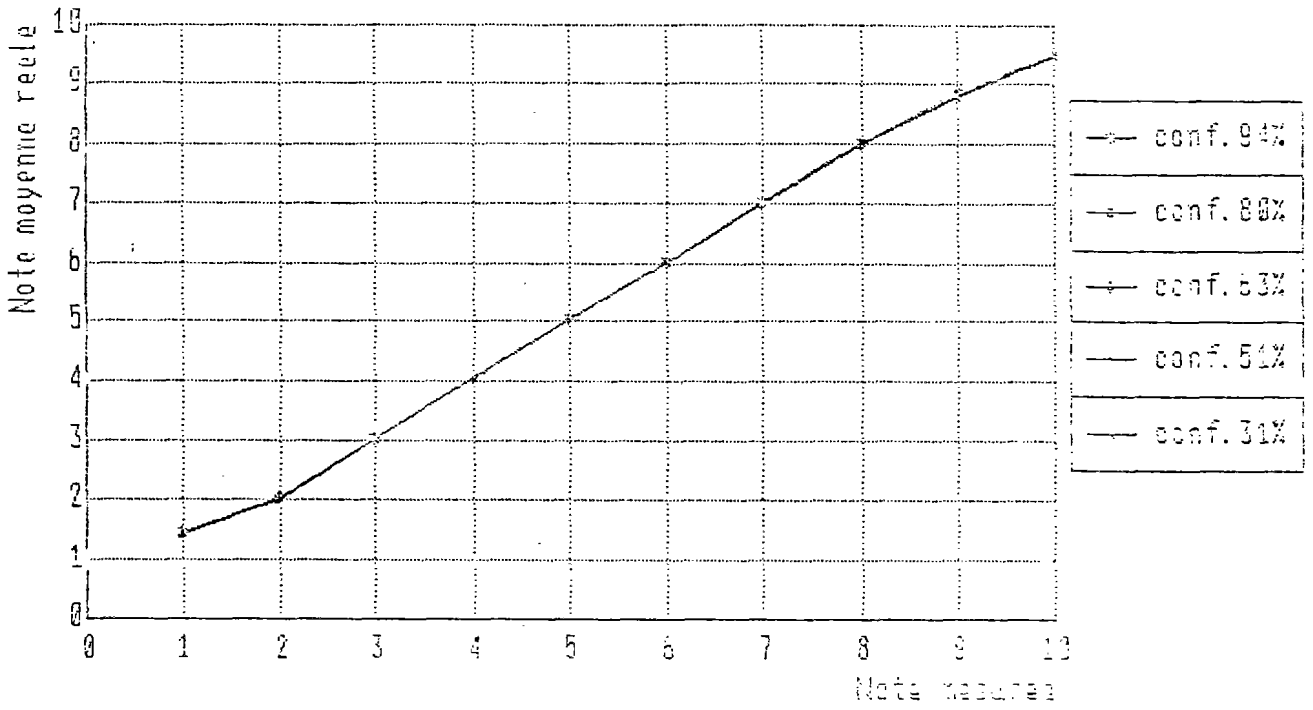
Donnees ST - Petites ondes

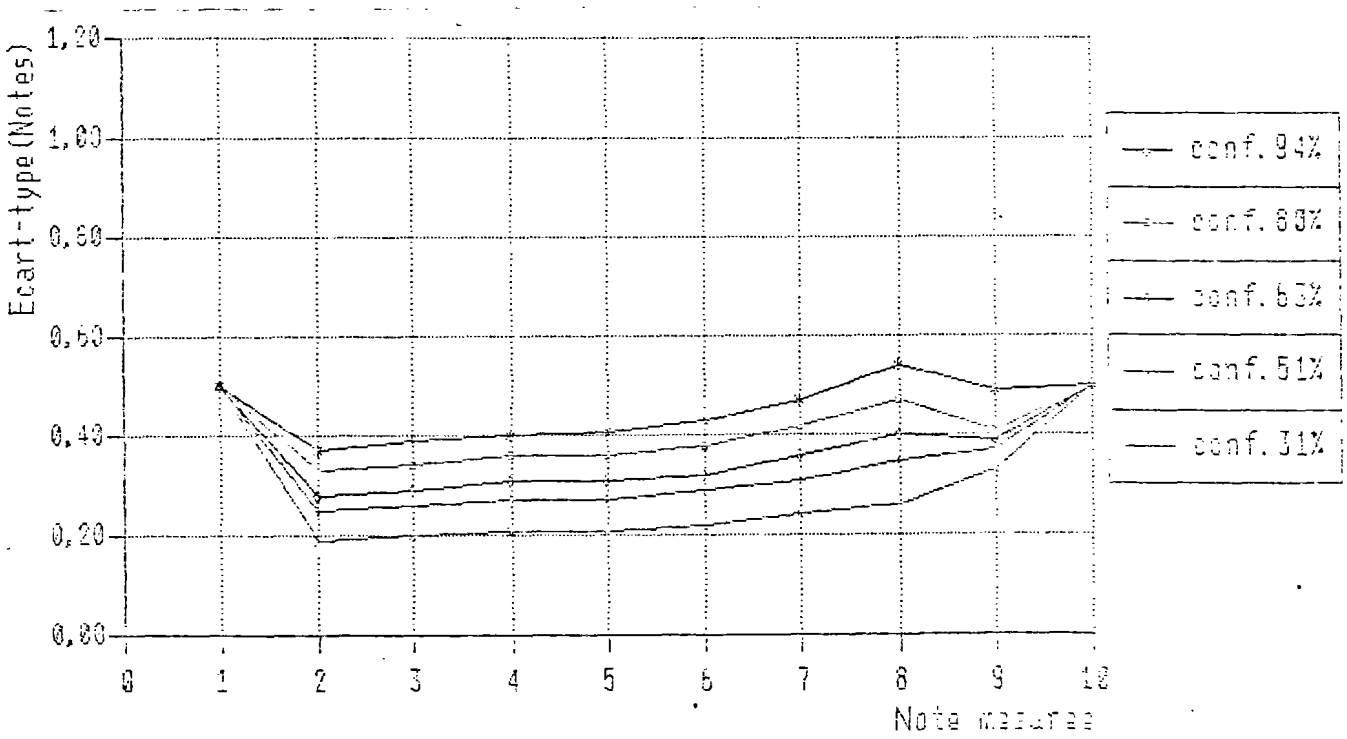




Distribution des valeur reeles en fonction des valeurs mesurees

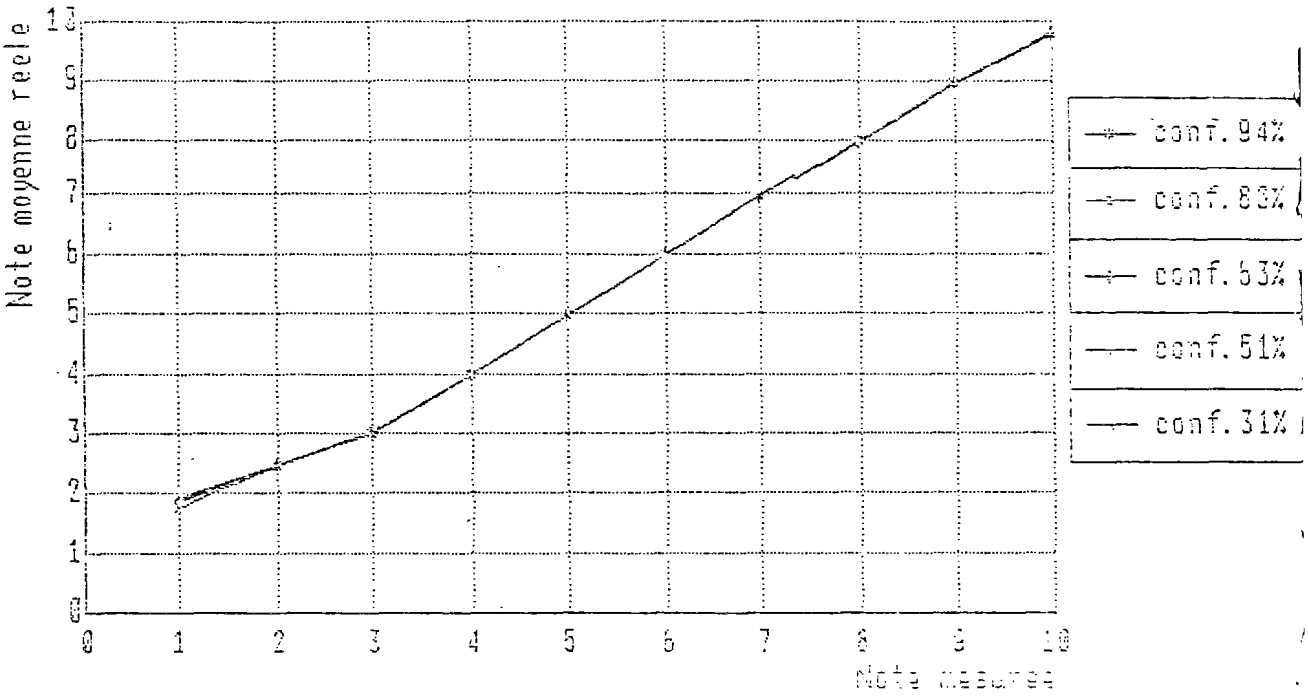
Donnees ST - Ondes moyennes

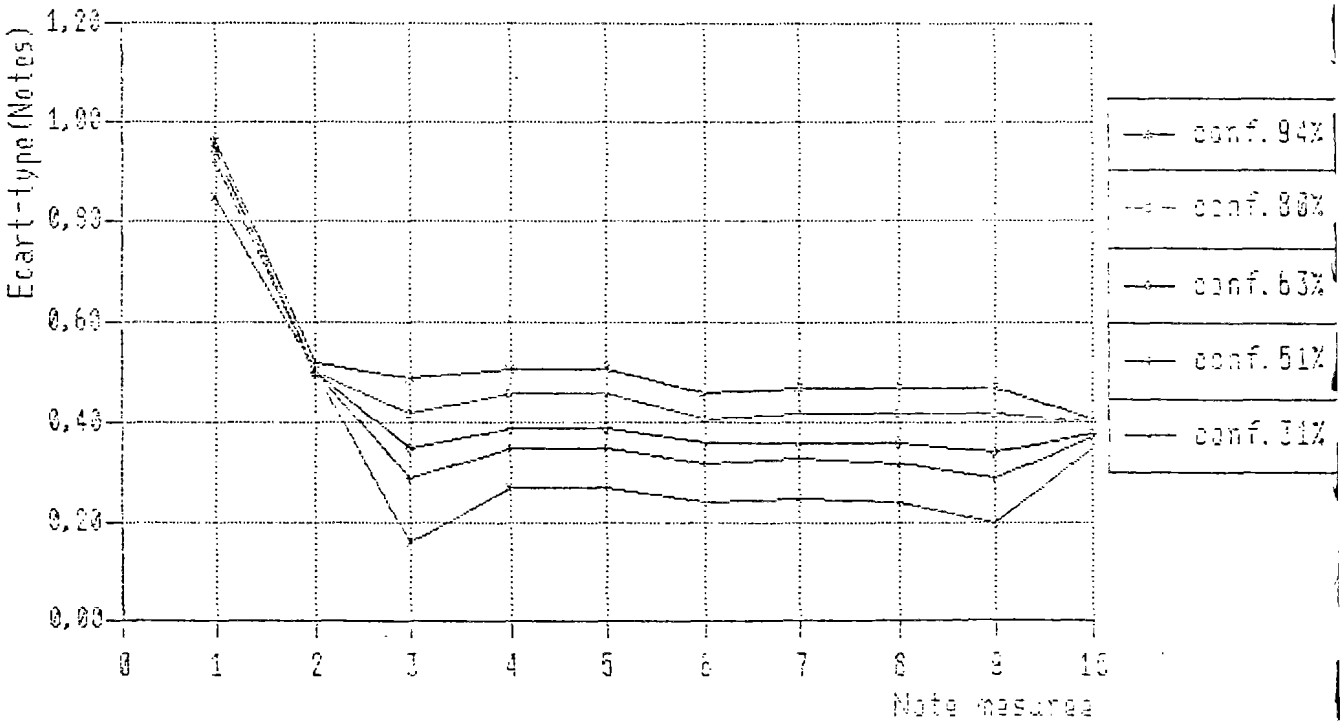




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

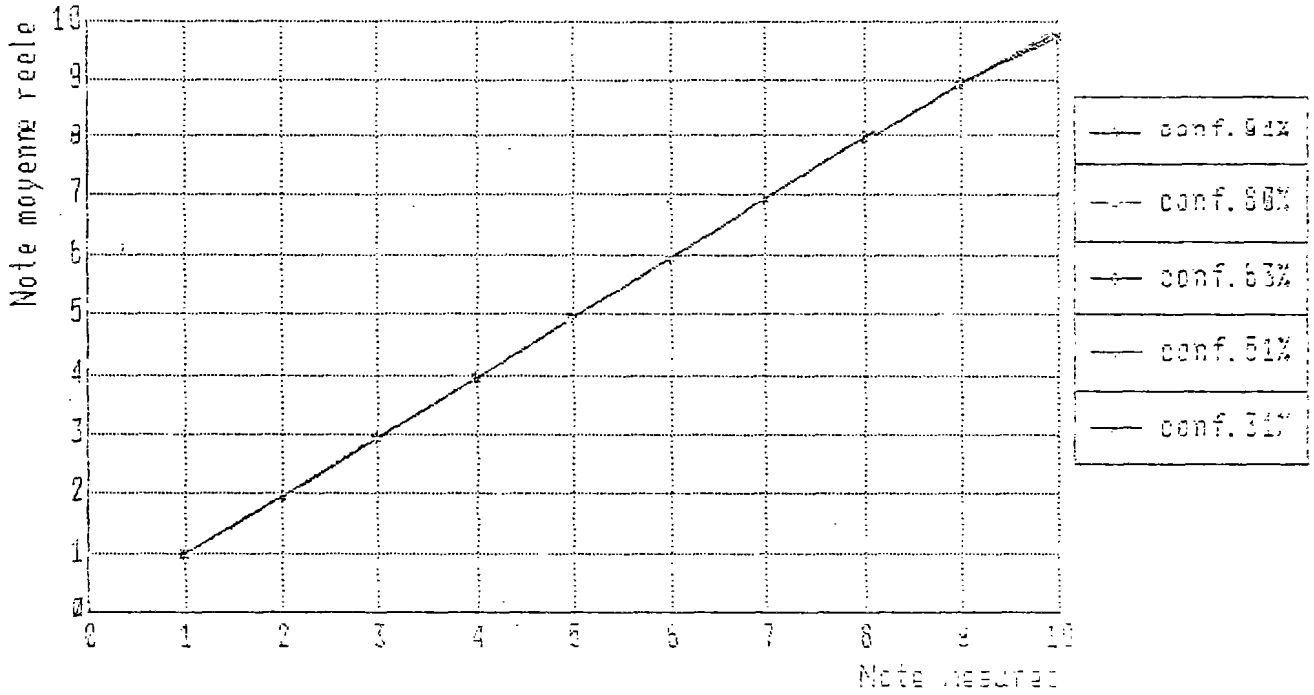
Donnees 5T - Grandes ondes

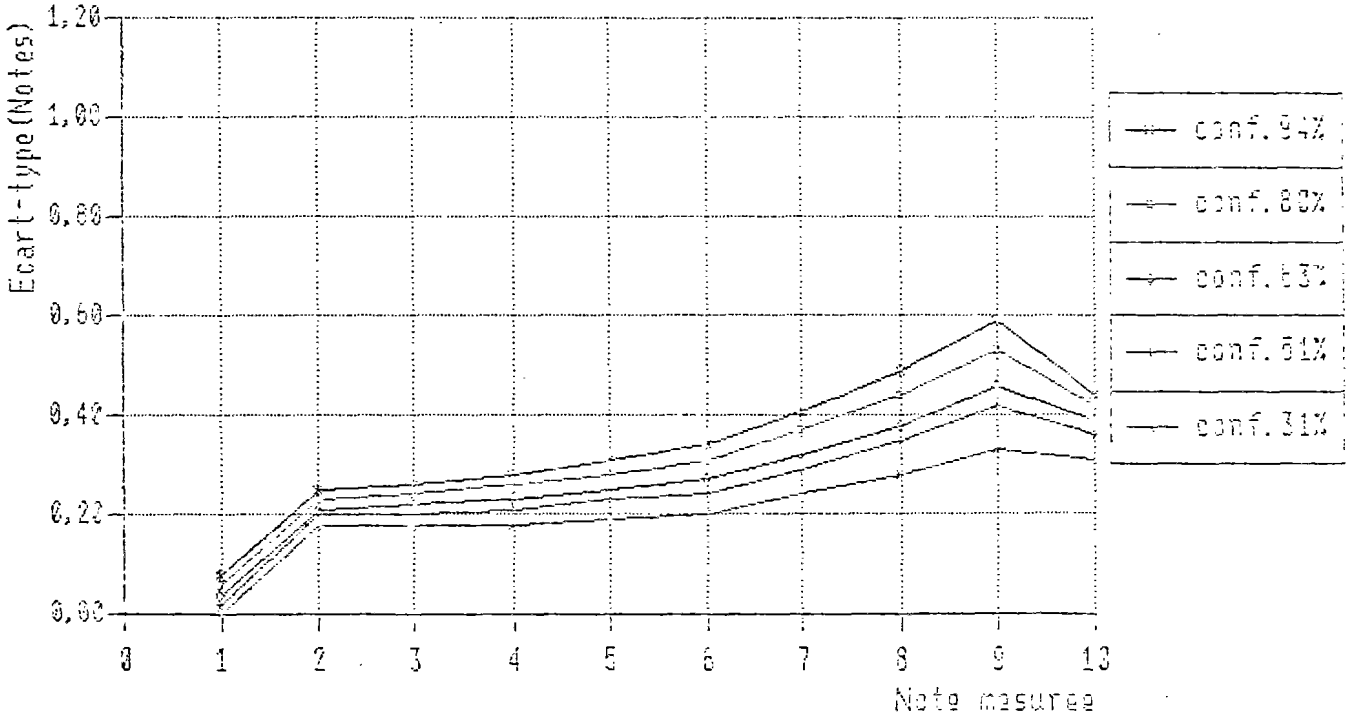




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

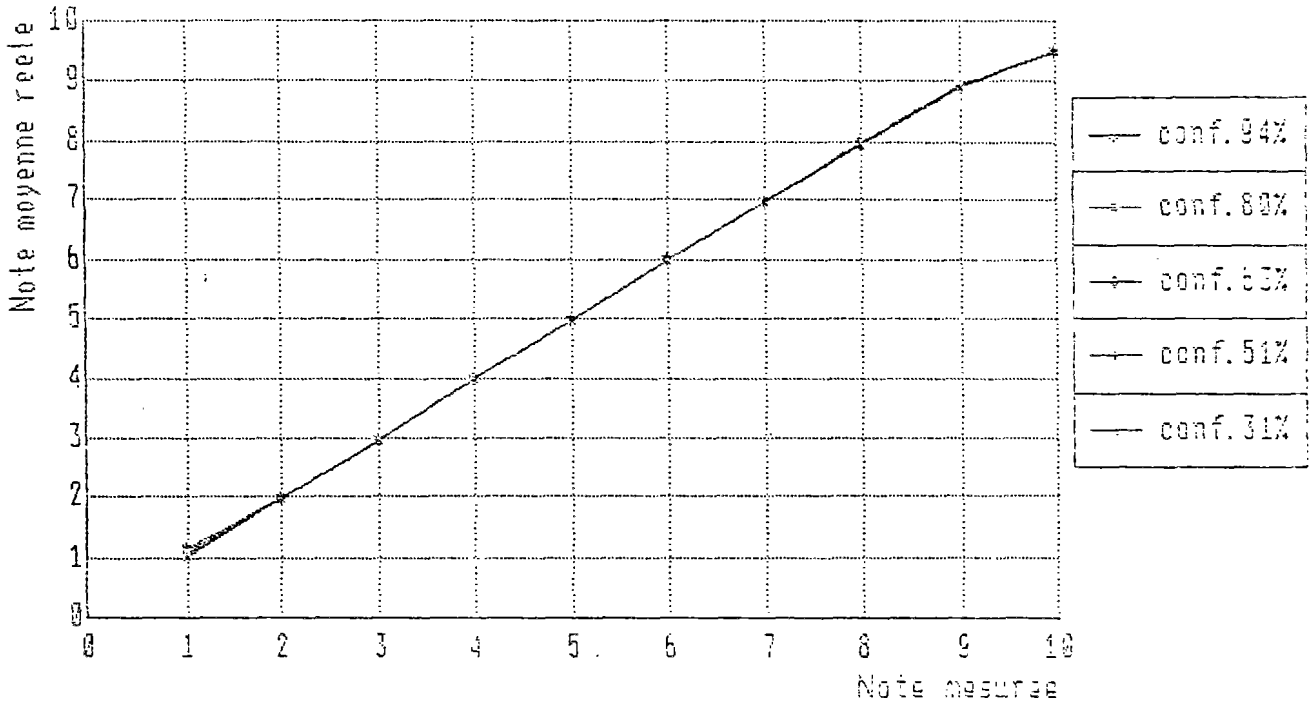
FT constante - Petites ondes

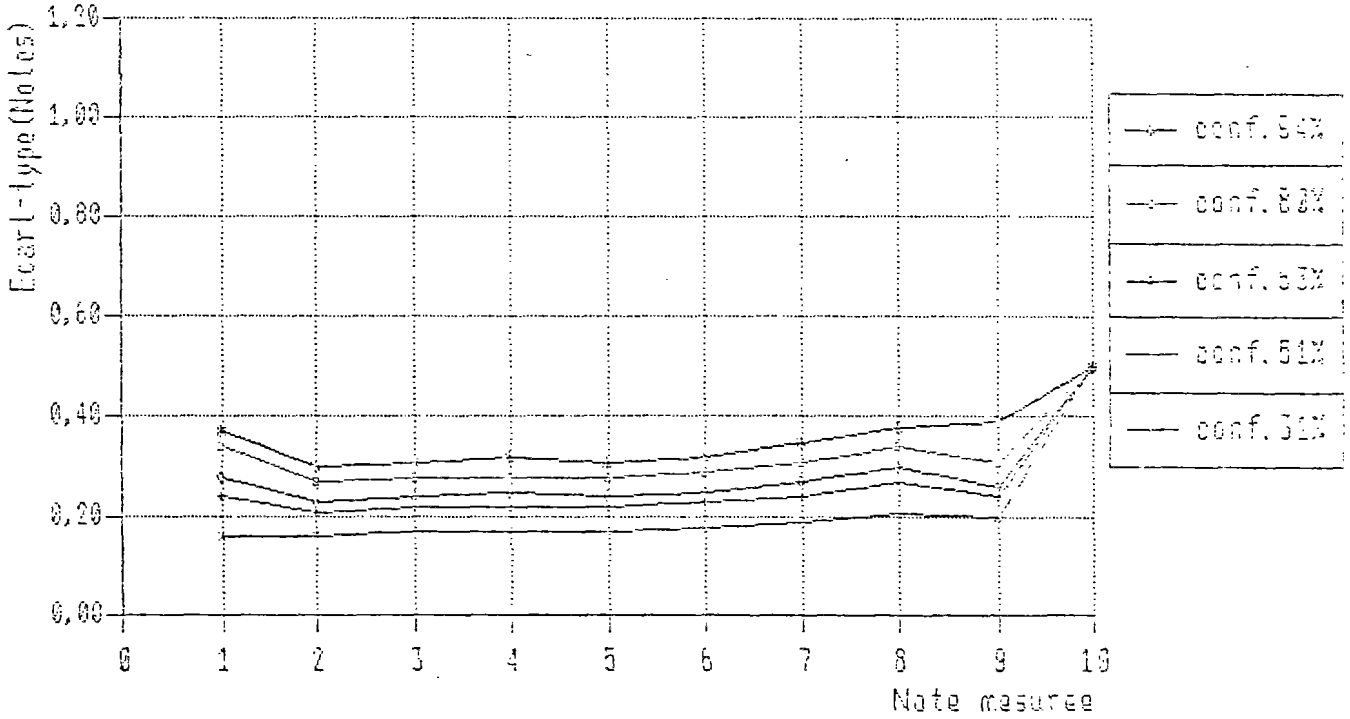




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

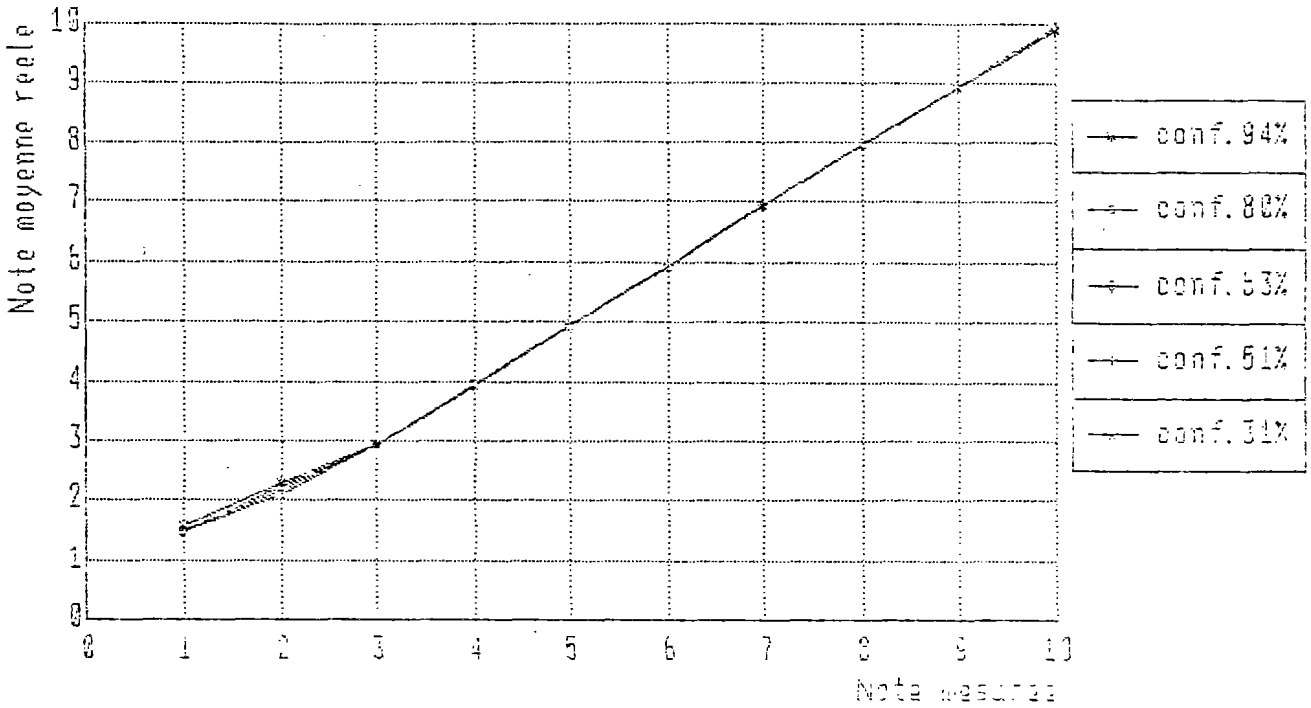
FT constante - Ondes moyennes

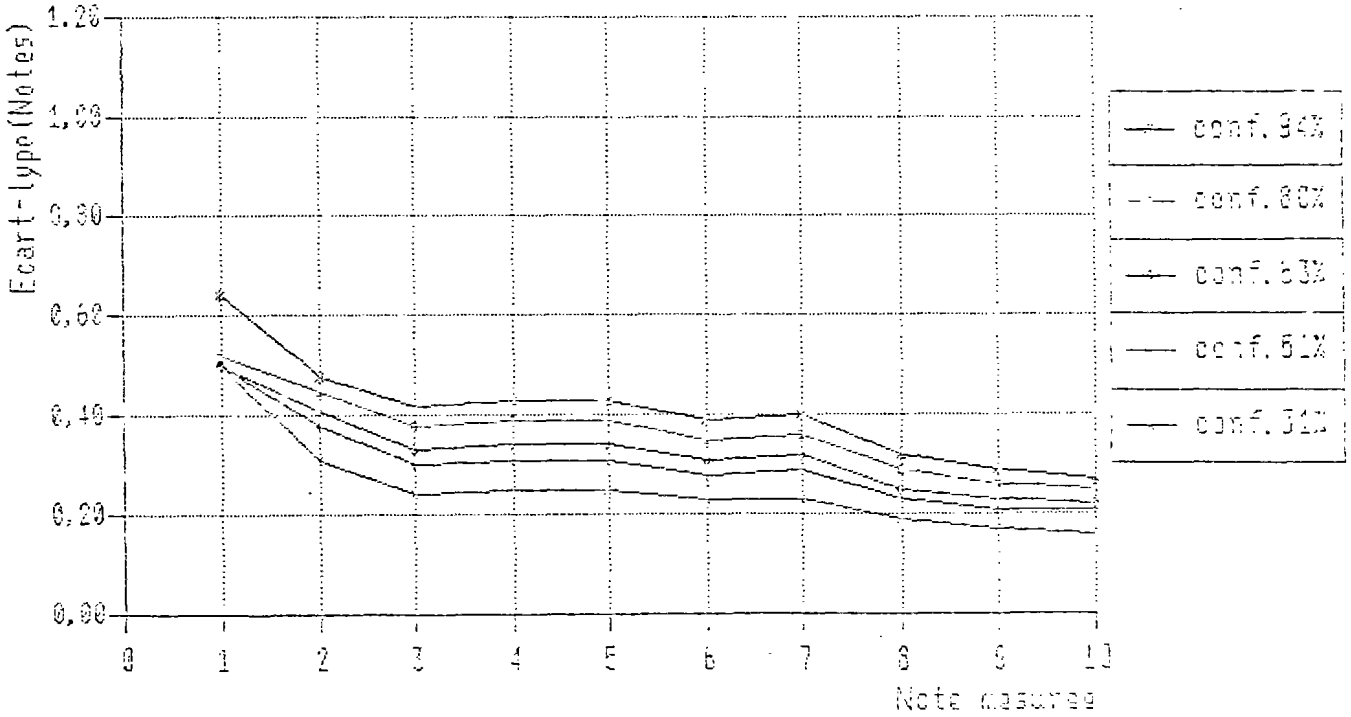




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

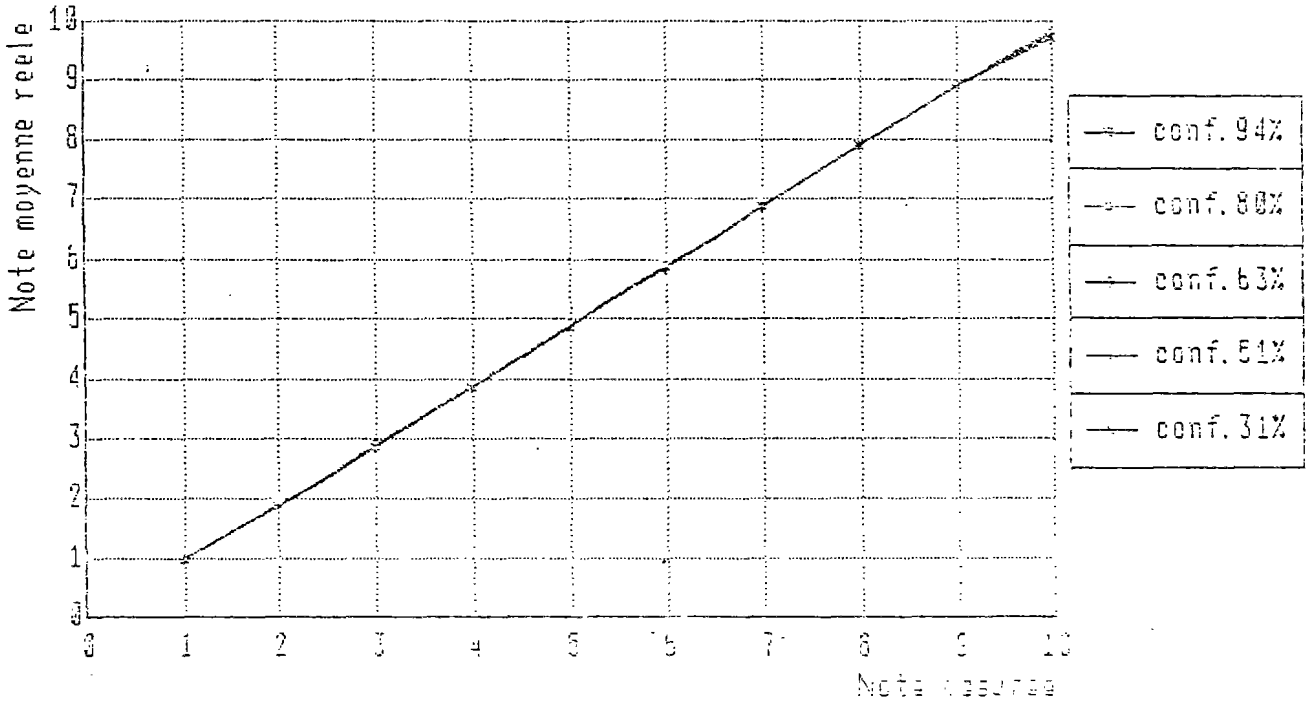
FT constante - Grandes ondes

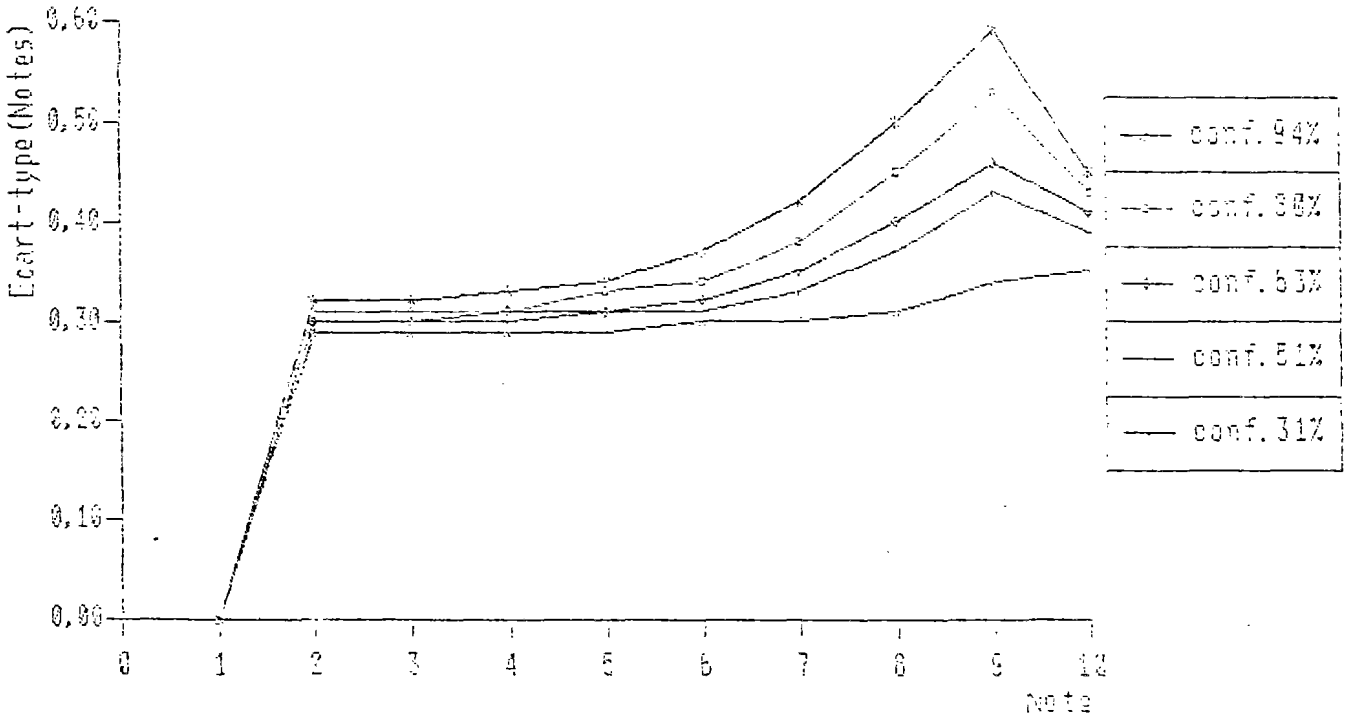




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

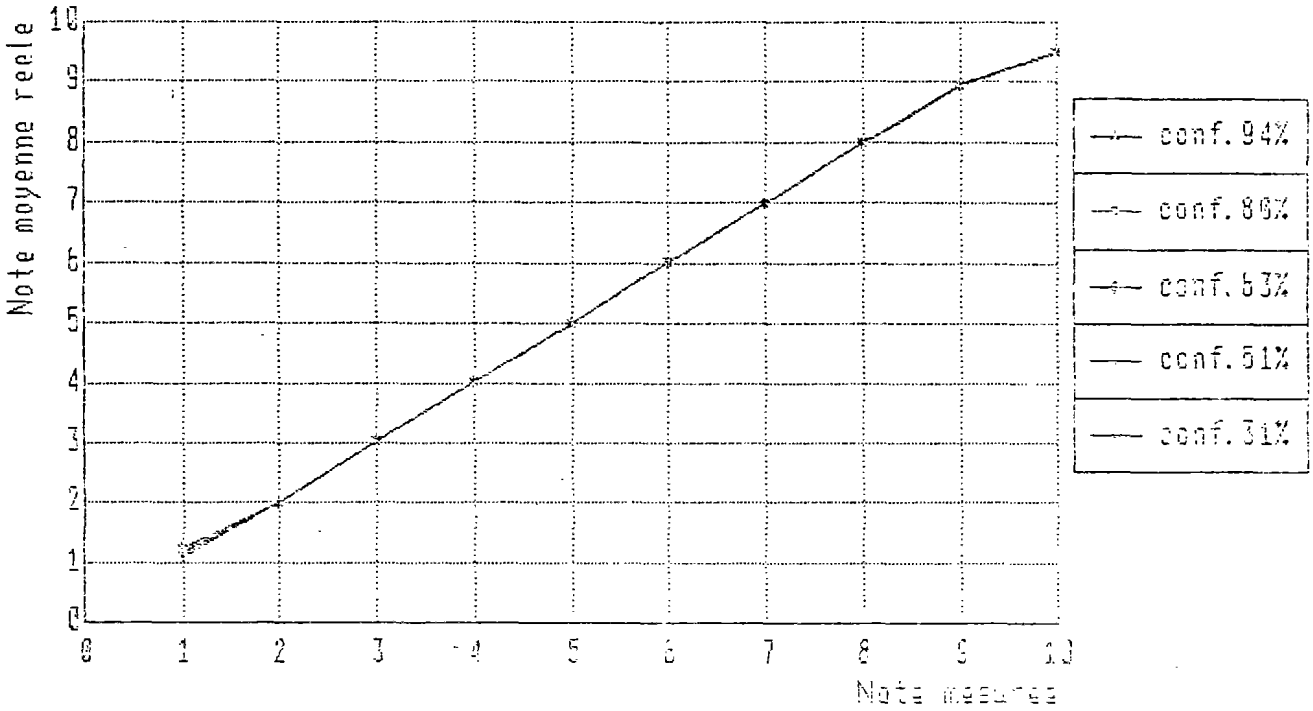
FT/1977 - Petites ondes

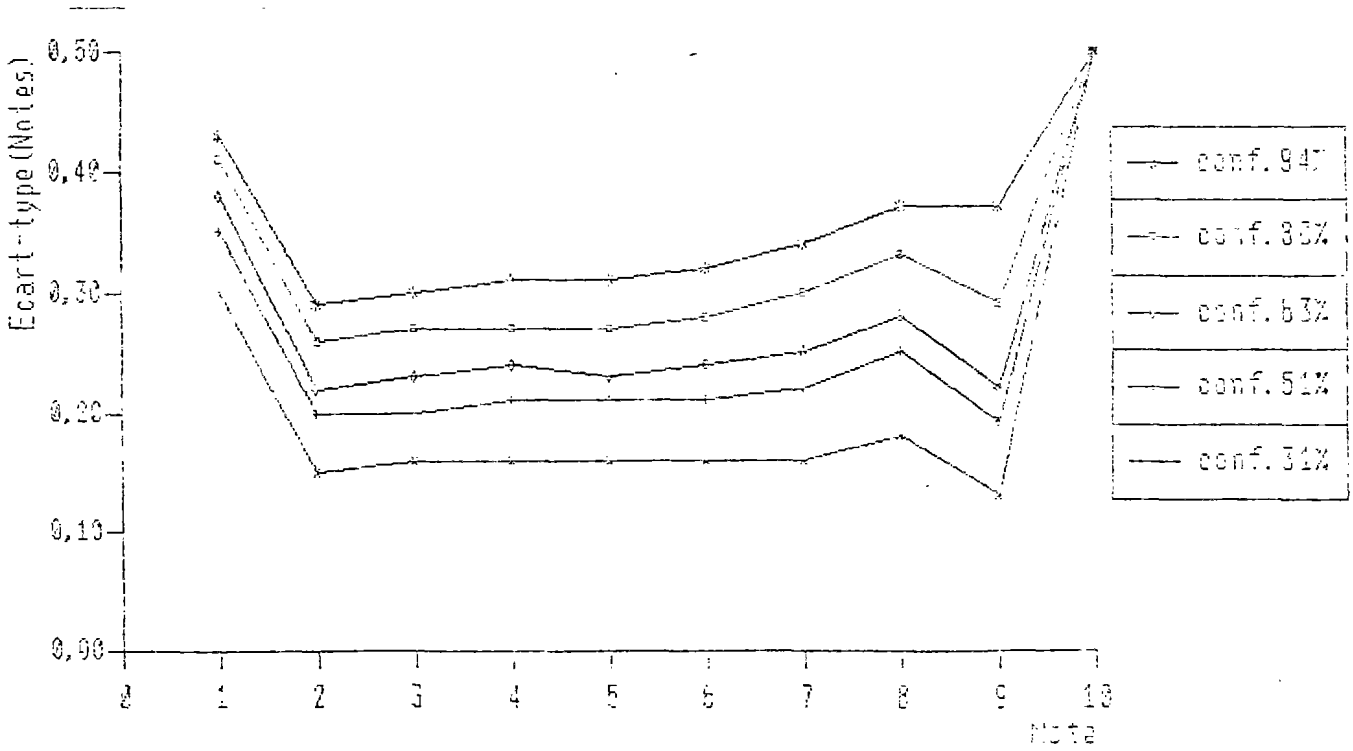




Distribution des valeurs reeles en fonction des valeurs mesurees

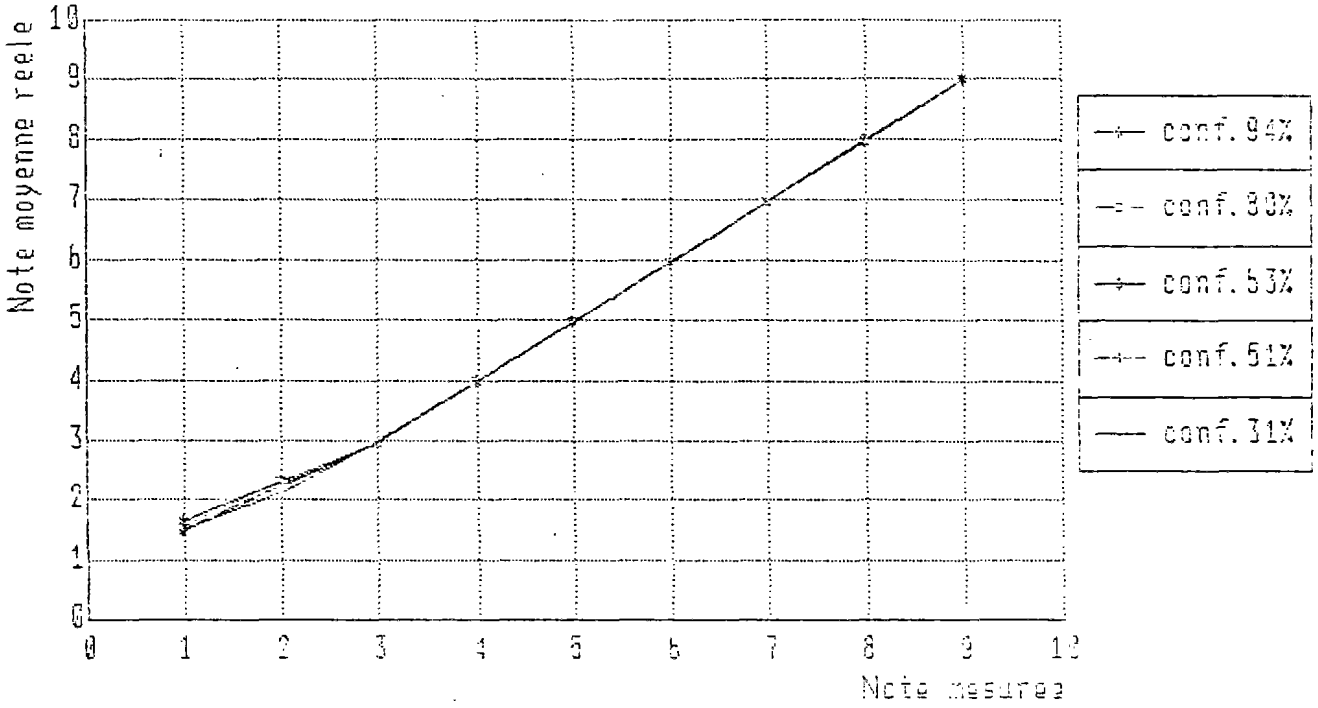
FT/1977 - Ondes moyennes

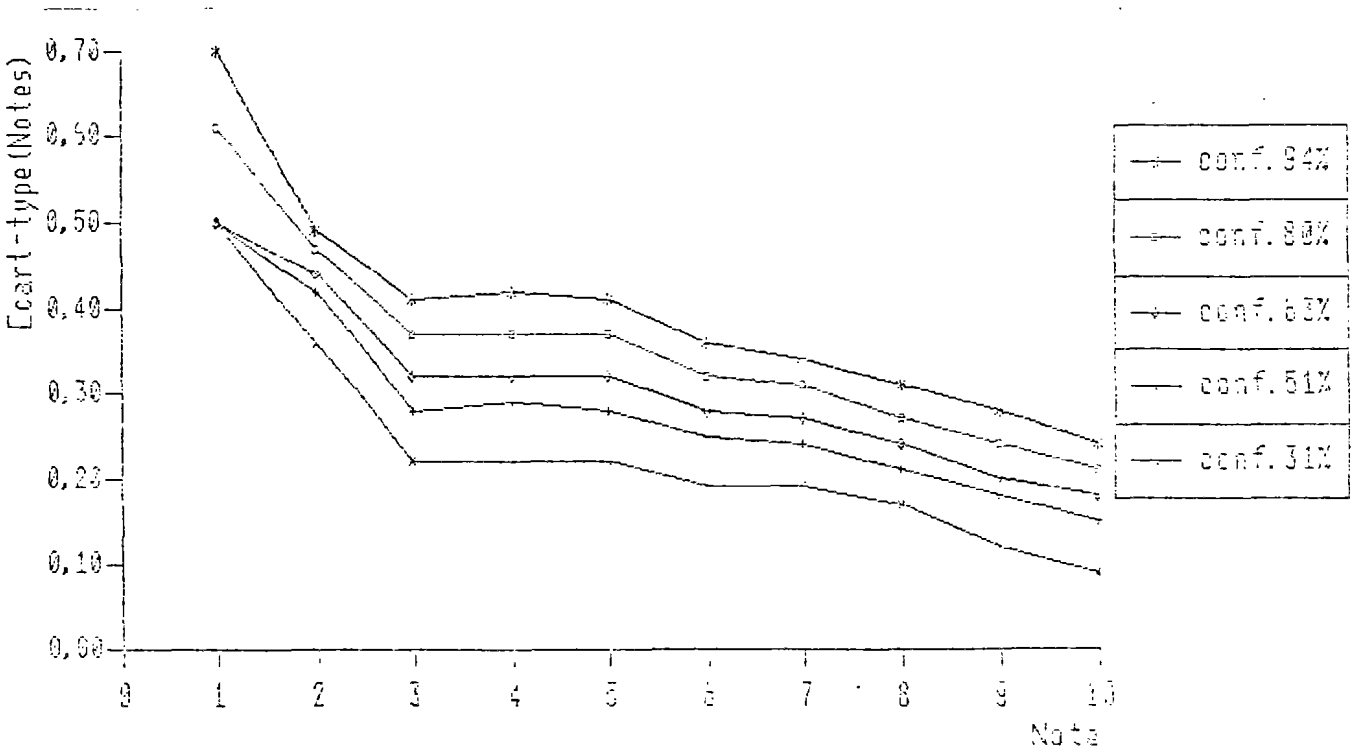




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

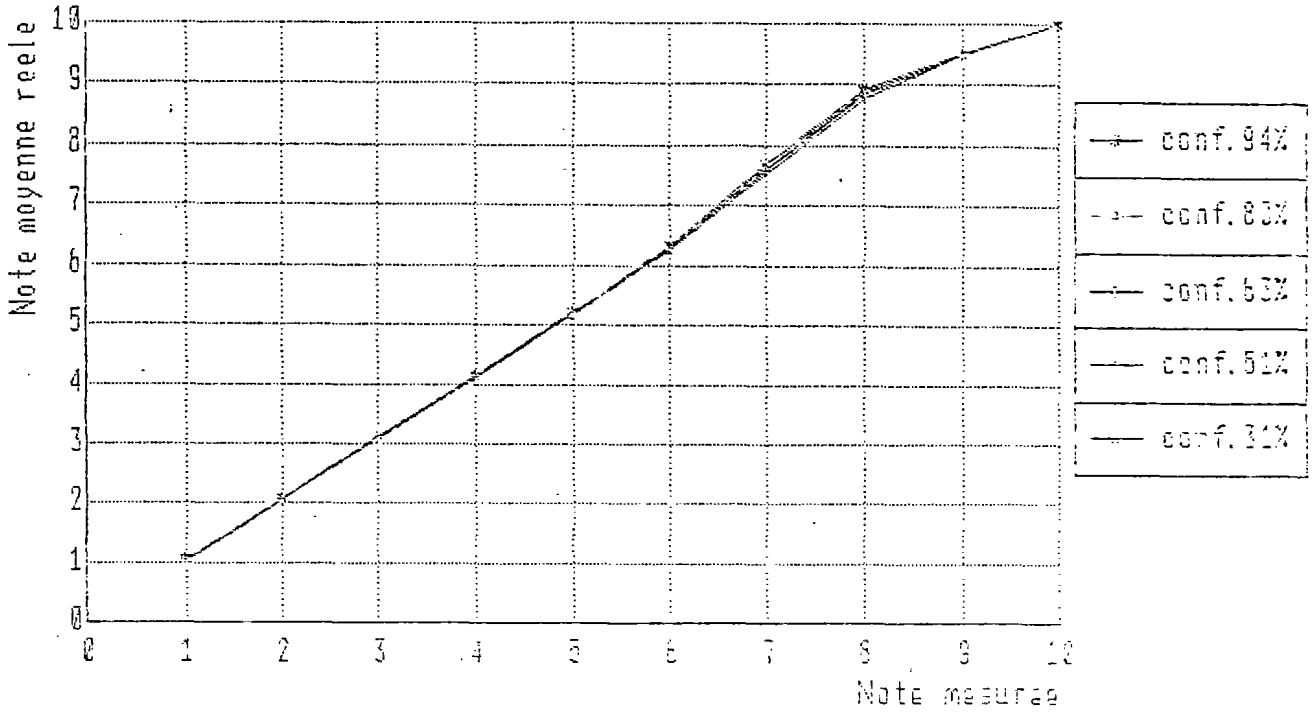
FT/1977 - Grandes ondes

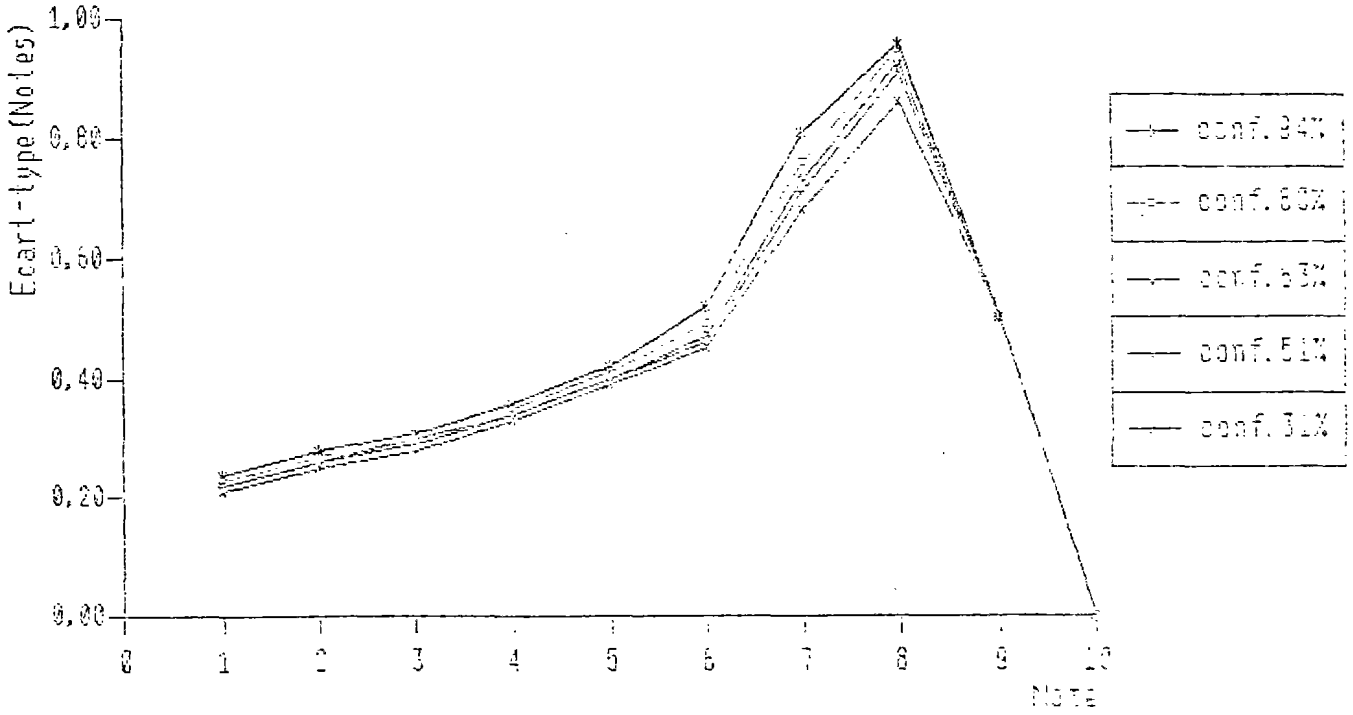




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

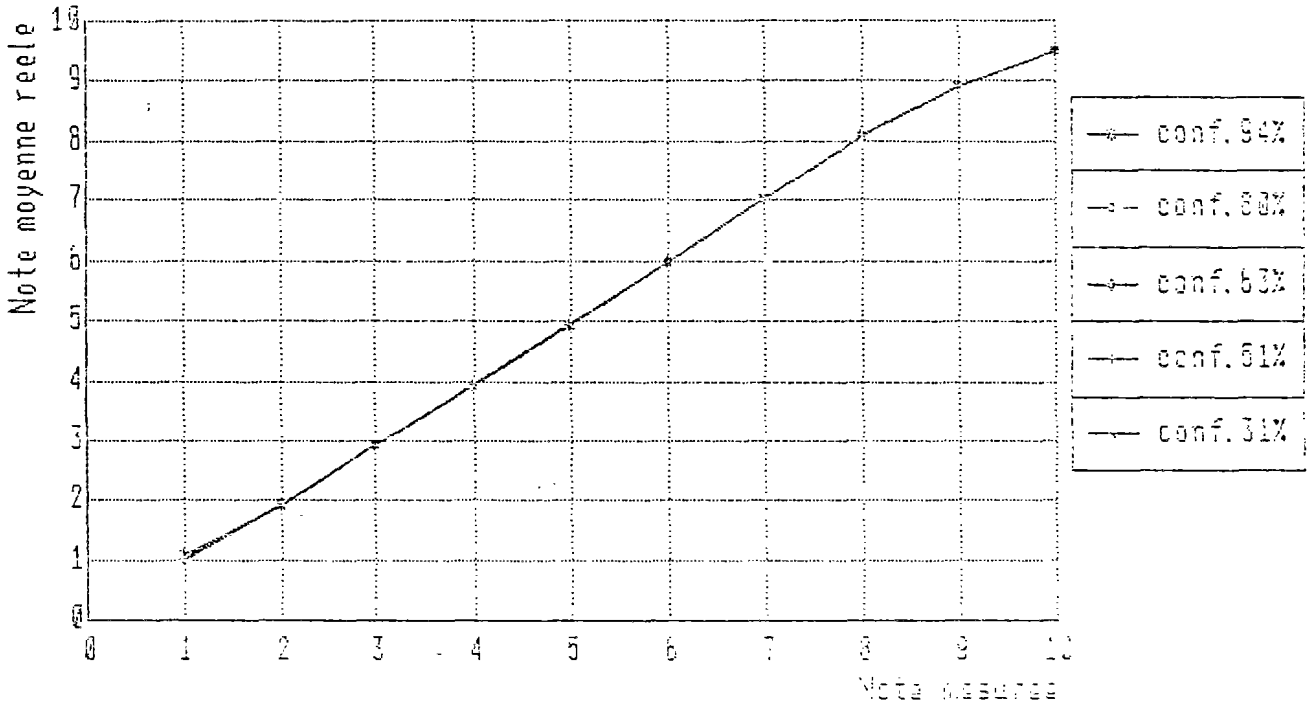
FT/1082 - Petites ondes

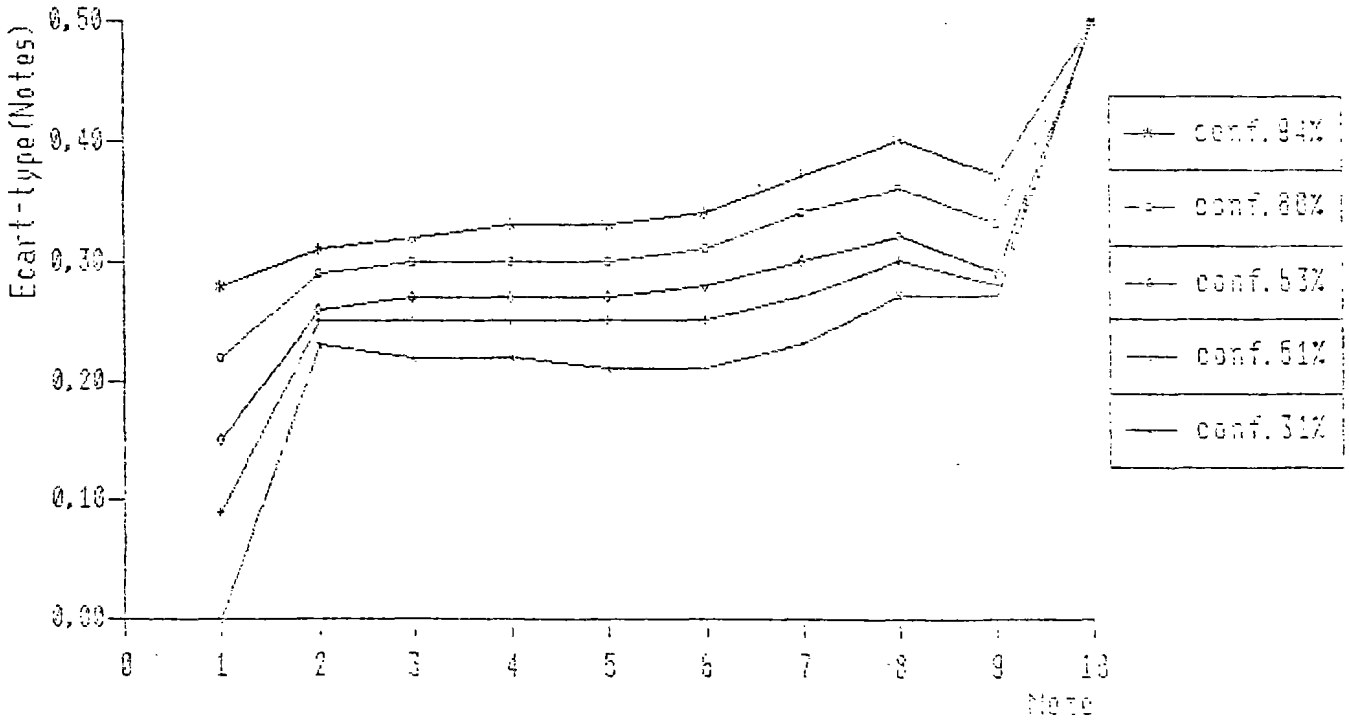




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

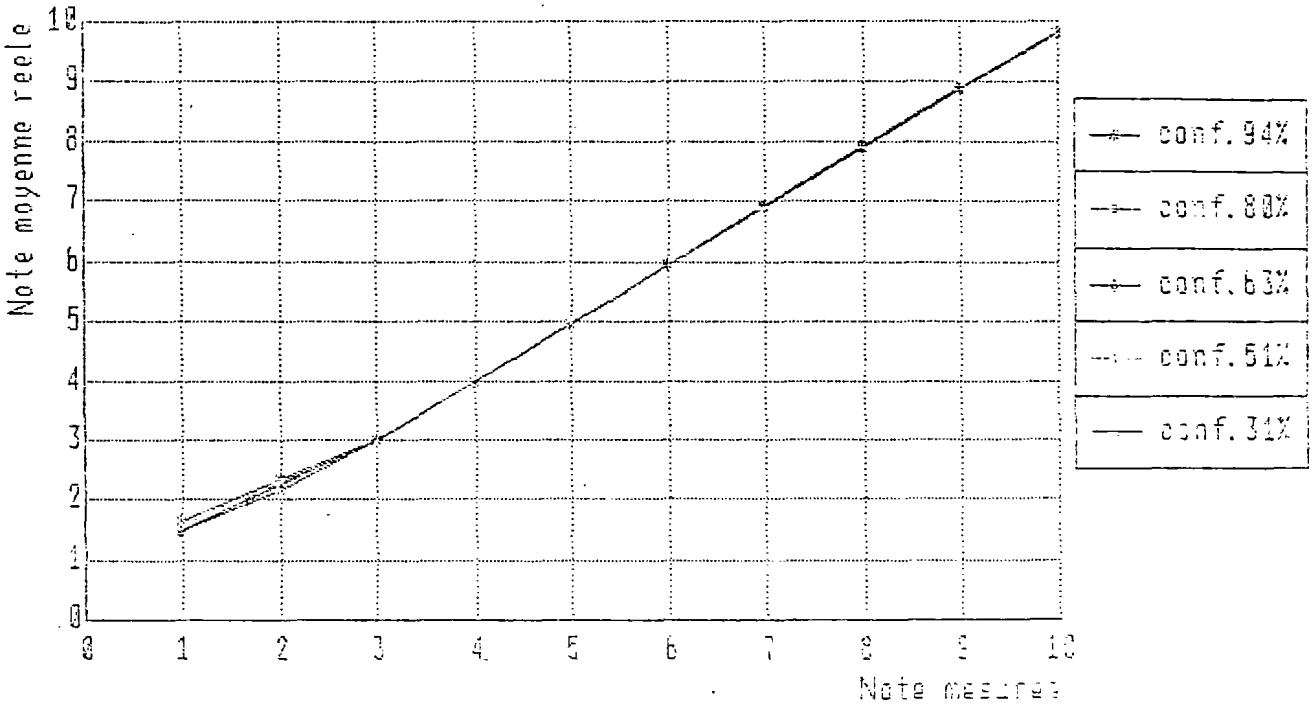
FT/1982 - Ondes moyennes

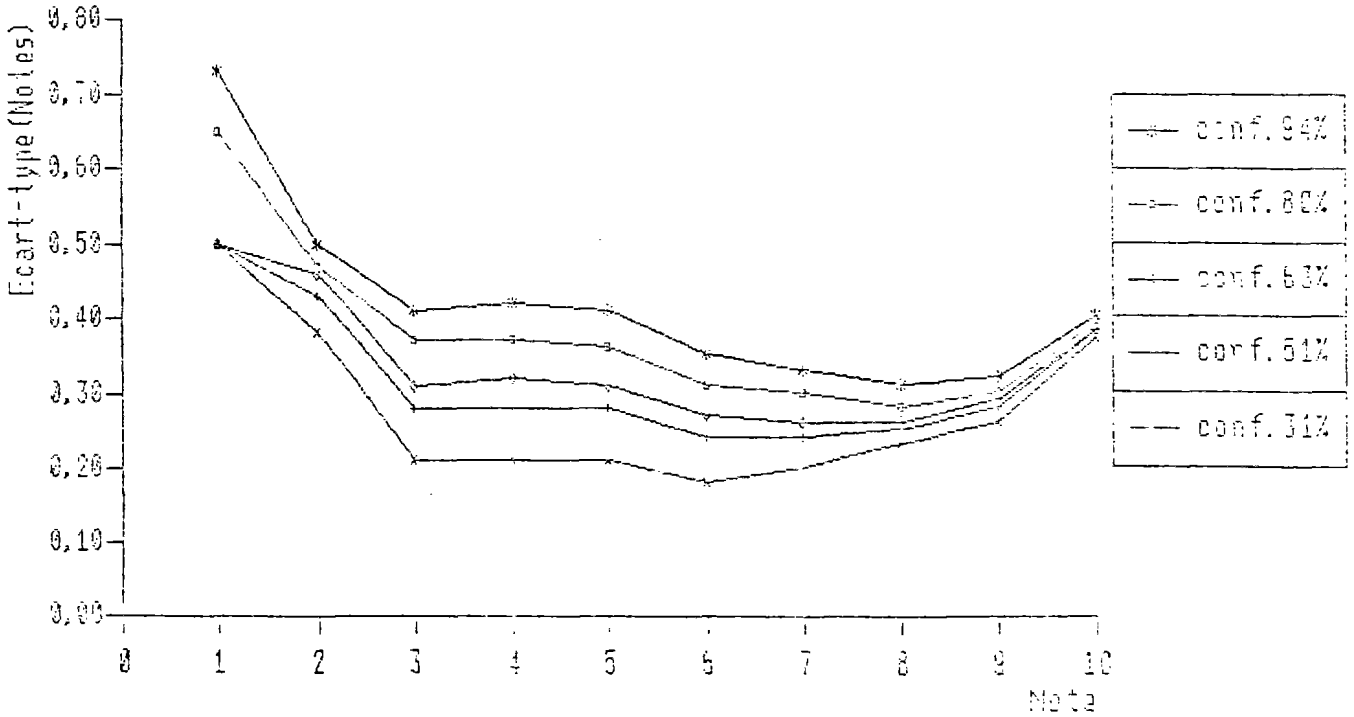




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

FT/1982 - Grandes ondes



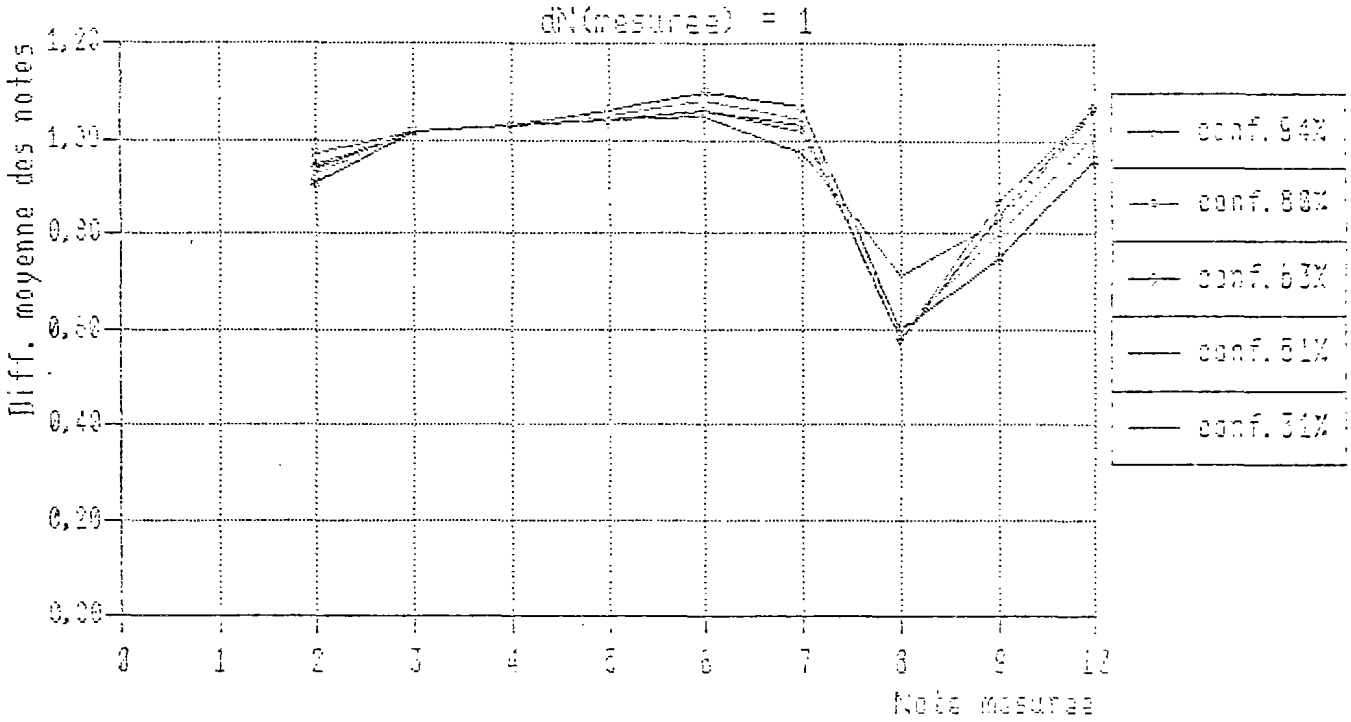


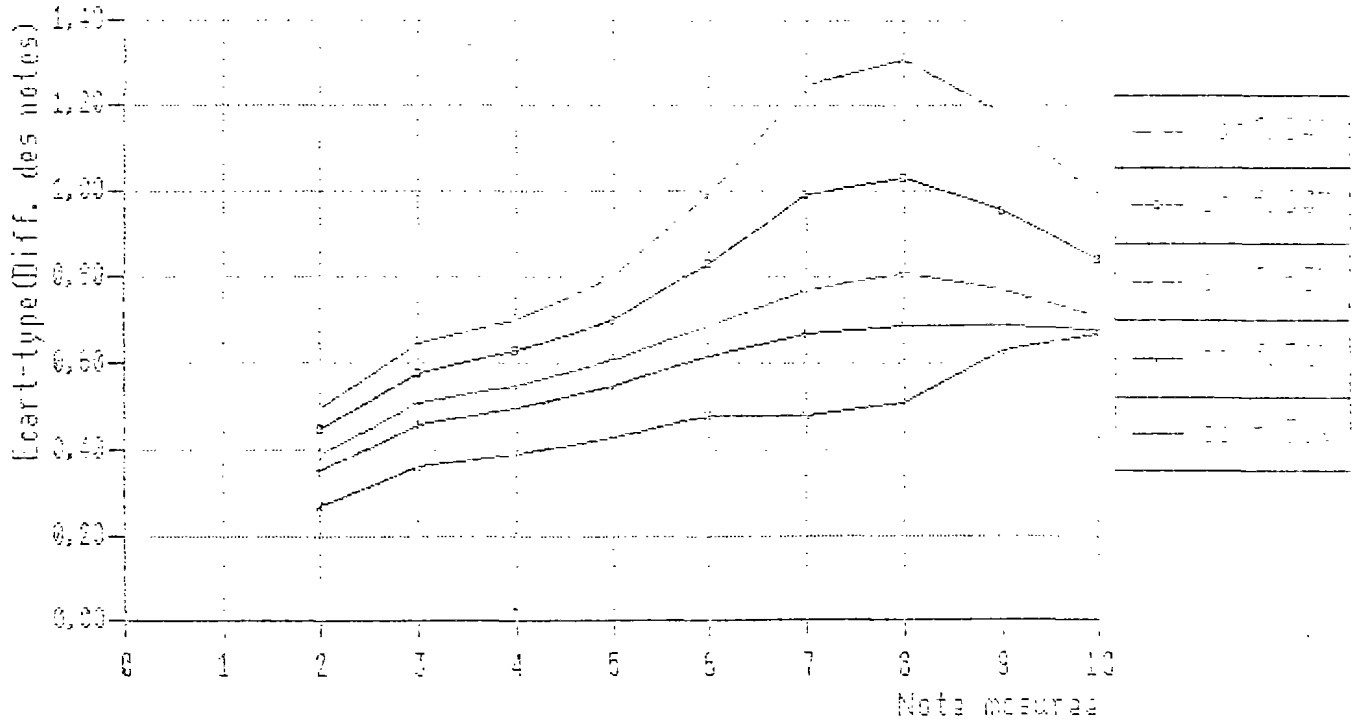
ANNEXE I

8. Distributions des différences des notes mesures et réelles (figures) - (§ 3.5.4.)

Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

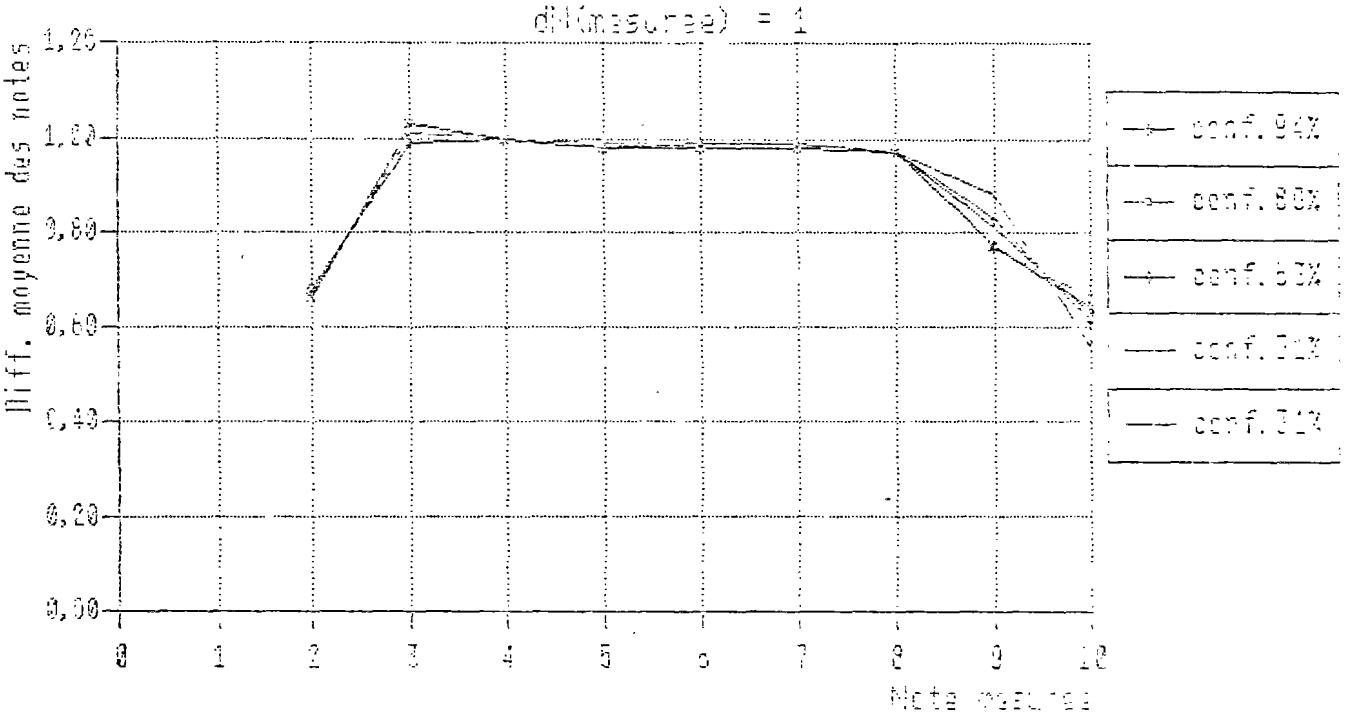
Donnees BDR - Petites ondes

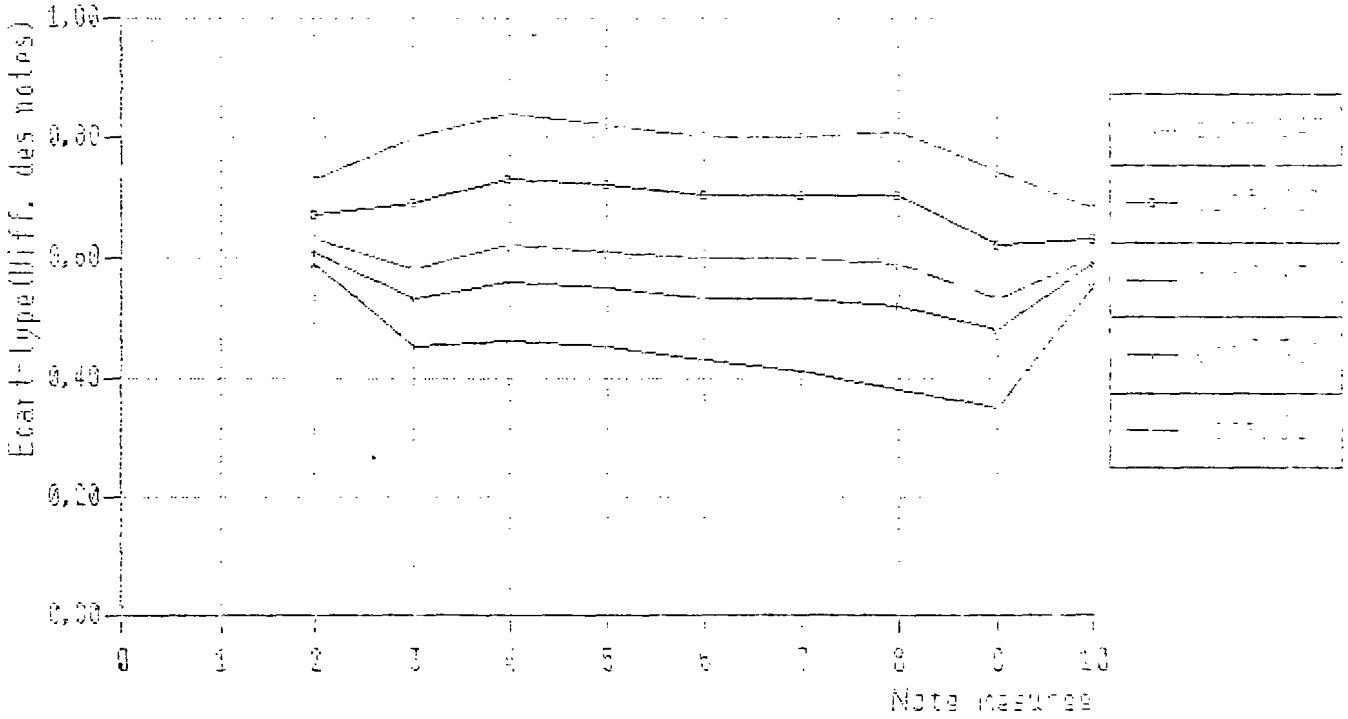




Distribution des valeurs reeles en fonction des valeurs mesurees

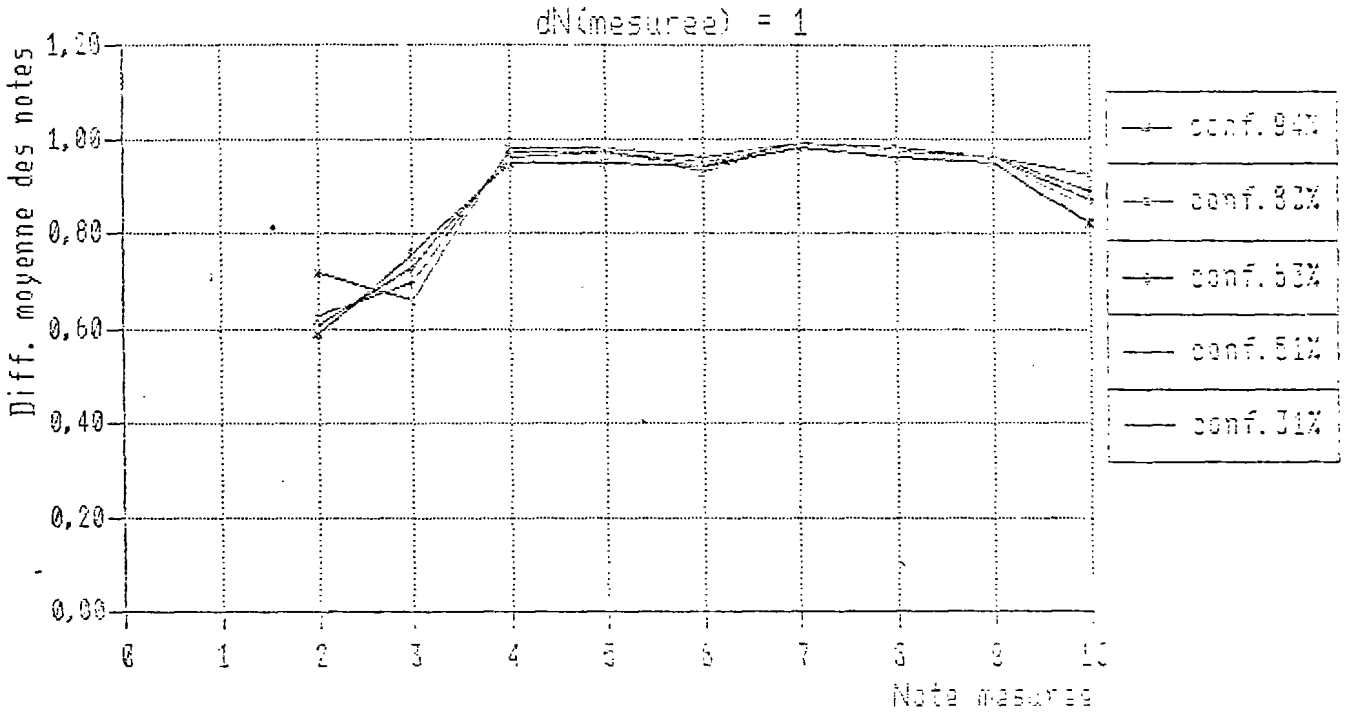
Donnees BDR - Ondes moyennes

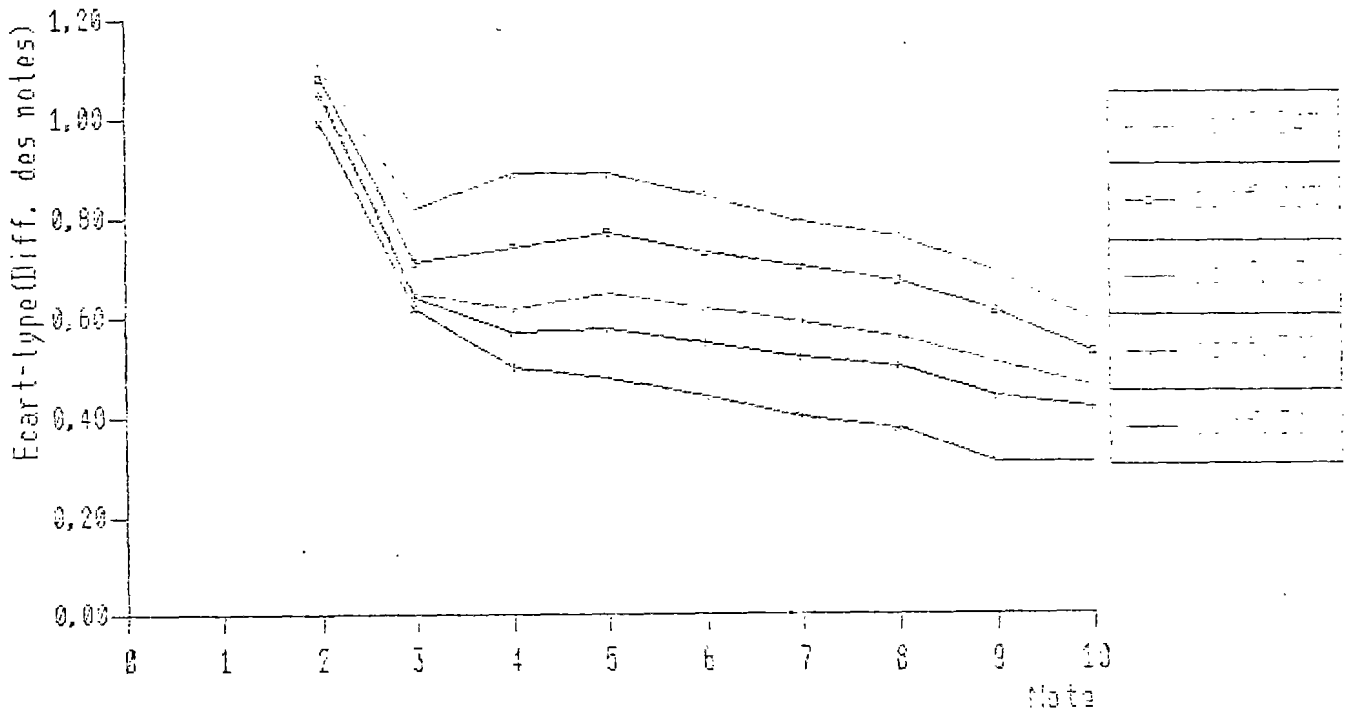




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

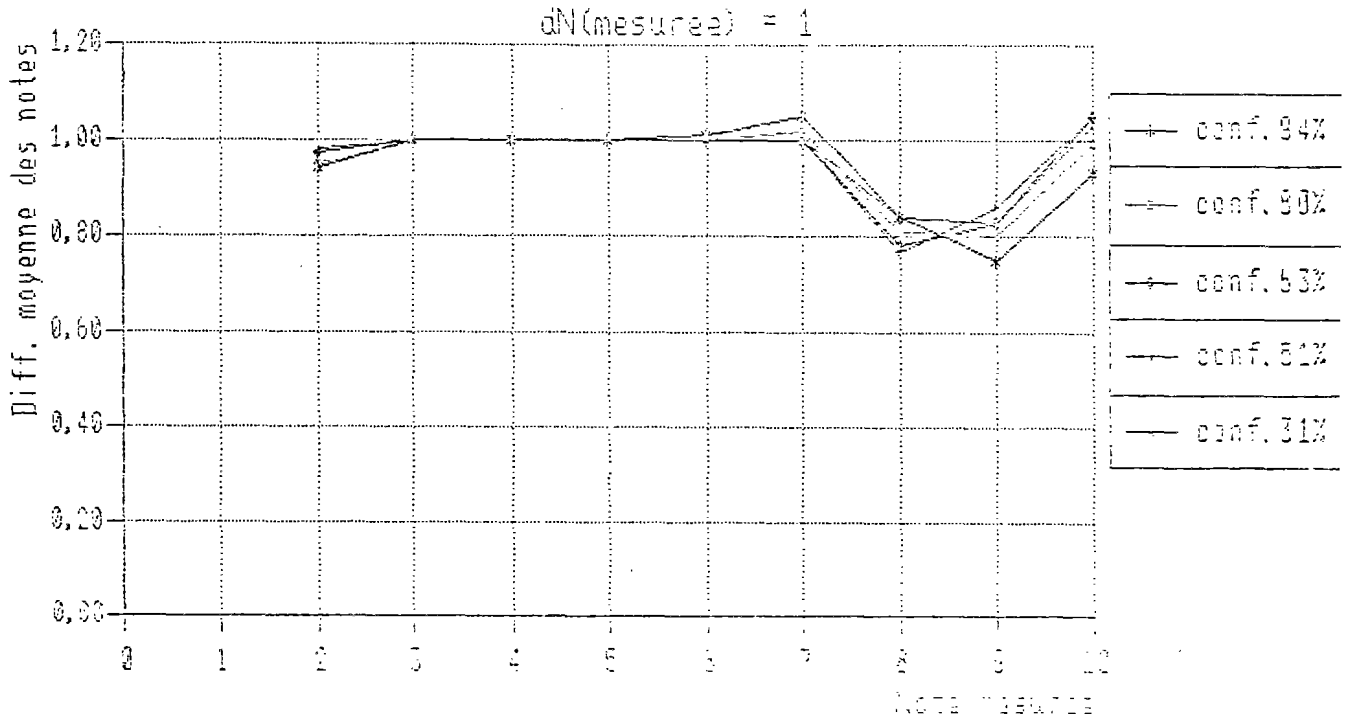
Donnees BDR - Grandes ondes

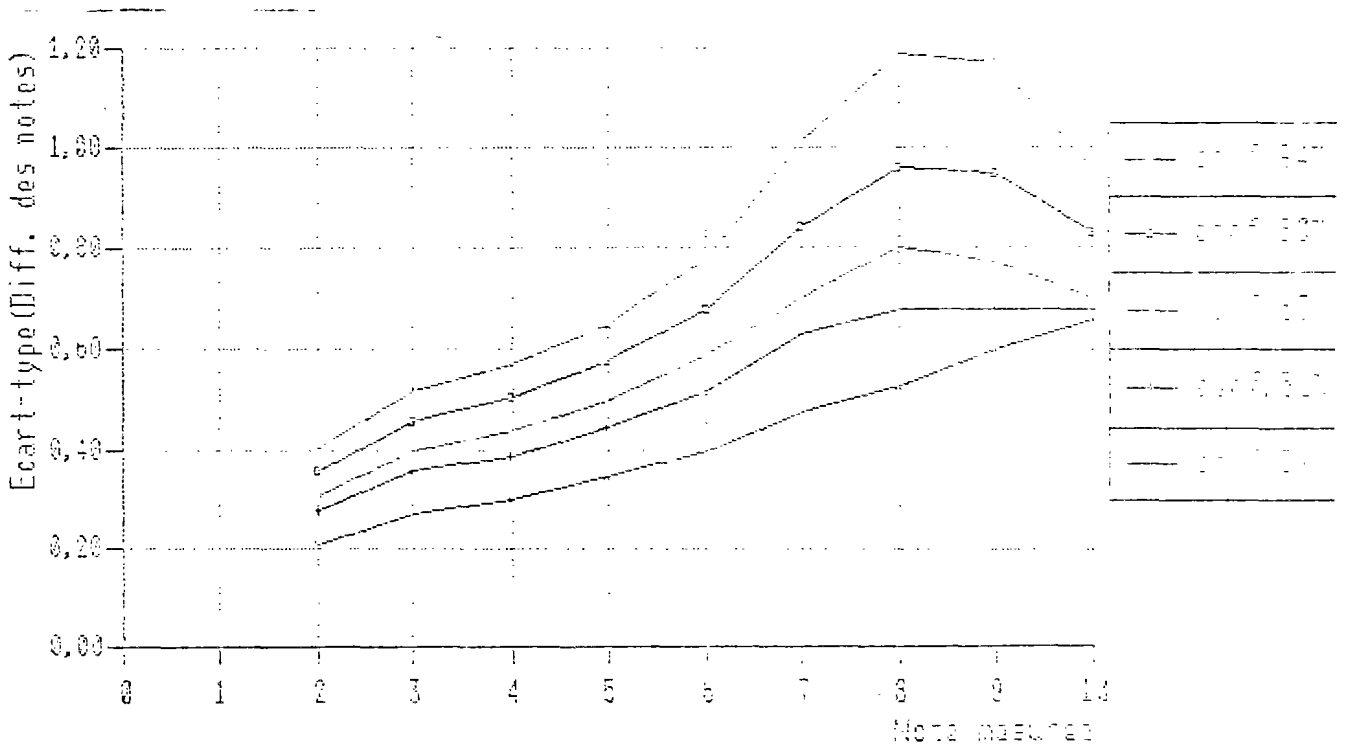




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Donnees ST - Petites ondes

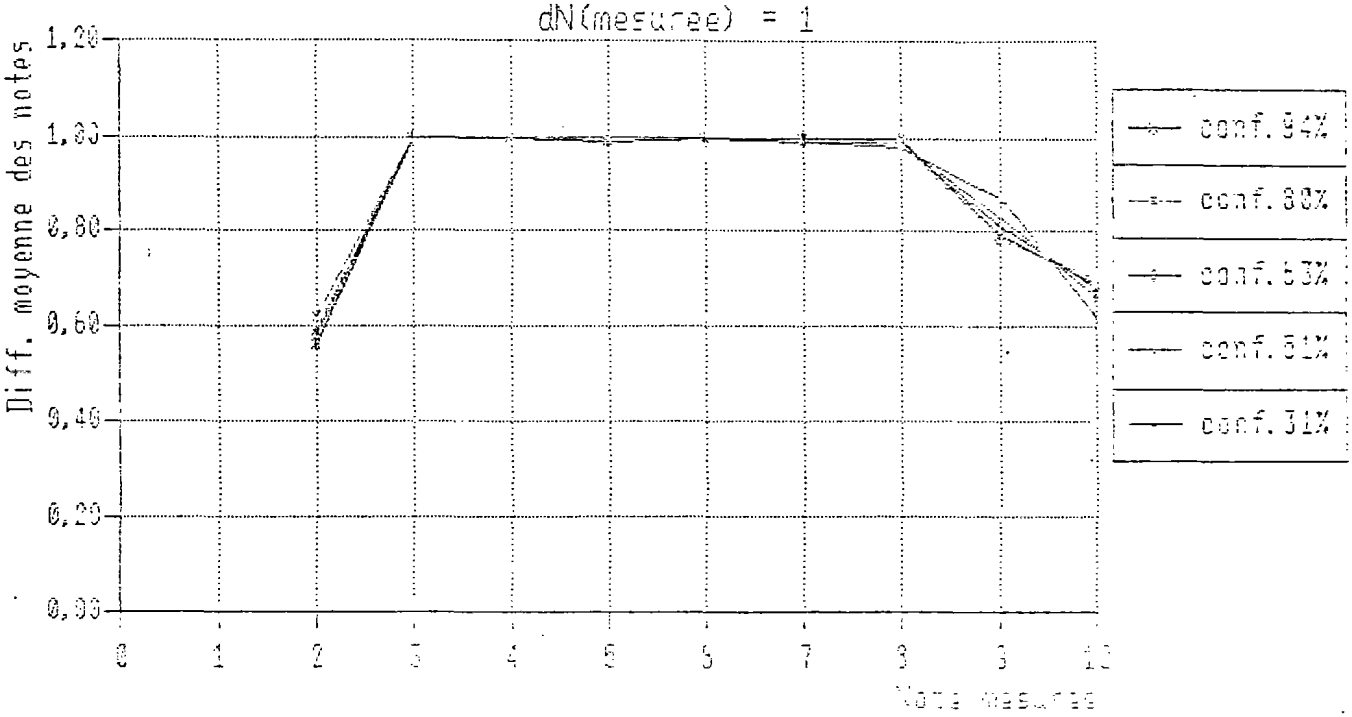


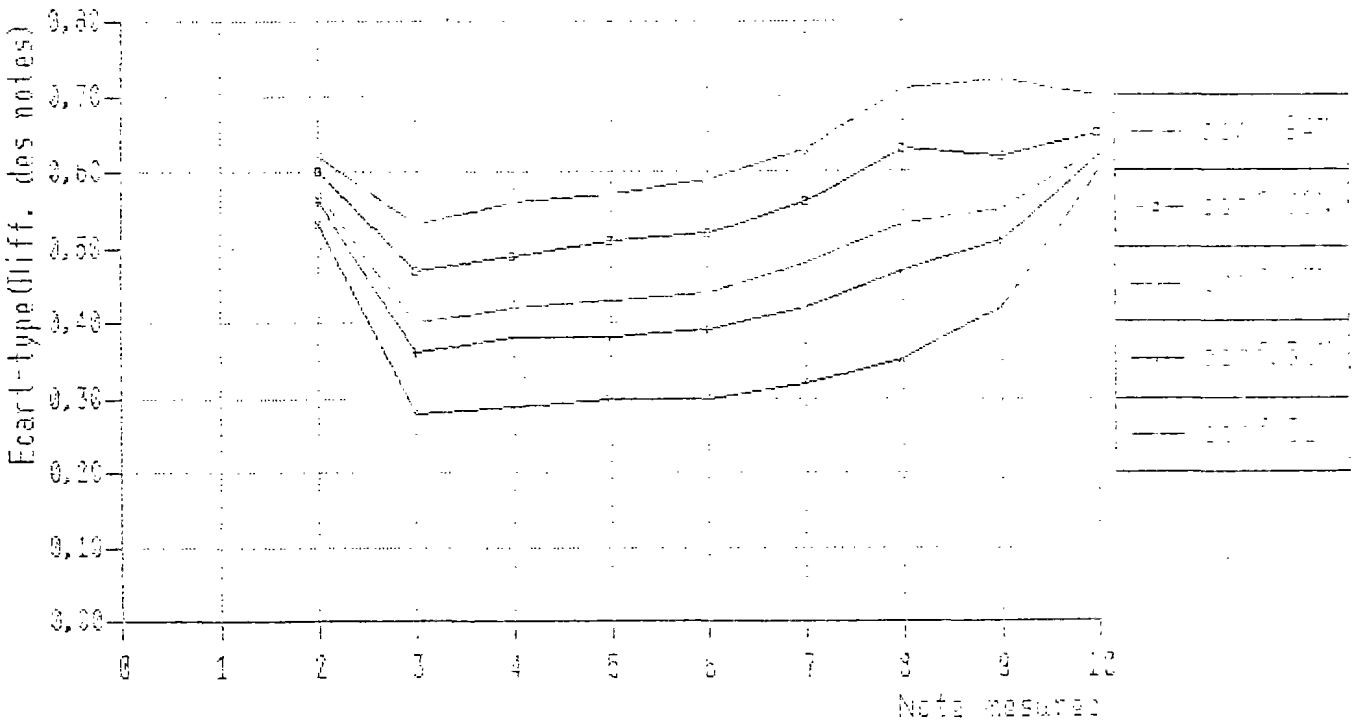


Distribution des valeur reeles en fonction des valeurs mesurees

Donnees ST - Ondes moyennes

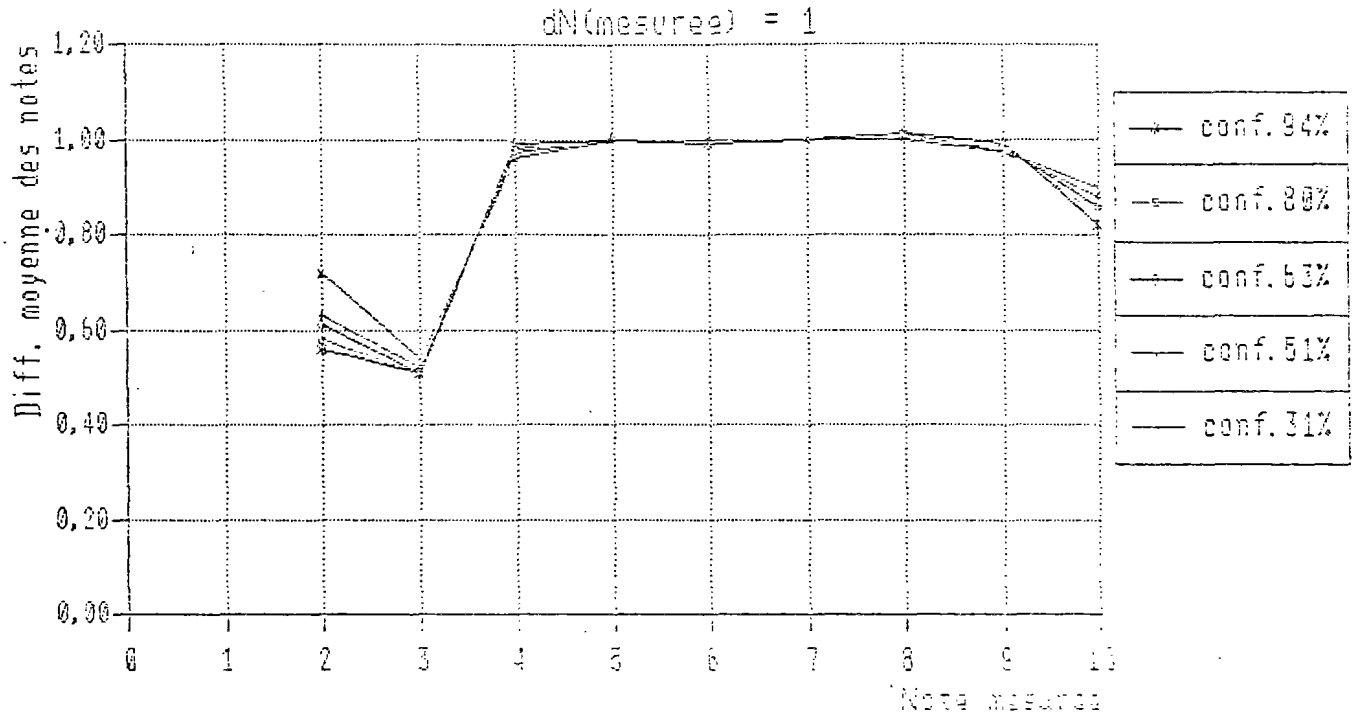
dN(mesuree) = 1

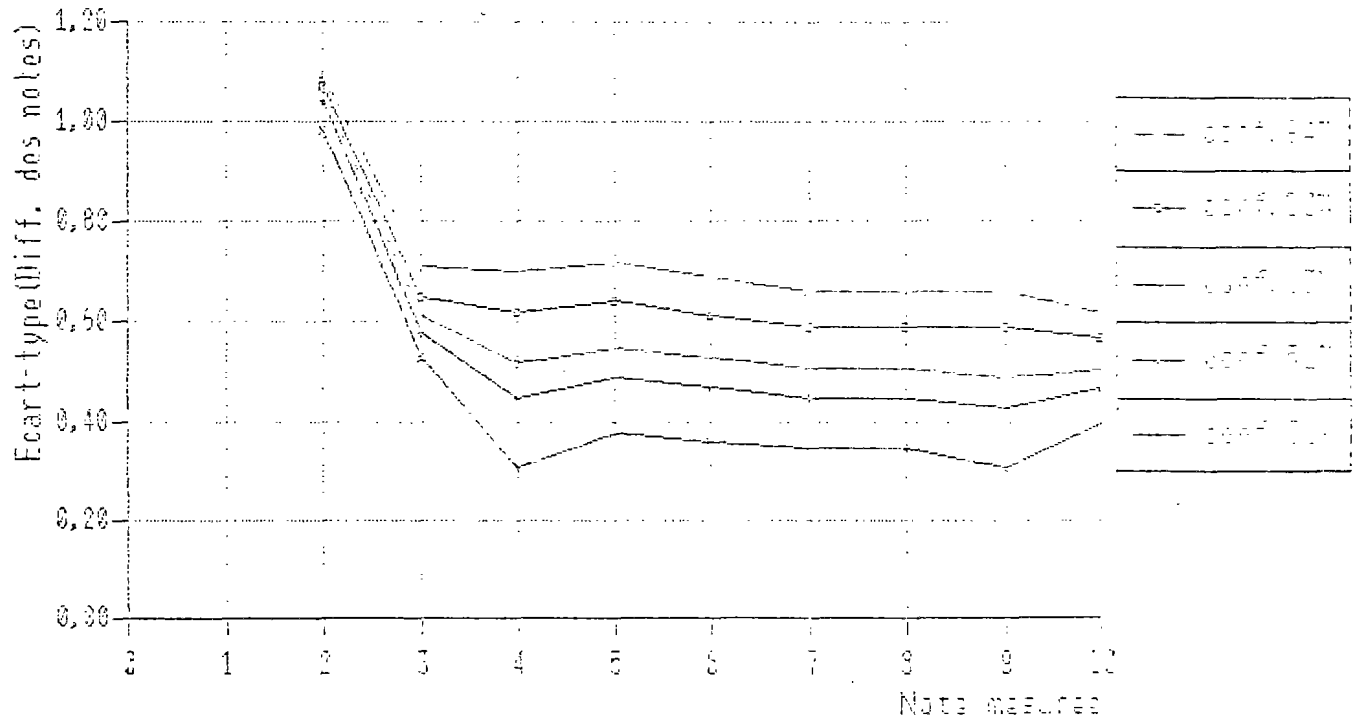




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

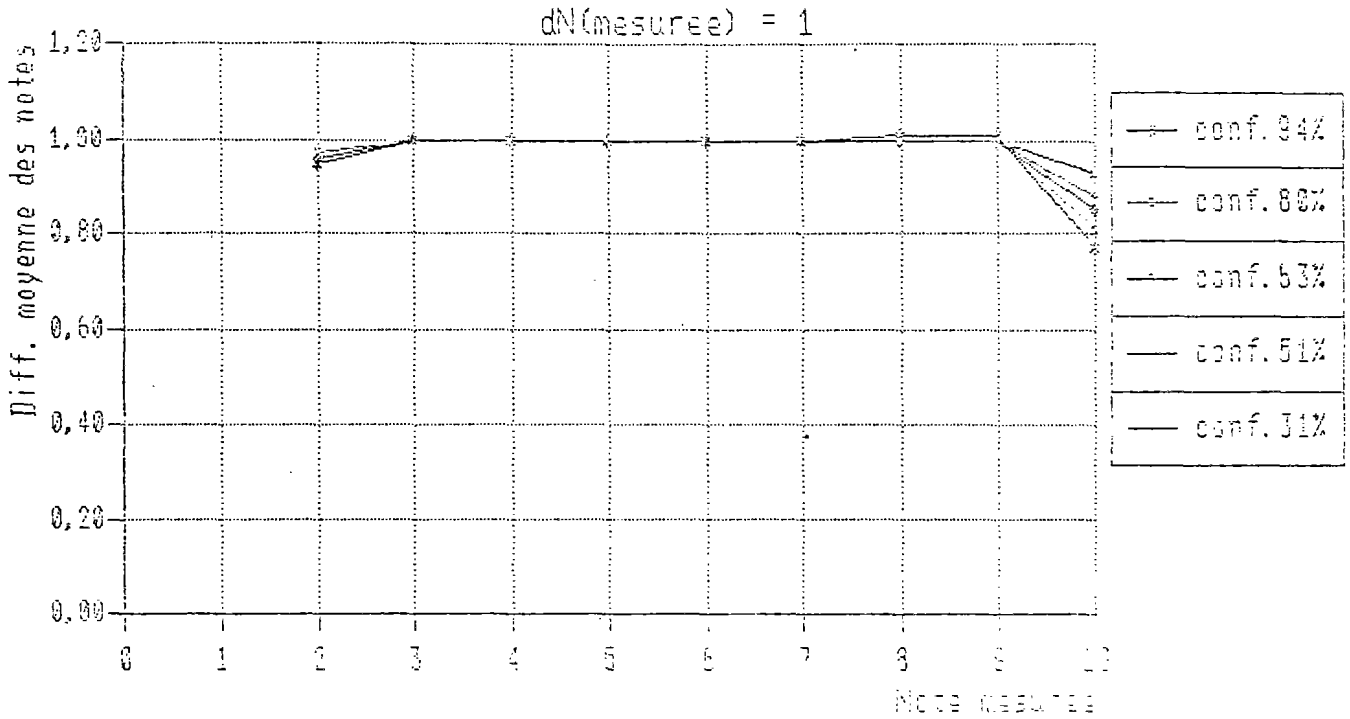
Donnees ST - Grandes ondes

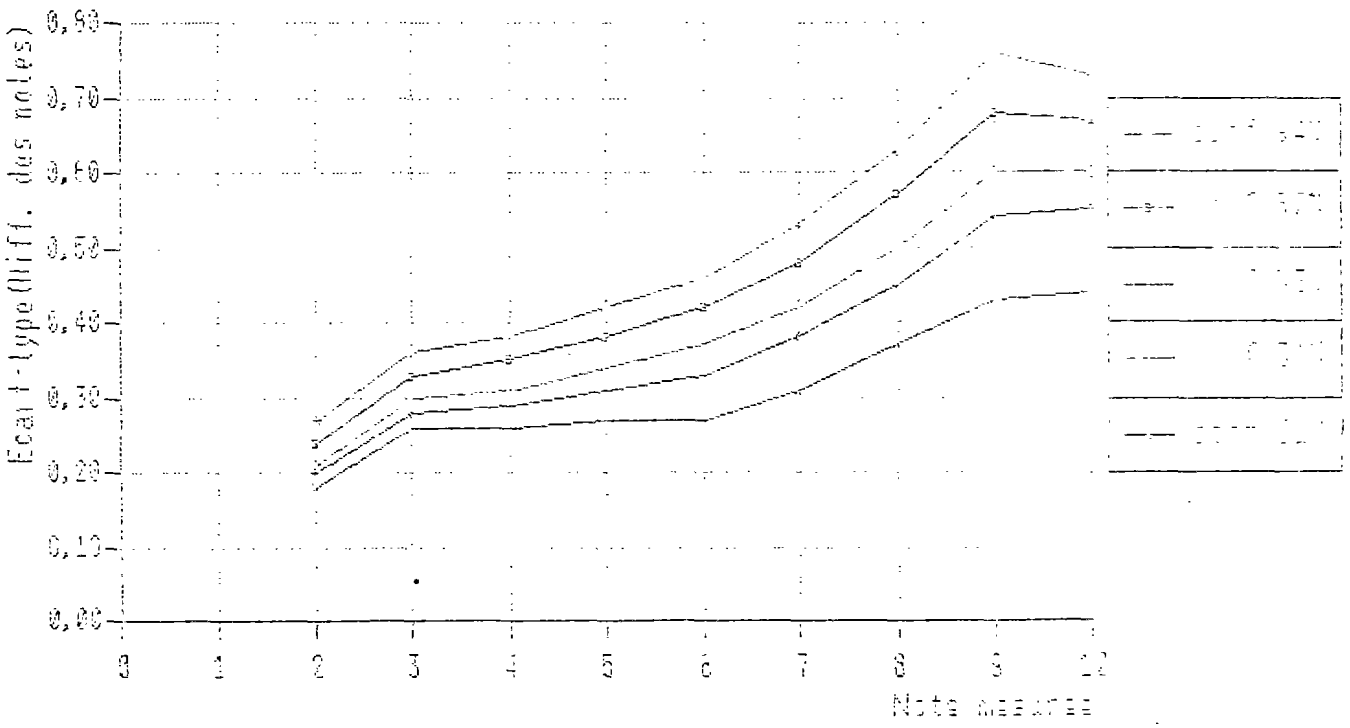




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

FT constante - Petites ondes

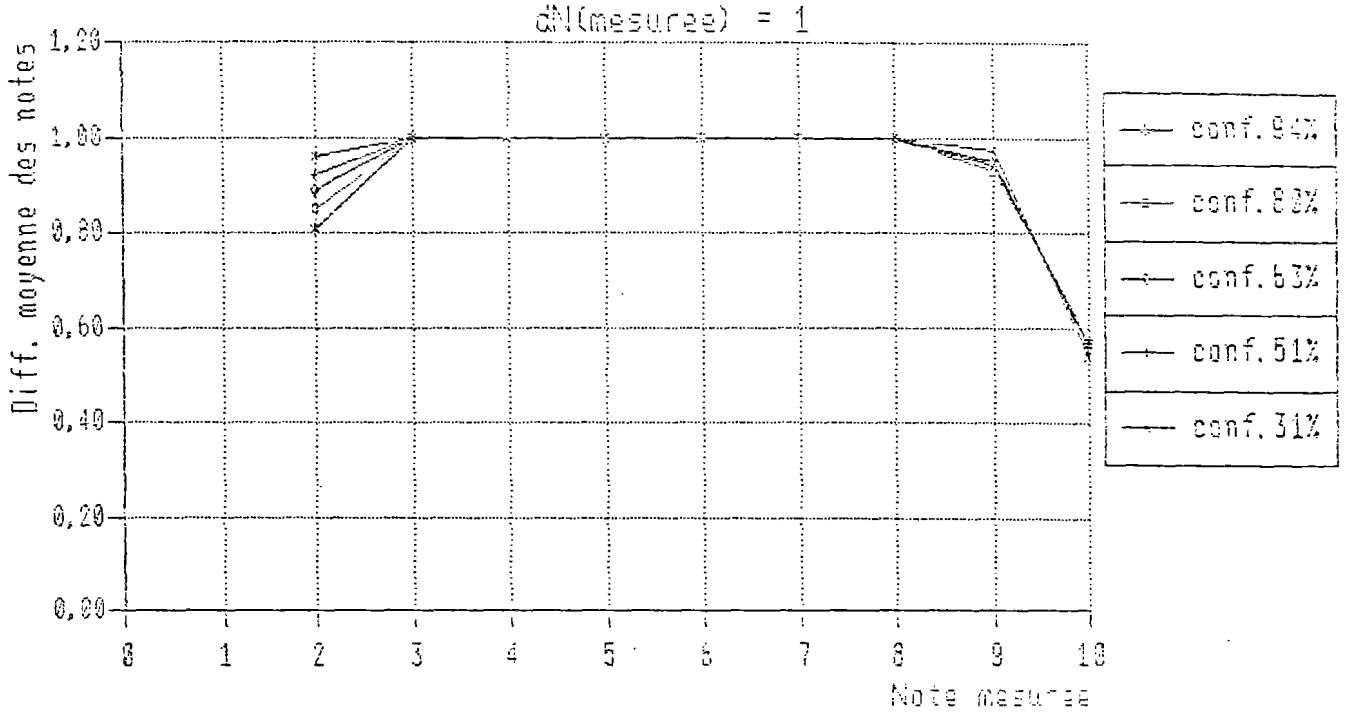


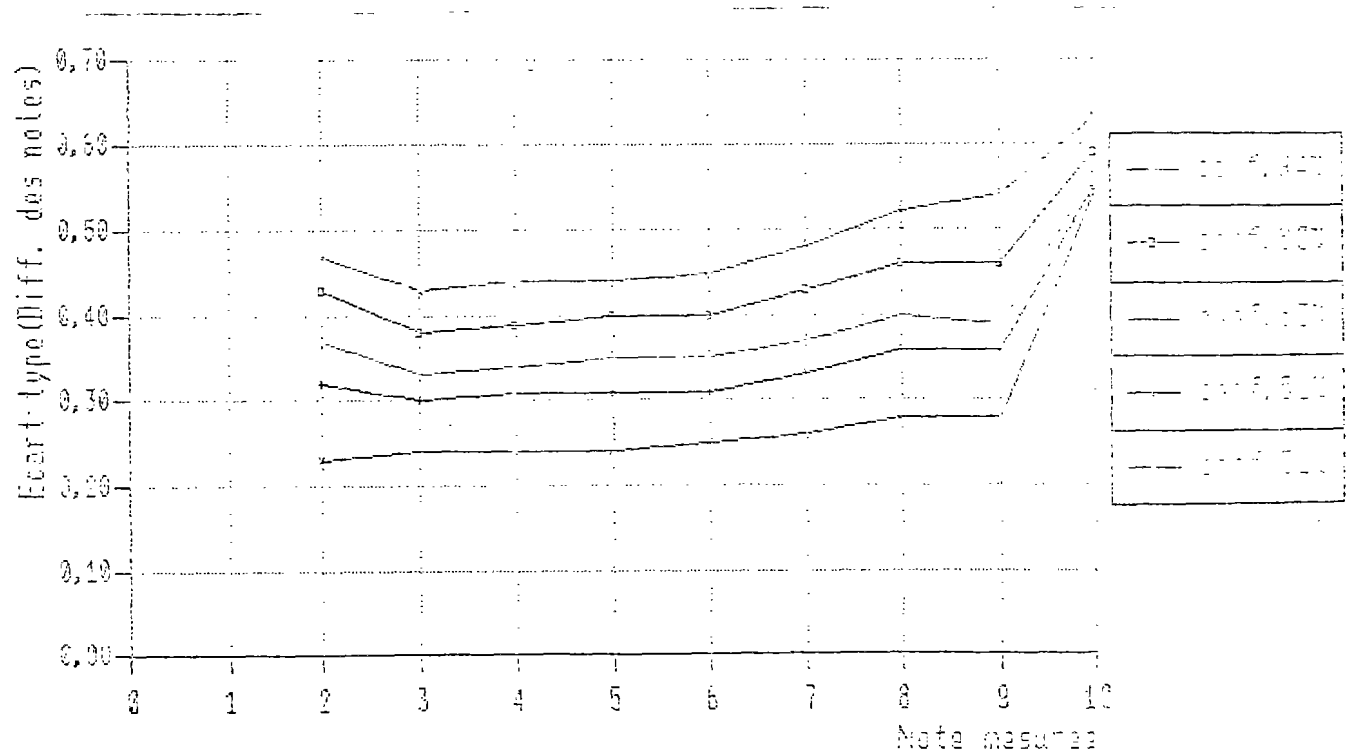


Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

FT constante - Ondes moyennes

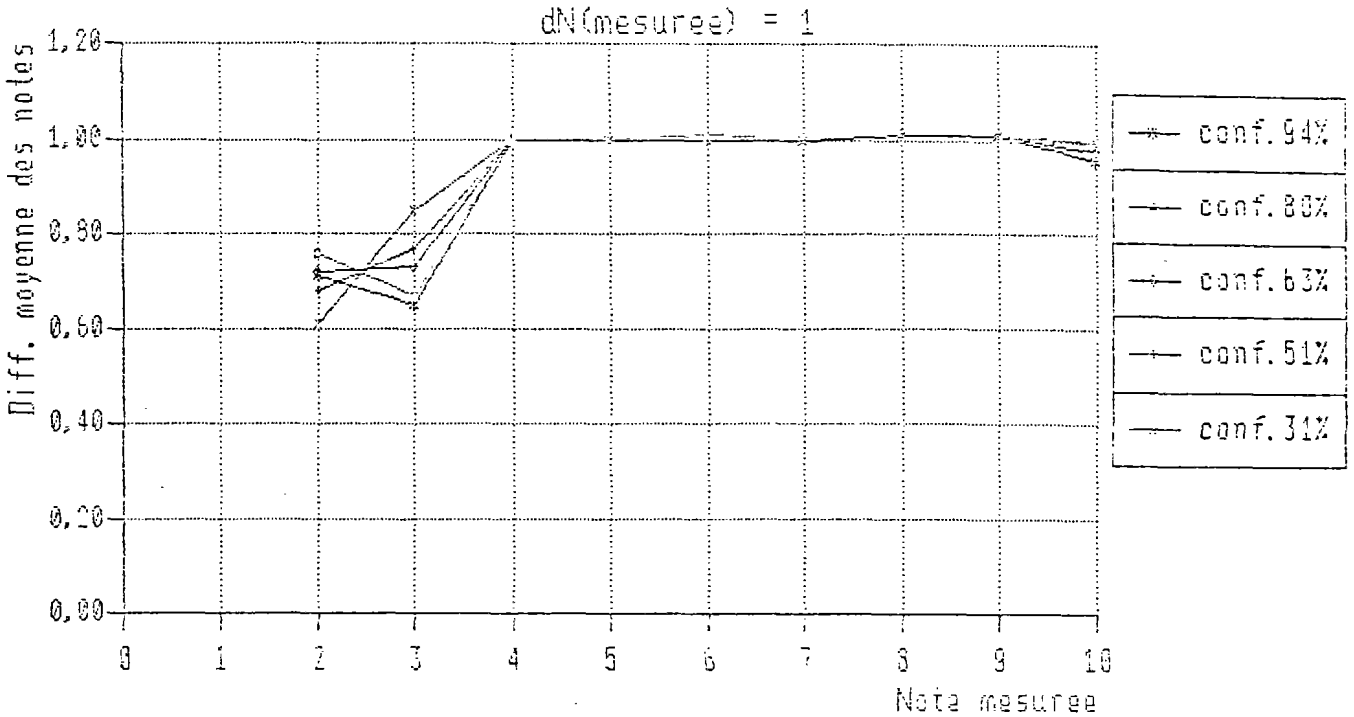
dN(mesuree) = 1

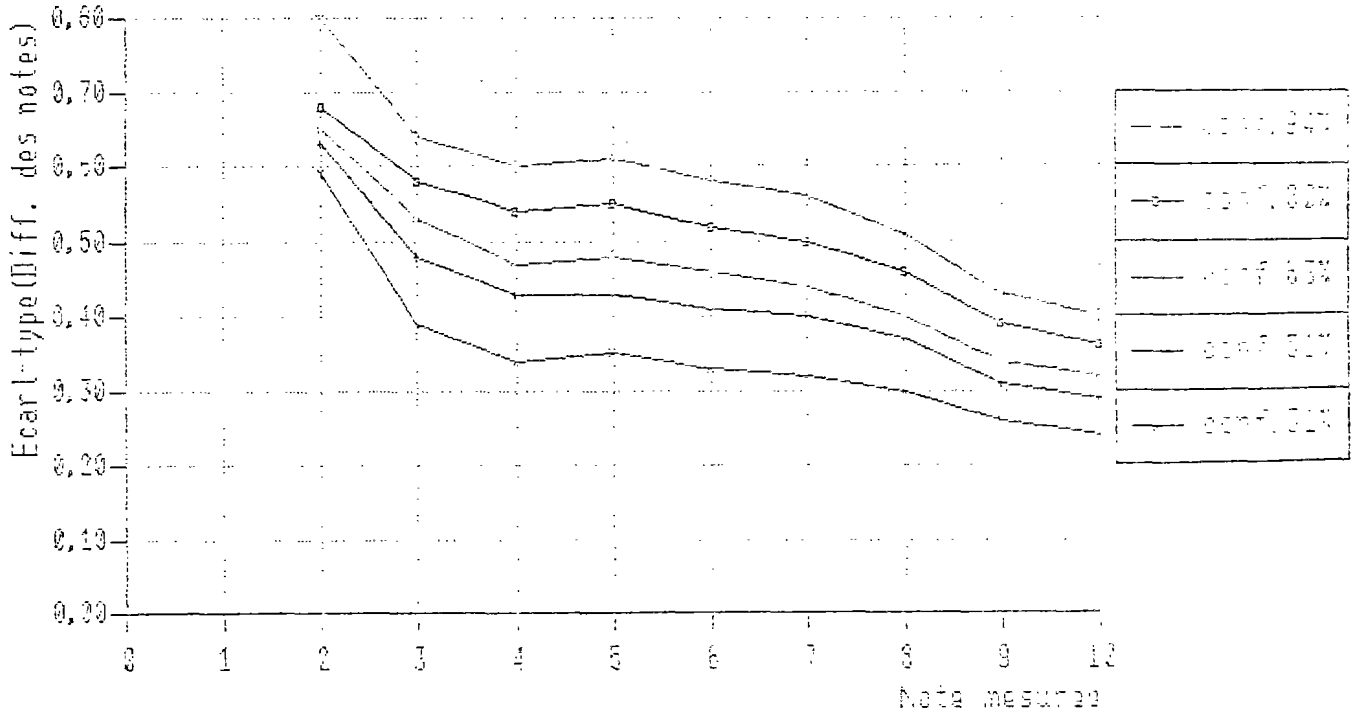




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

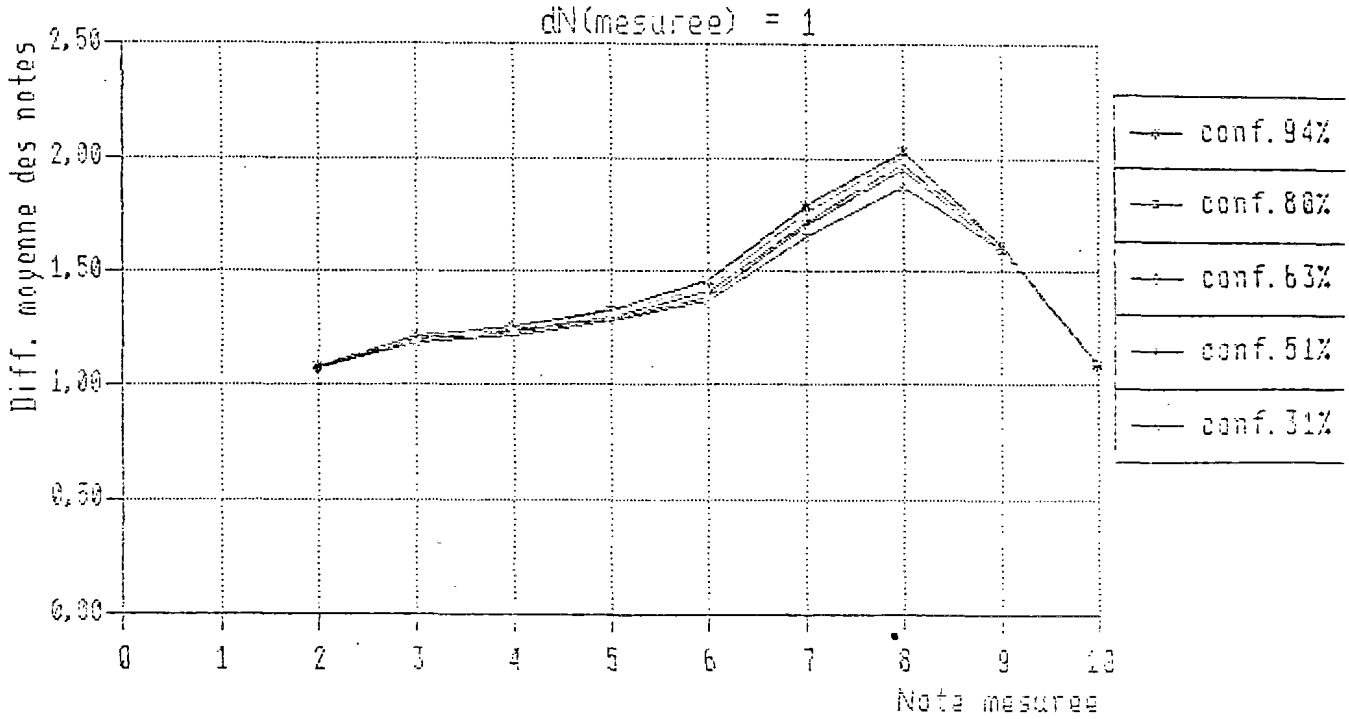
FT constante - Grandes ondes

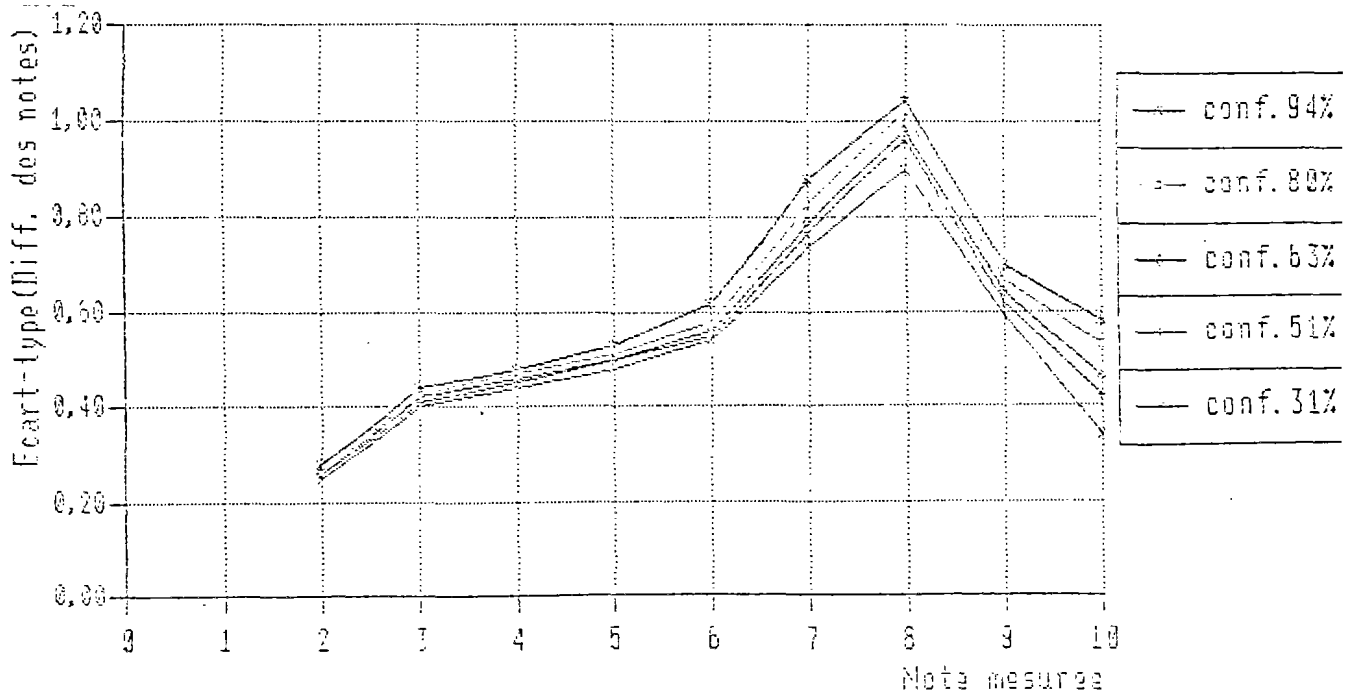




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

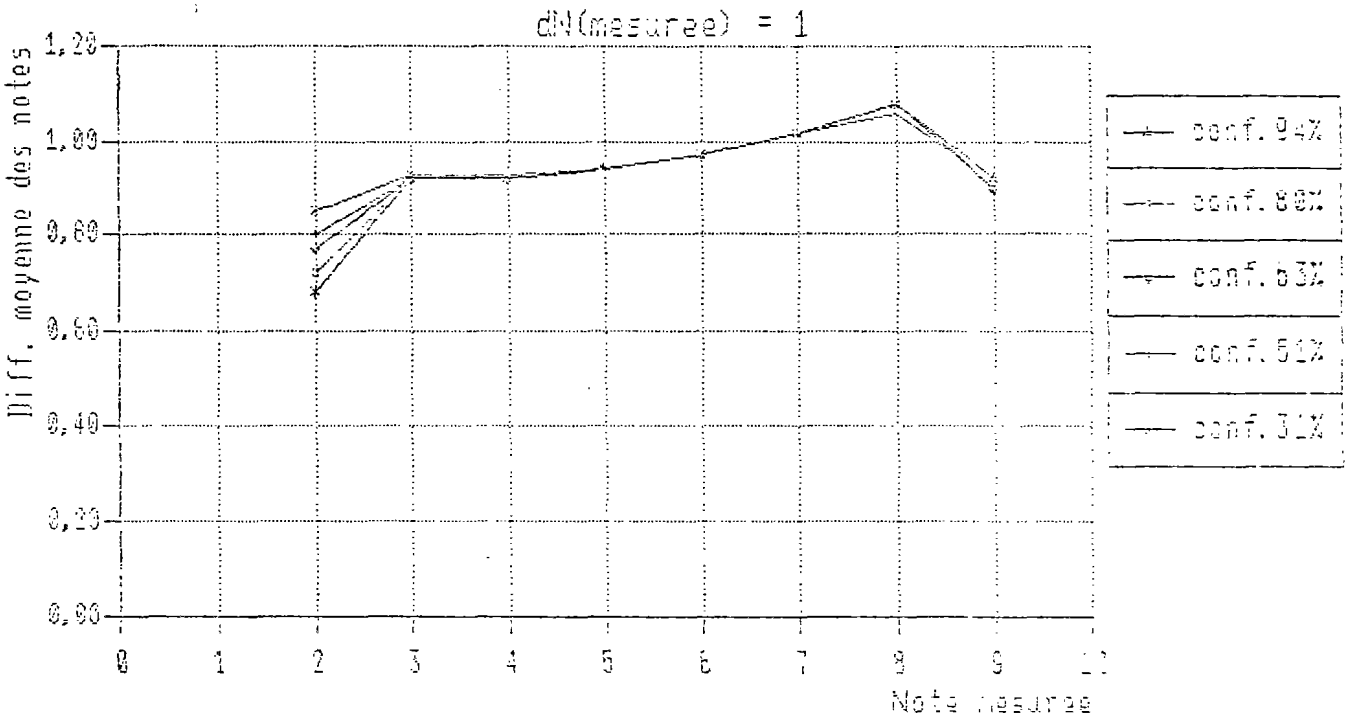
Comparaison 1977/1982 - Petites ondes

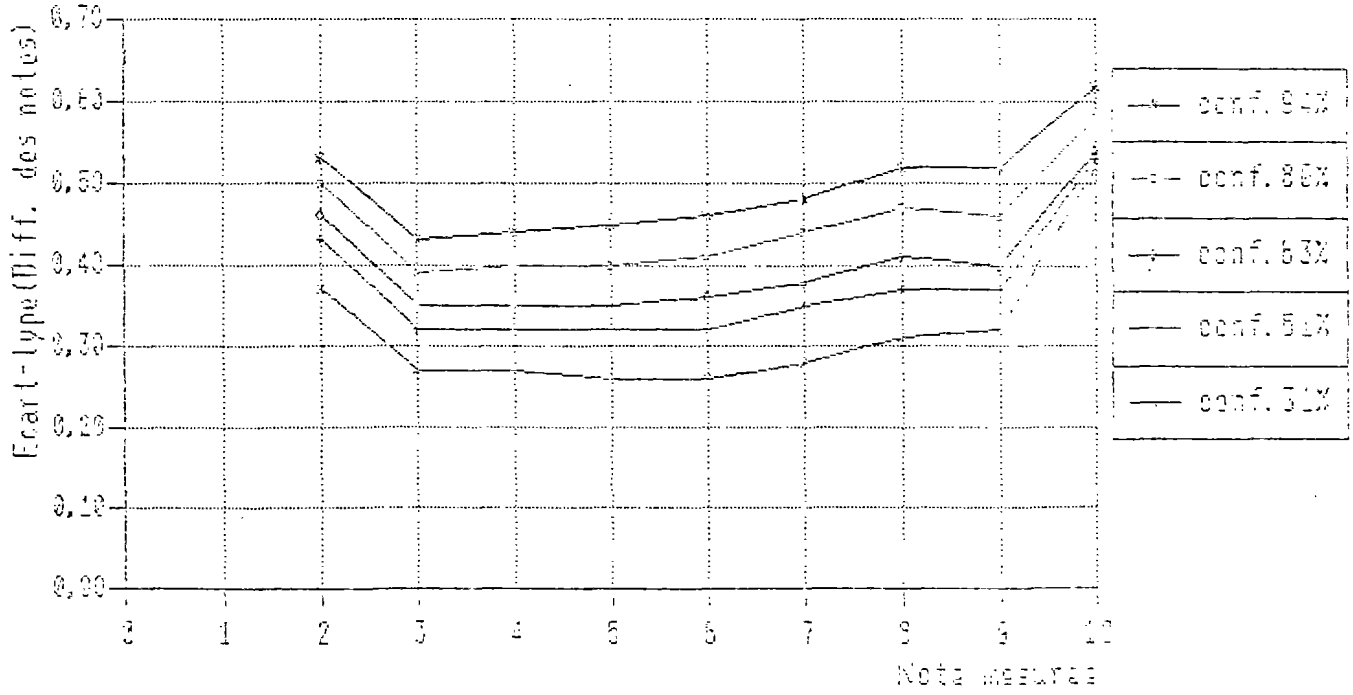




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

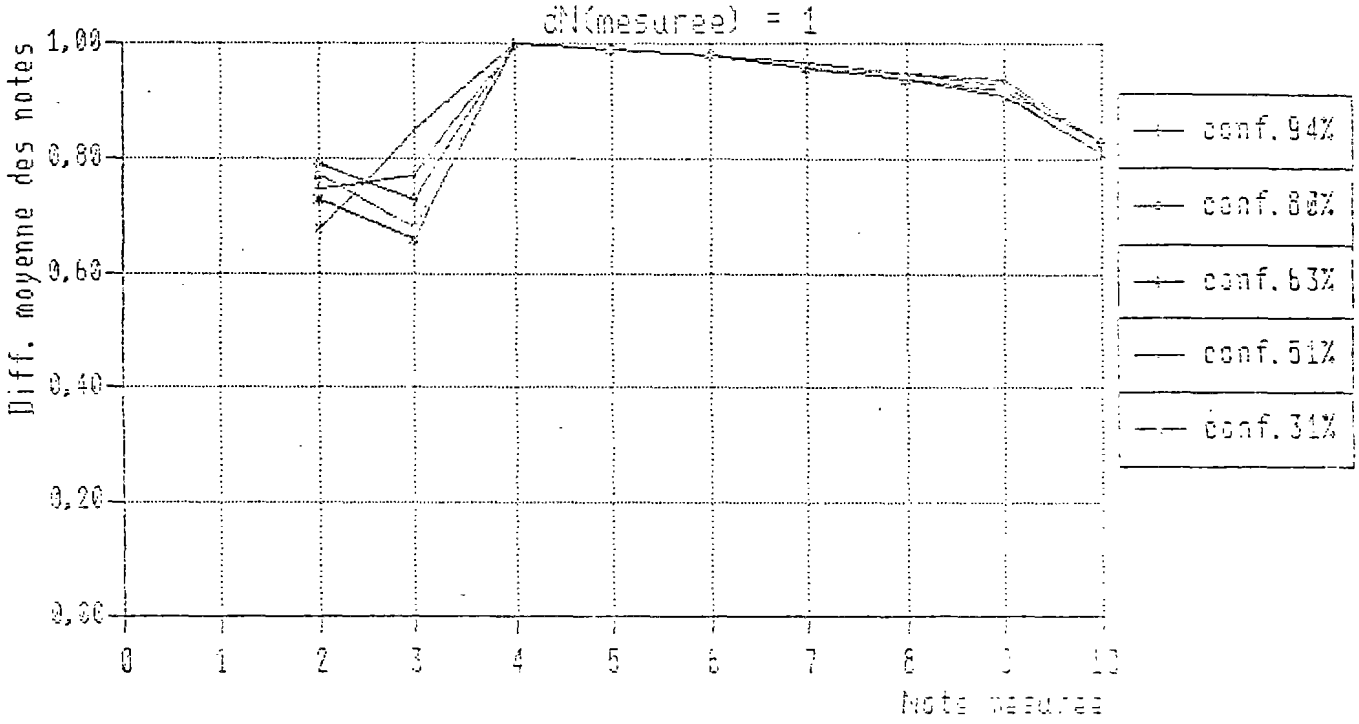
Comparaison 1977/1982 - Ondes moyennes

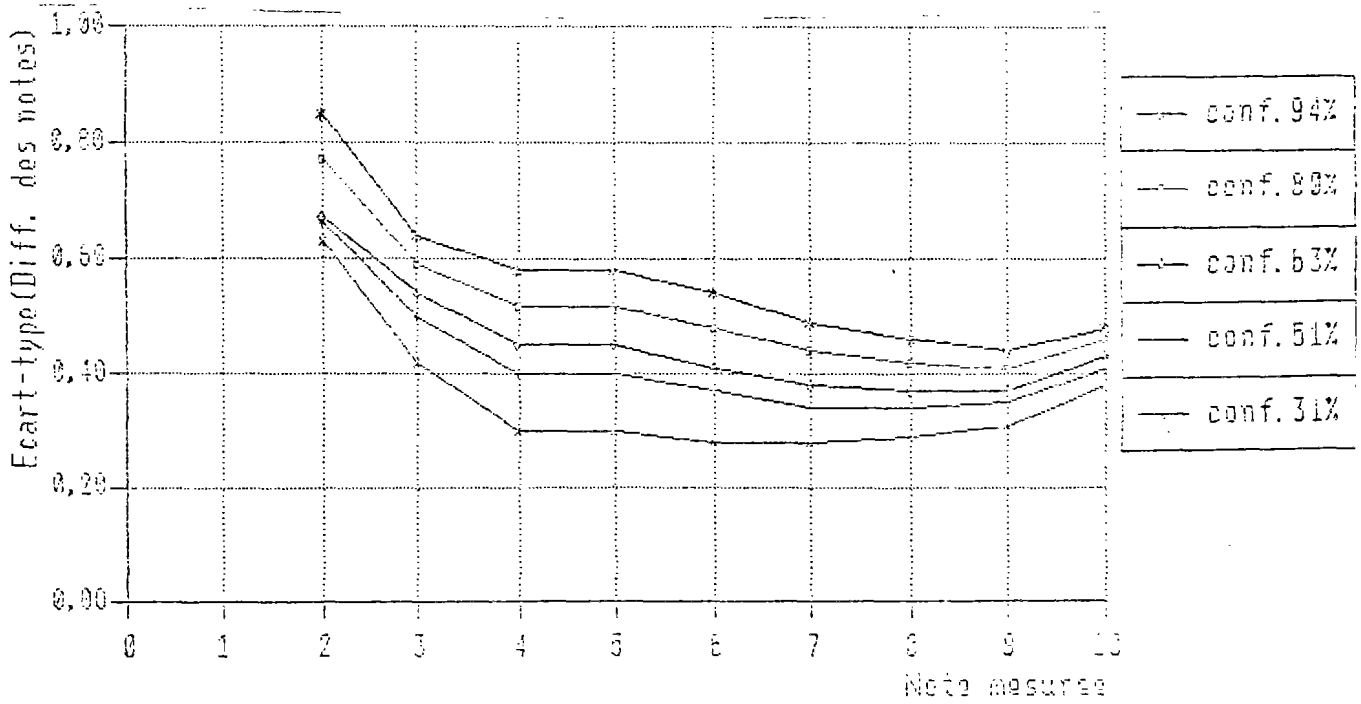




Distribution des valeurs reelles en fonction des valeurs mesurees

Comparaison 1977/1982 - Grandes ondes





ANNEXE I

9. Extrais des schémas des sections pour les ST - (§ 4.3.1.)

PR : 9 10 11 12 ST 1

BB	8 cm	1979	BB 8 cm 1920
S.B.	8 cm		1972

C.T. 45 cm

PR : 32 33 34 ST 2

BB	8 cm	1931
SB.	12 cm	1956

CT. 60 cm

PR : 35 36 37 38 ST 4

BB	8 cm	1920
BB	6 cm	1971
GB	10 cm	1971

CT 50/70 cm

PR : 82 83 84 85 ST 7

BB 5cm 1980 | BB 5cm 1975
BB 6 cm 1974

C.T.

PR : 12 13 14 15 ST 10

BB 6 cm 12/1983
GB 14 cm 12/1983
BB 8 cm 1974

GC 30cm 1974

GC 30cm (en place) 1974

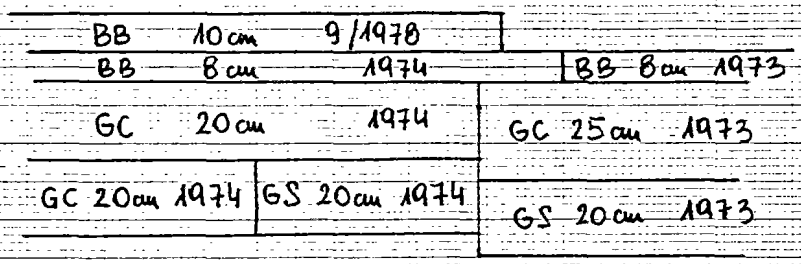
PR : 1 2 3 4 ST 15

BB 6cm 1973
BB 8 cm 1973
GE 20cm 1973 | GE 15cm 1973
GE 25cm 1973
CT 60cm
CT 44 cm
CT 50cm

LES PAPIERS CANSON - FRANCE

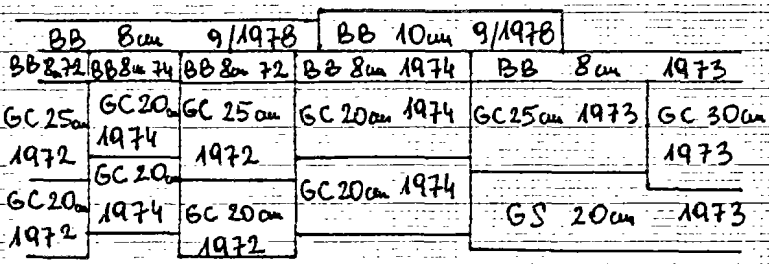
ST 11 DROITE

PR : 40 41 42 43 44



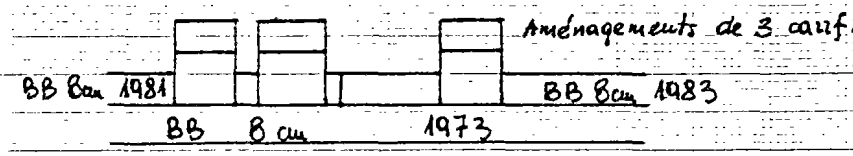
ST 11 GAUCHE

PR : 40 41 42 43 44



ST 18

PR : 19 20 21 22



CT 55 cm

PR : 35 36 37 38 39 ST 20 DROITE

BB 10cm 1976	BB 12cm 1976	BB 10cm 1976
BB	8 cm	1972
GB	15cm	1972
GNT	25cm	1972

PR : 35 36 37 38 39 ST 20 GAUCHE

BB	12 cm	1977
BB	8cm	1972
GB	15cm	1972
GNT	25cm	1972

BB 8cm 1977

PR : 47 48 49 50 51 52 ST 21

BB	6cm	1977
BB	8cm	1973
GL	20cm	1973
GL	20cm	1973

LES PAPIERS CANSON - FRANCE

PR : .23 .24 .25 .26 ST 22

BB	6 cm	1979
BB	8 cm	1974
GL	20 cm	1974
GL	20 cm	1974

PR : .69 .70 .71 .72 ST 26

BB	6 cm	12/1976
BB	10 cm	1971
CT		

PR : .0 .1 .2 .3 ST 28

BB	8 cm	1978
BB	7 cm	1973
GL	20 cm	1973
CT		

PR : o34 o35 o36 o37 ST 30

BB	10 cm	11/1976
BB	6 cm	1973
GL	25 cm	1973

CT 45 cm

PR : o38 o39 o40 o41 o42 o43 ST 41

BB	10 cm.	1984
BB	8 cm	1978
BB	8 cm	1972
GL	25 cm	1972

CT

PR : o74 o75 o76 o77 o78 ST 43

BB 8 cm 1976	BB 8 cm 1977
GCV 20 cm 1976	GCV 20 cm 1977
GS 30 cm 1976	CT

LES PAPIERS DANSON - FRANCE

PR : .48 .49 .50 .51 .52 ST 42 DROITE

BB	8 cm	1978
BB	7 cm	1971
GL	20 cm	1971
SL	35 cm	1971
CT	33 cm	

PR : .48 .49 .50 .51 .52 ST 42 GAUCHE

BB	8 cm	1978
BB	7 cm	1971
GL	20 cm	1971
SL	35 cm	1971

PR : .68 .69 .70 .71 .72 ST 44

BB	8 cm	1974
GB	17 cm	1974
GB	18 cm	1974

PR : 7 8 9 10 11 12 ST 45

BB	4 cm	1981/1982
BB	7 cm	1976
GB	12 cm	1976
GCV	20 cm	1976

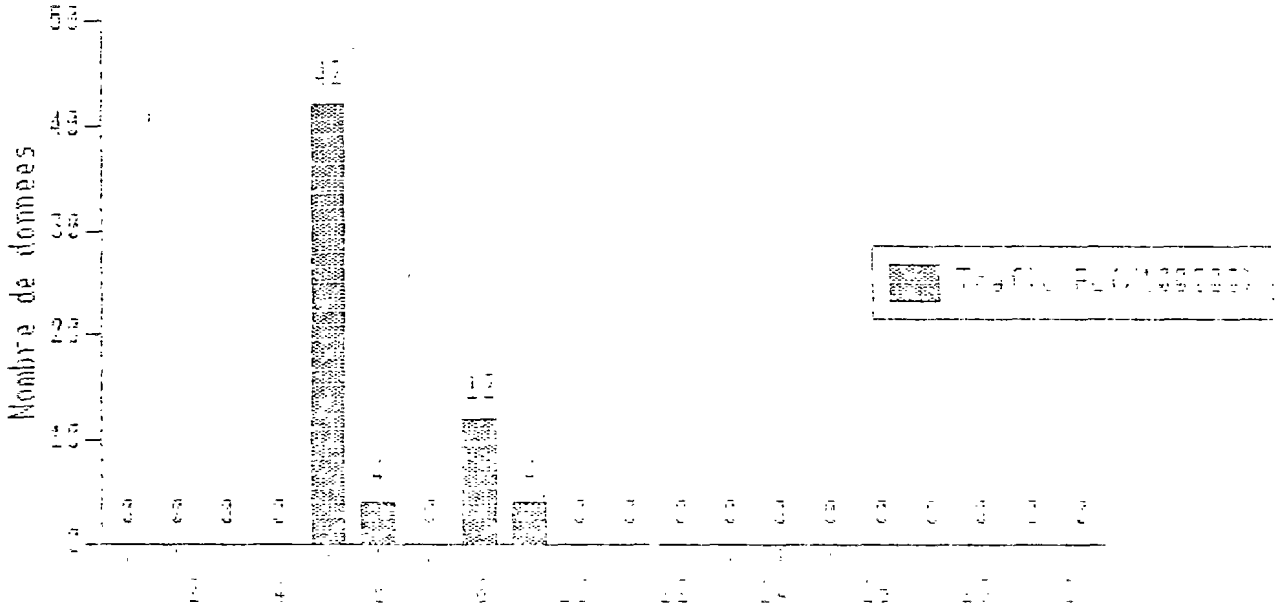
LES PAPIERS DANSON - FRANCE

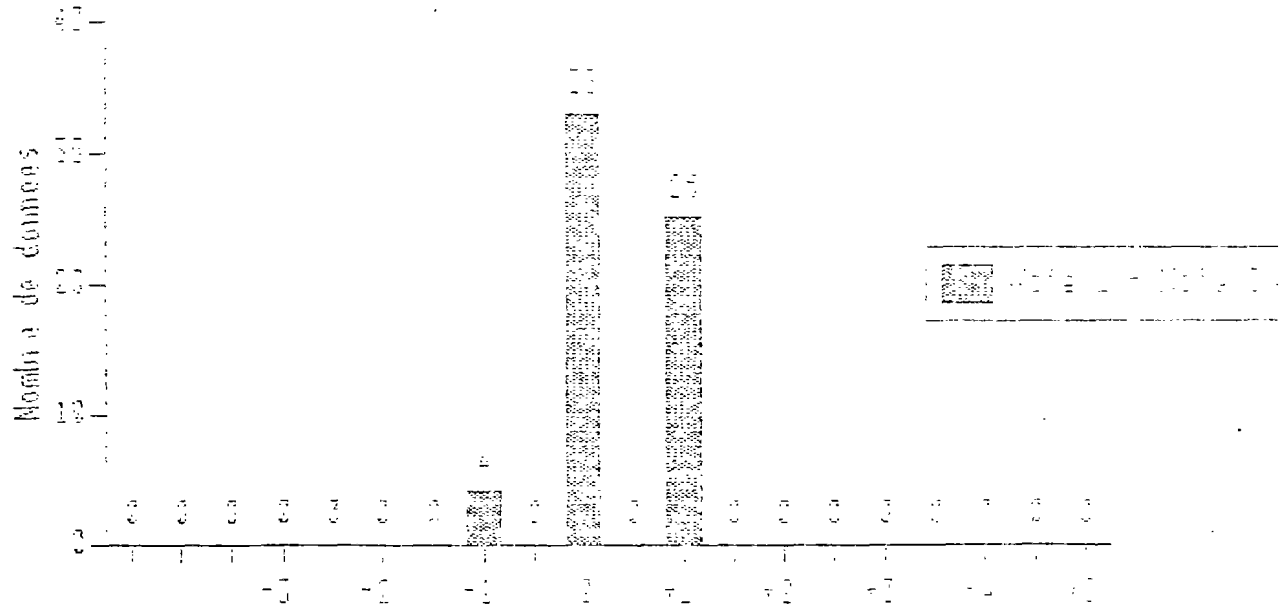
ANNEXE I

10. Histogrammes des données pour les ST - (§ 4.3.3.)

Distribution des variables explicatives

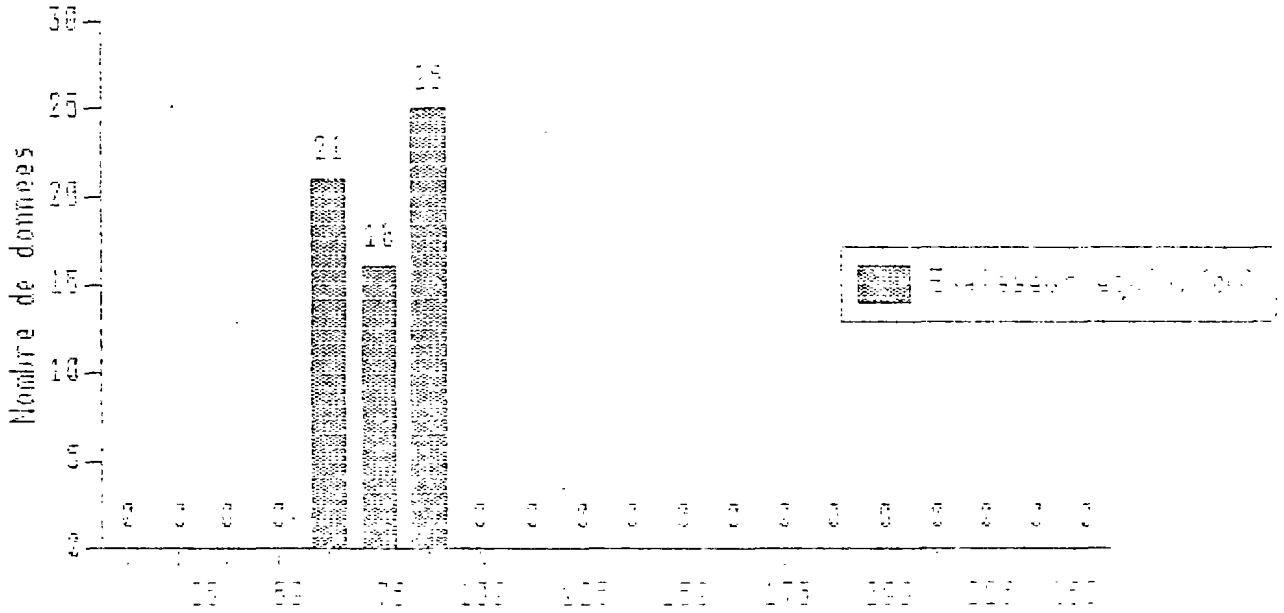
Donnees ST - Structure : CT

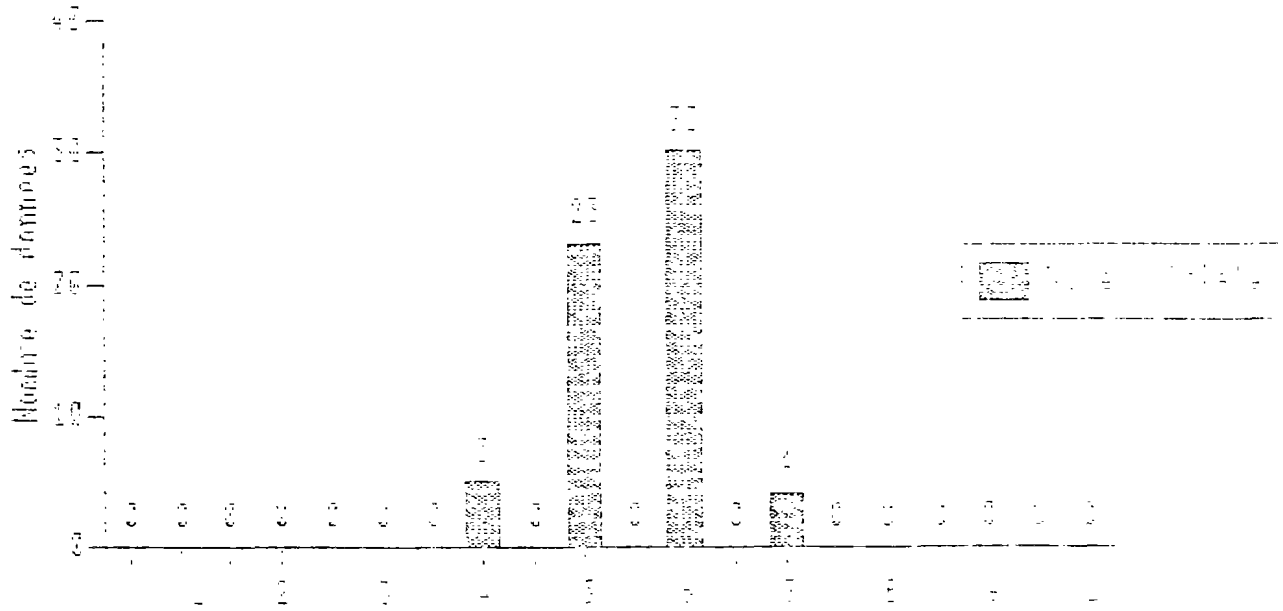




Distribution des variables explicatives

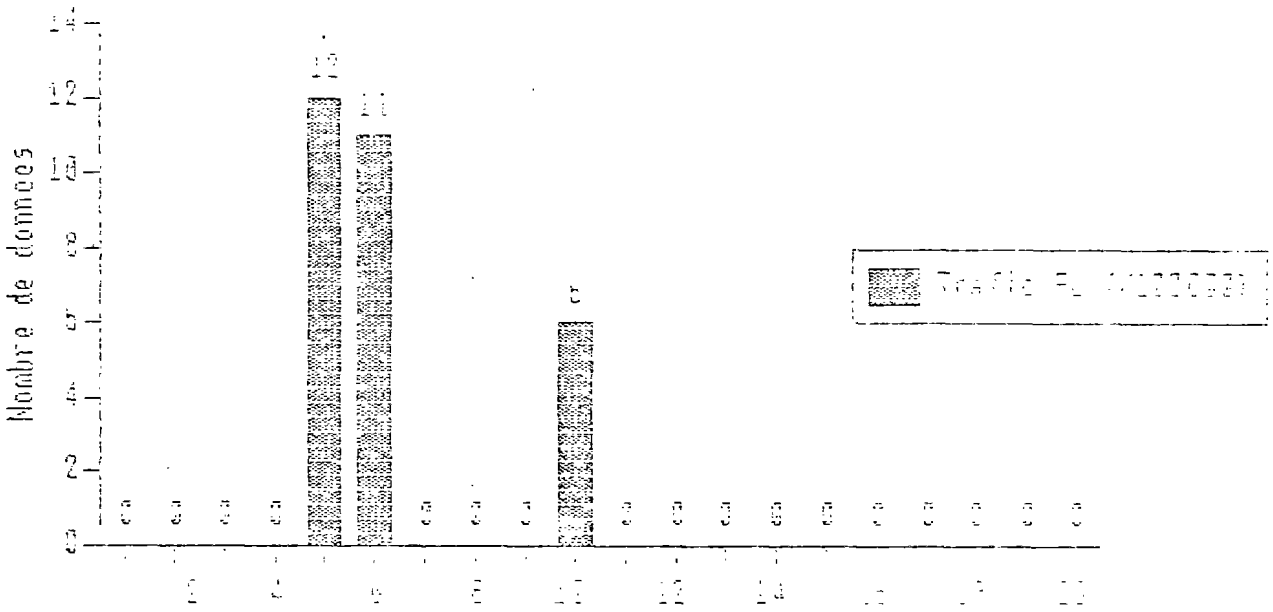
Donnees ST - Structure : CT

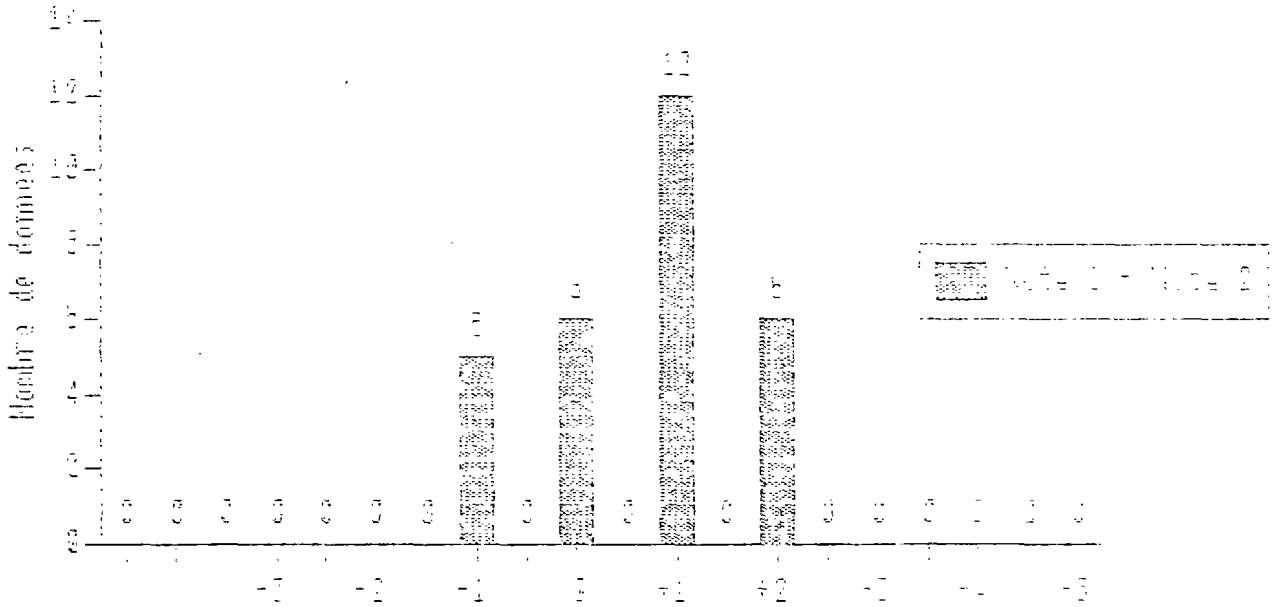




Distribution des variables explicatives

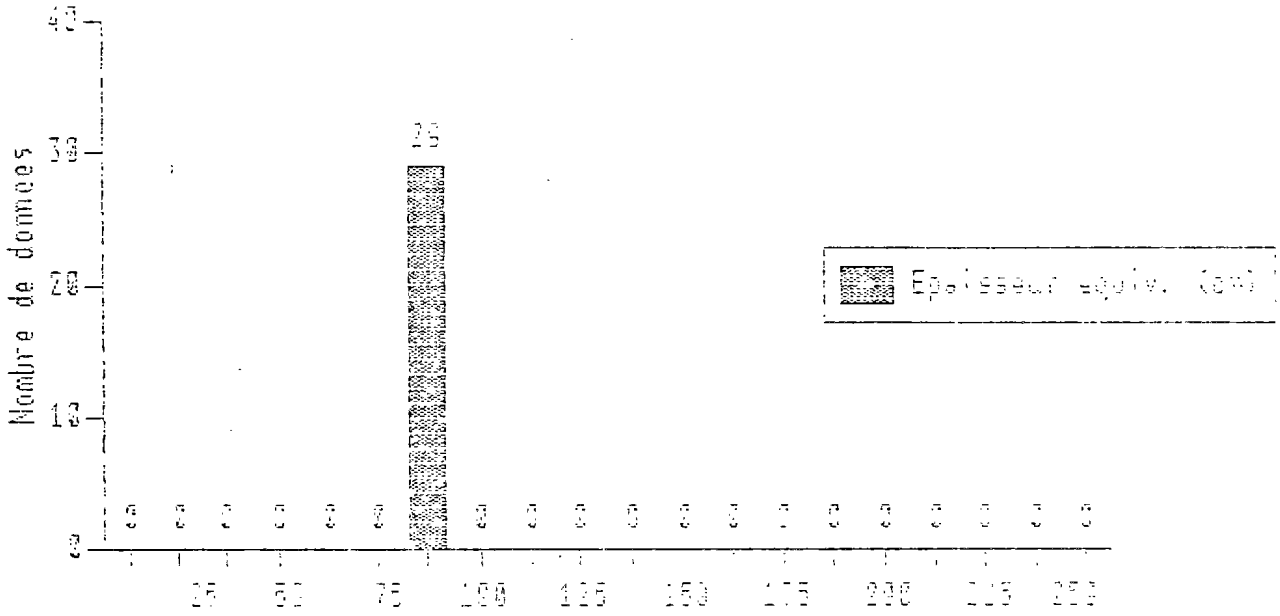
Donnees ST - Structure : RB

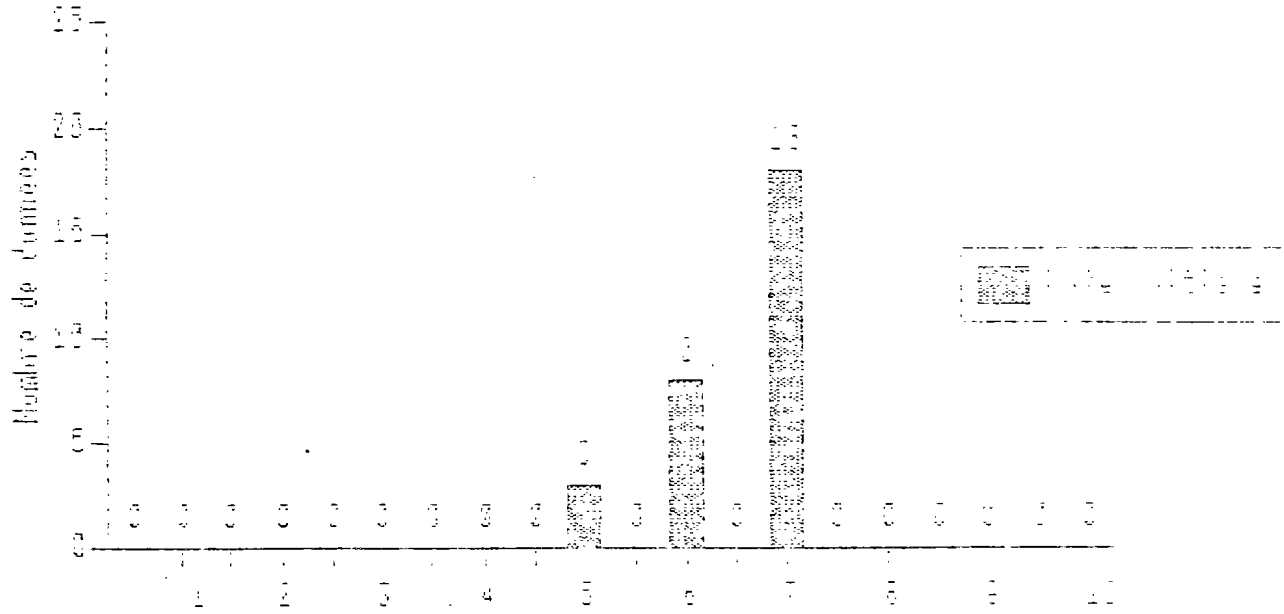




Distribution des variables explicatives

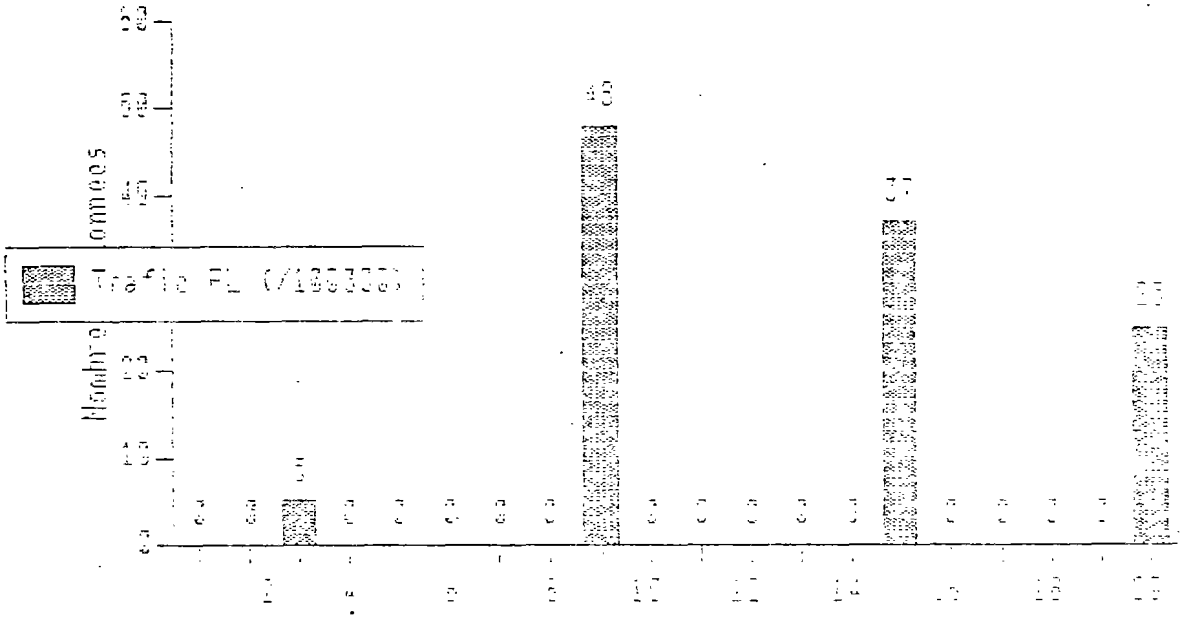
Donnees ST - Structure : RB

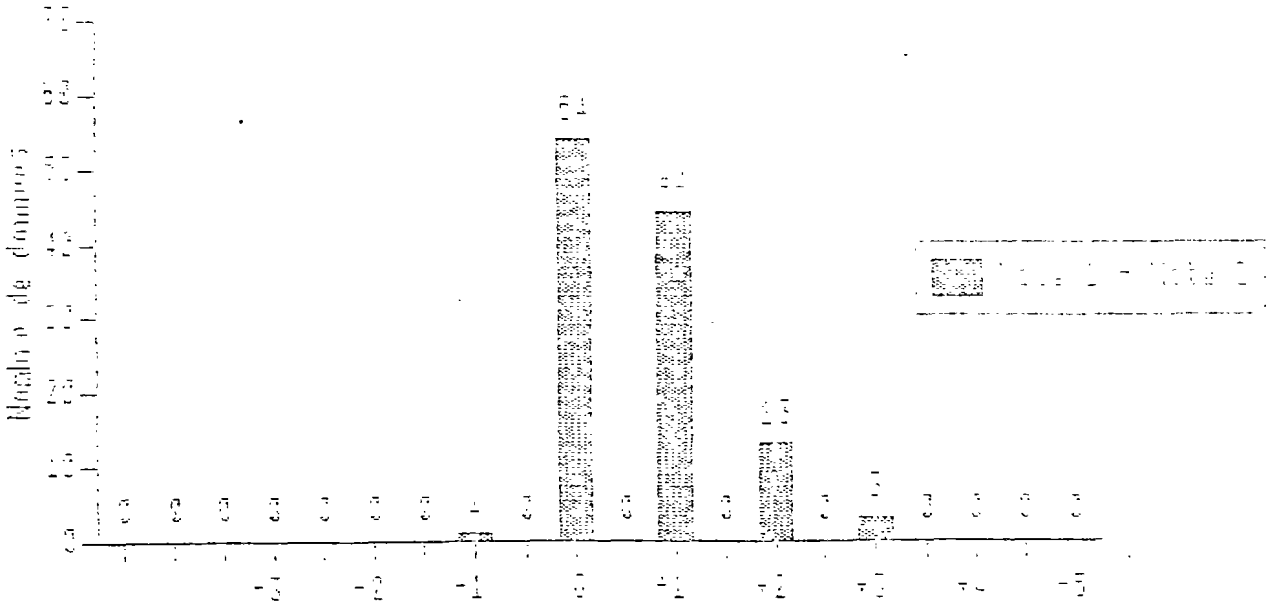




Distribution des variables explicatives

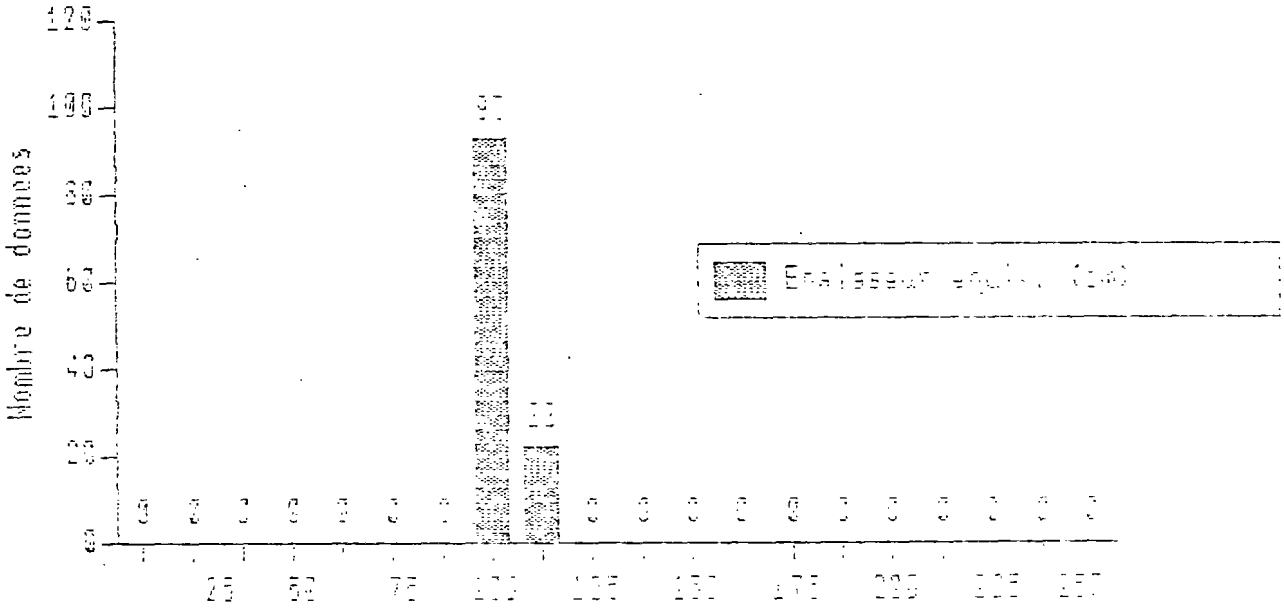
Donnees ST - Structure : NB

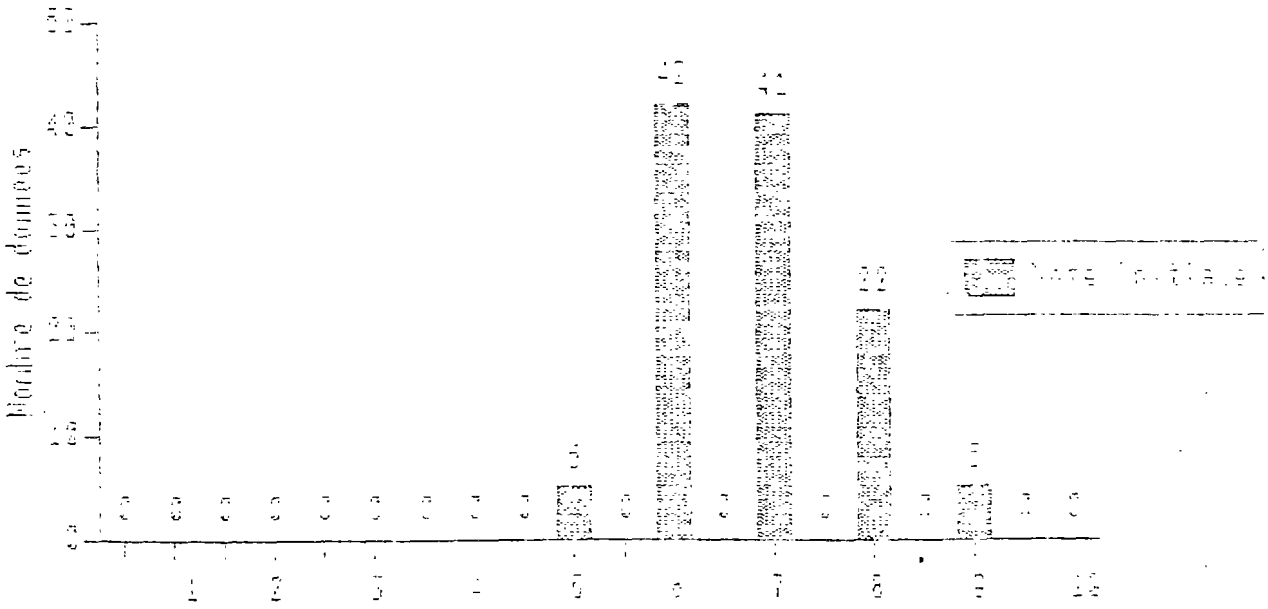




Distribution des variables explicatives

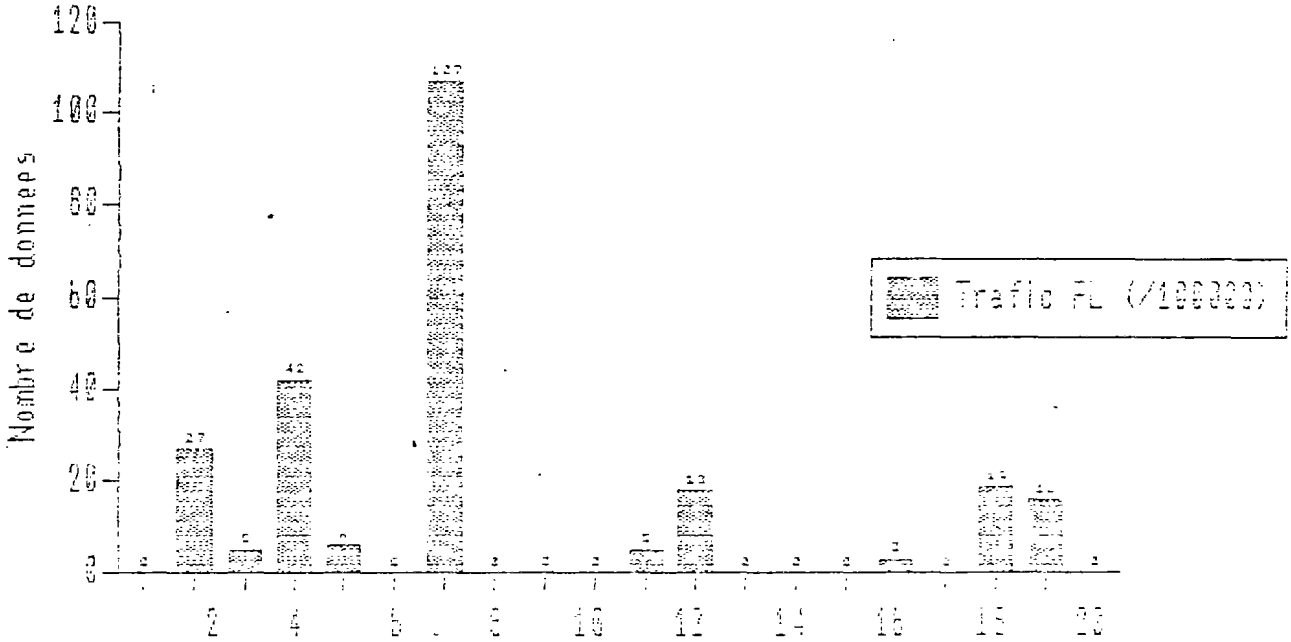
Donnees ST - Structure : NB

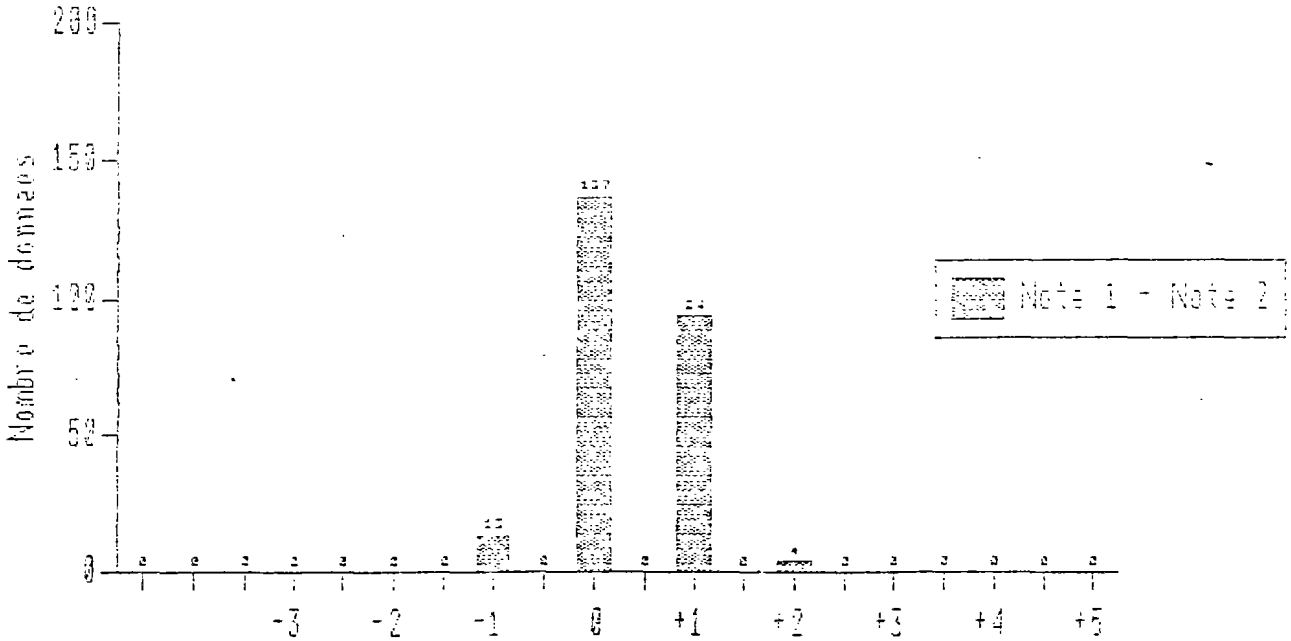




Distribution des variables explicatives

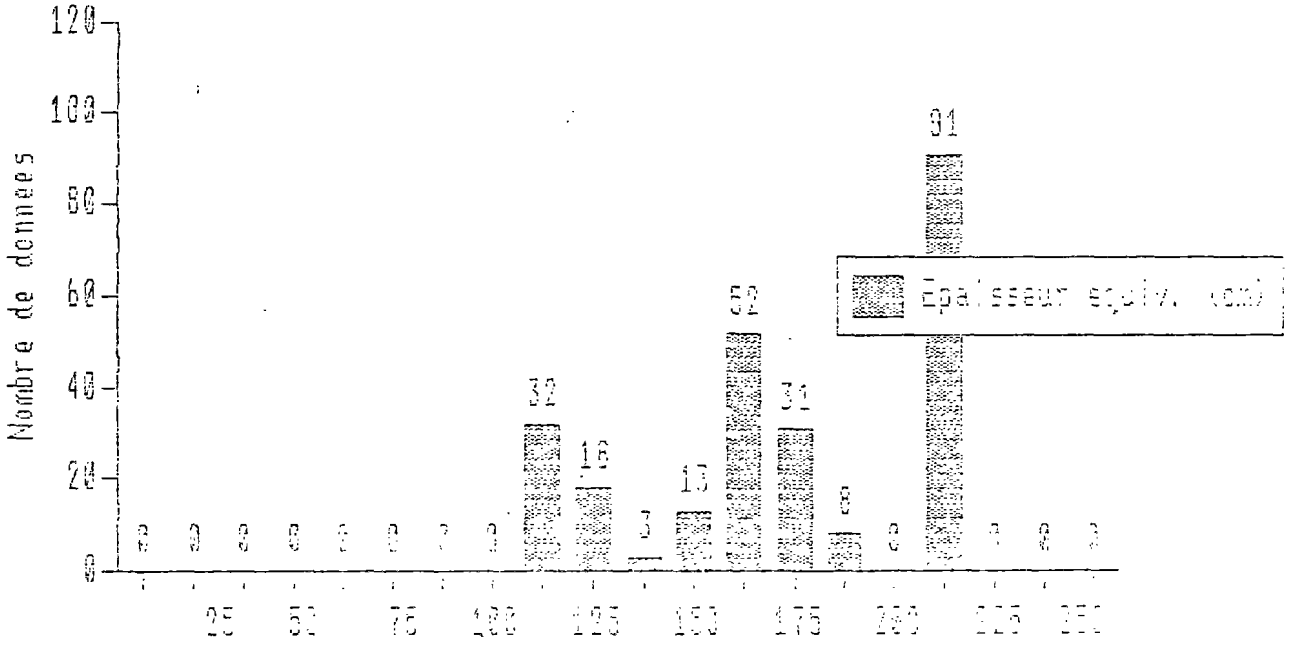
Donnees ST - Structure : NH

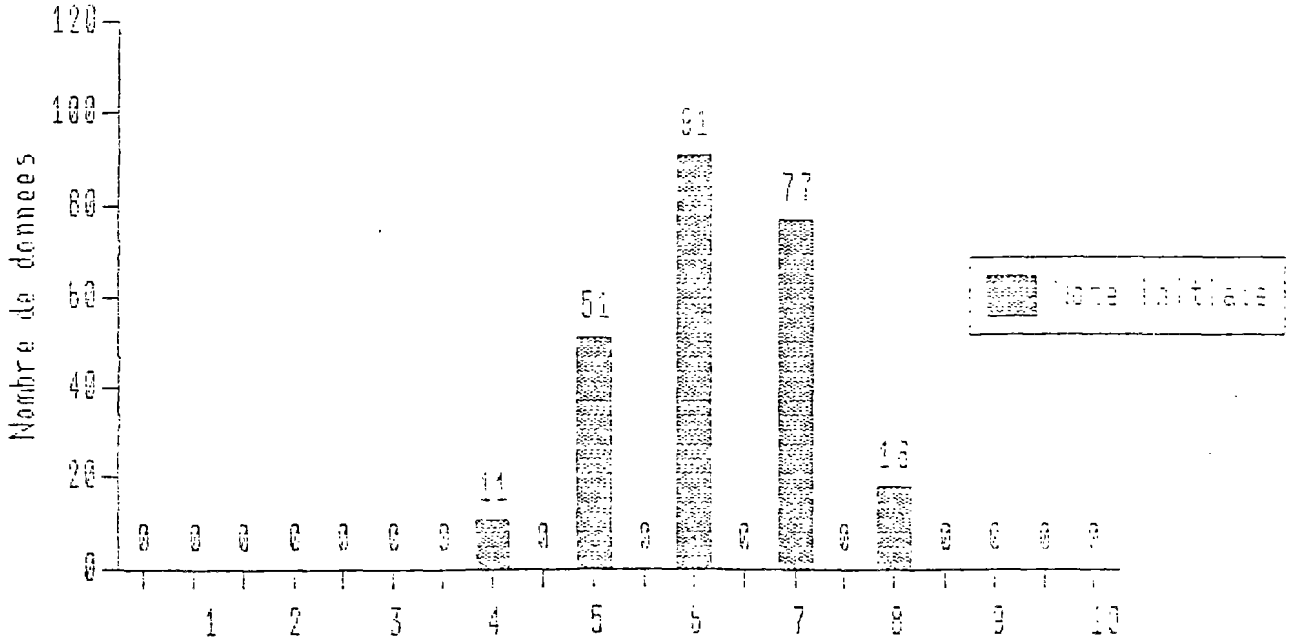




Distribution des variables explicatives

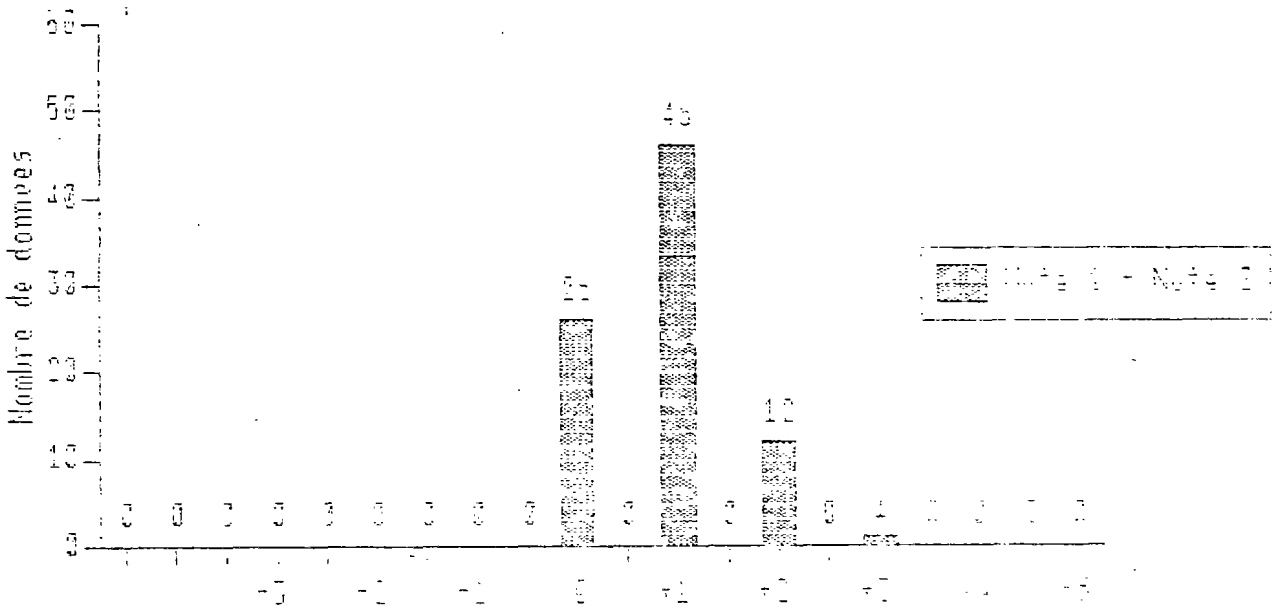
Donnees ST - Structure : NH

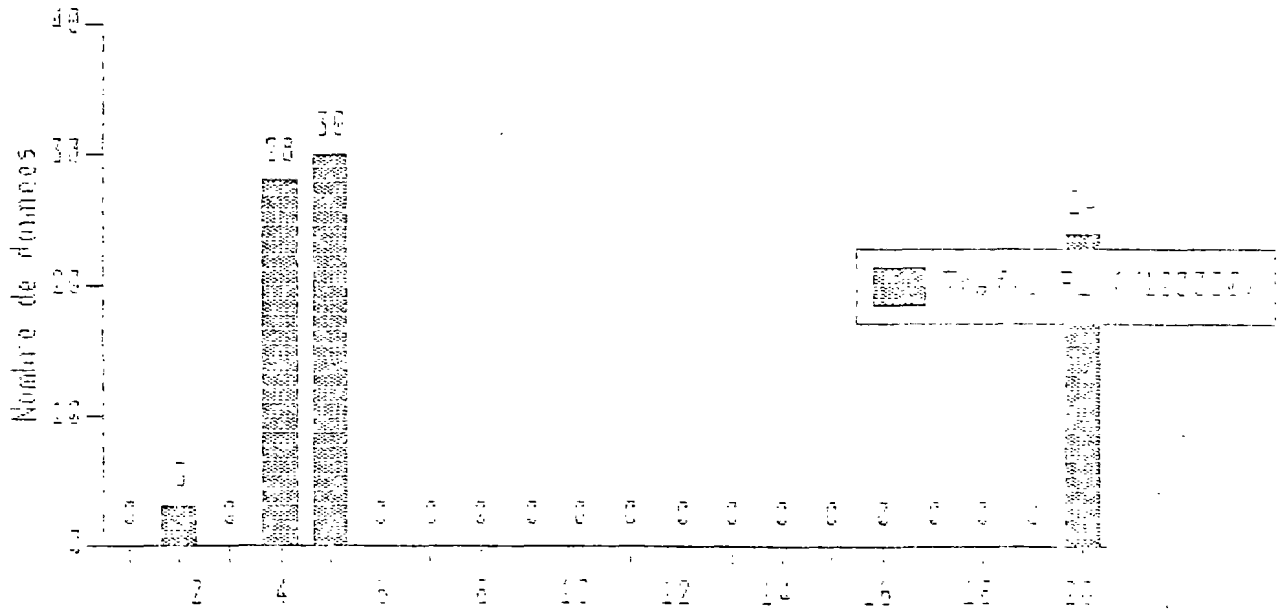




Distribution des variables explicatives

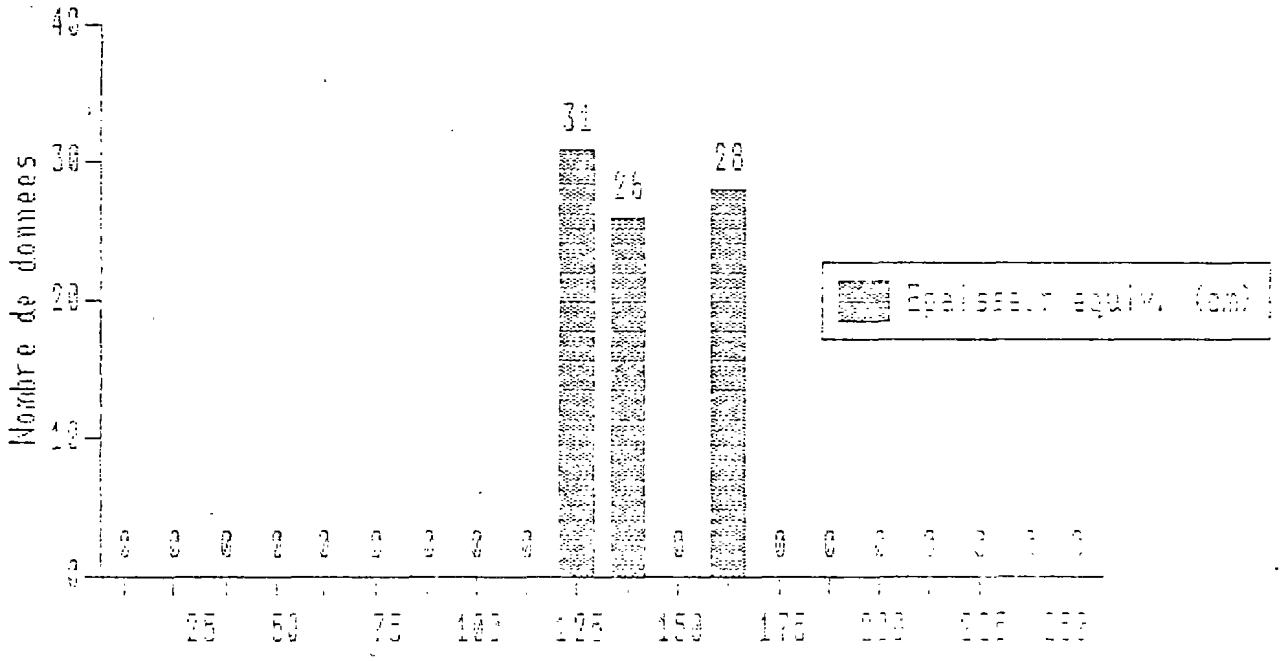
Donnees ST - Structure : RH

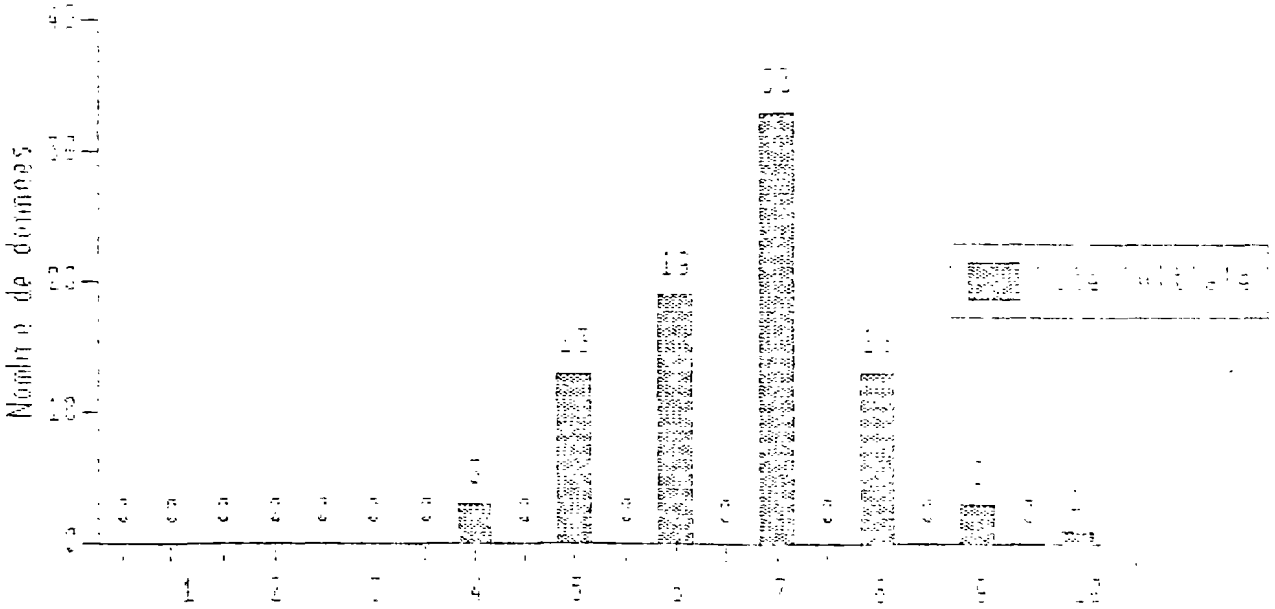




Distribution des variables explicatives

Donnees ST - Structure : RH



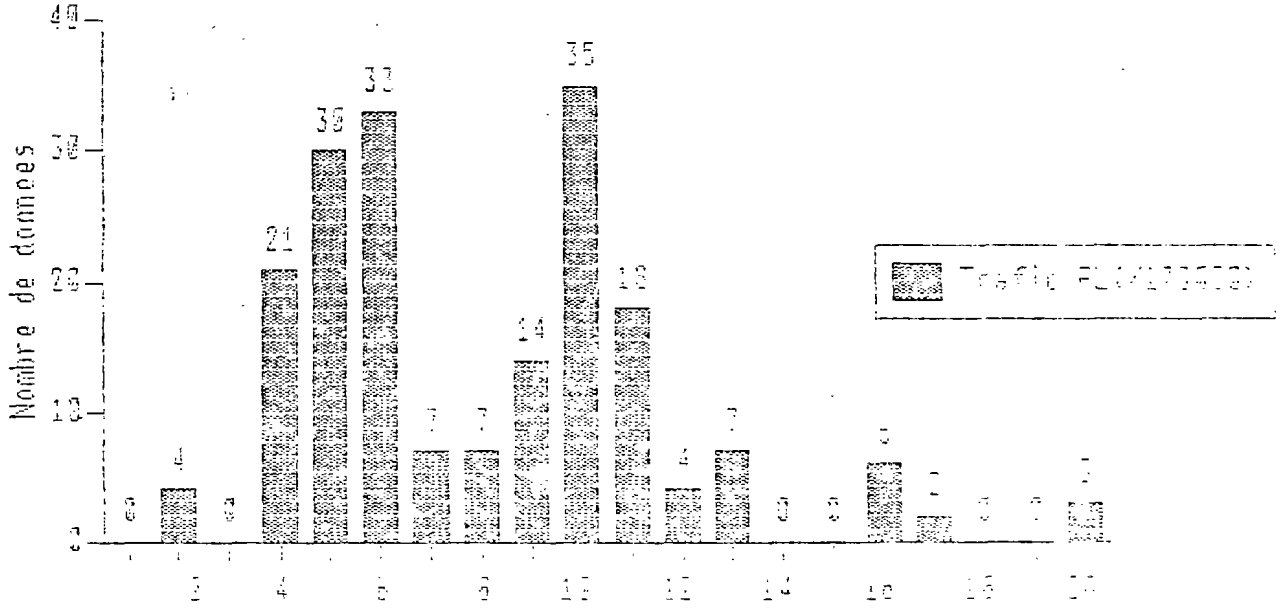


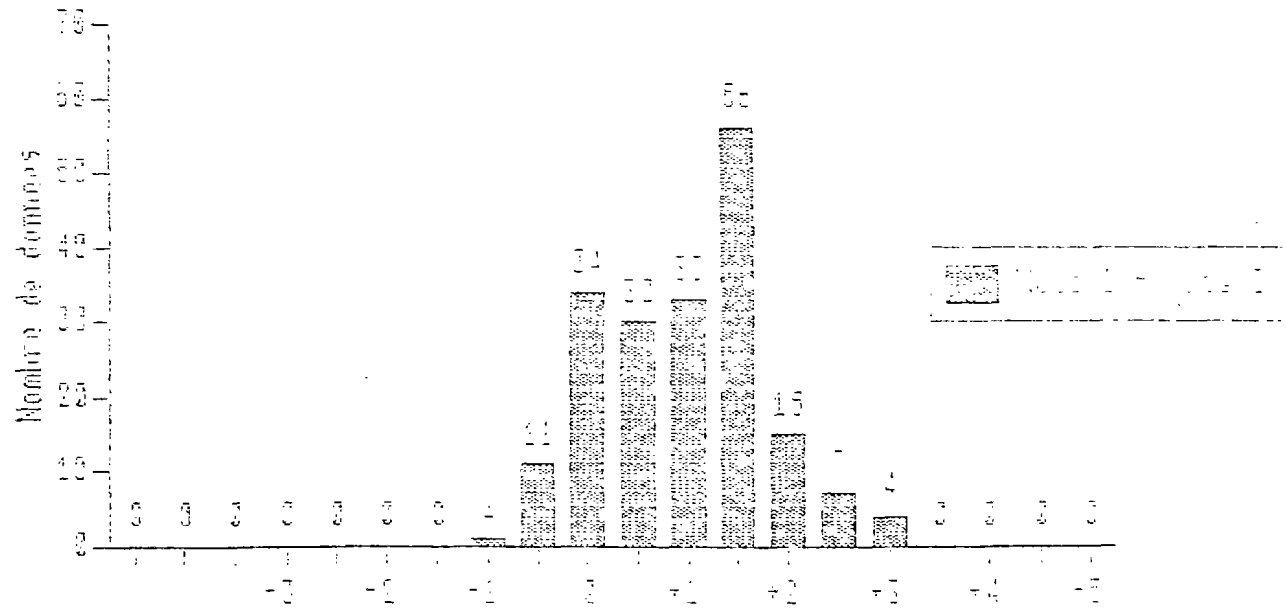
ANNEXE I

11. Histogrammes des données pour la BDR - (§ 4.6.)

Distribution des variables explicatives

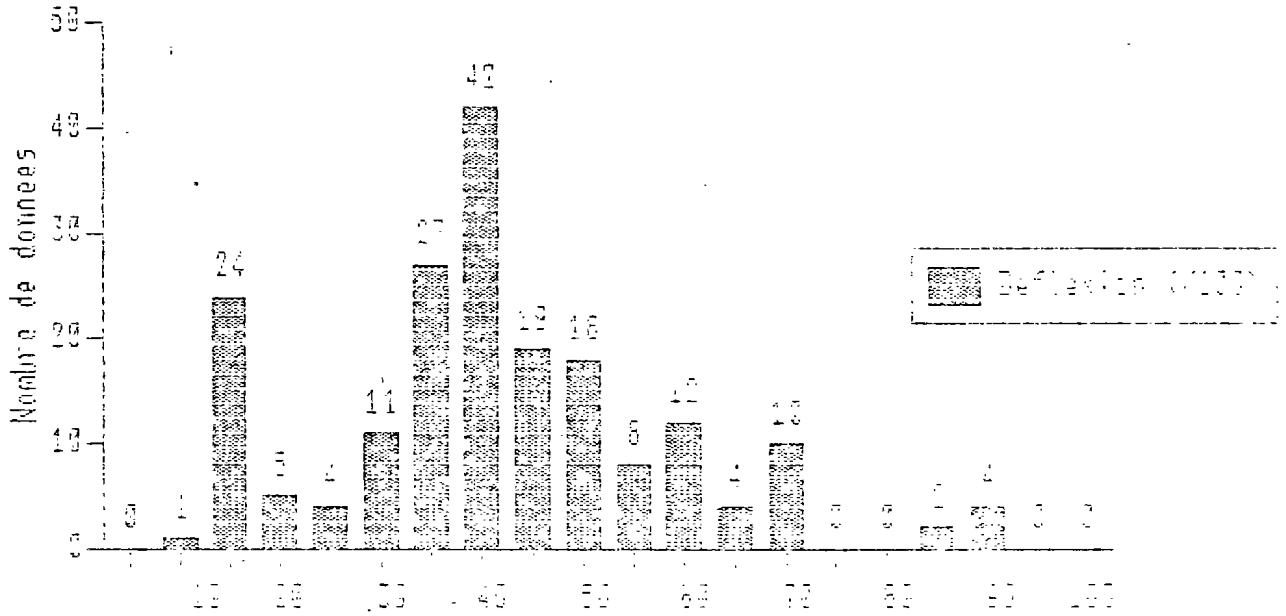
Donnees BDR - Structure : CT

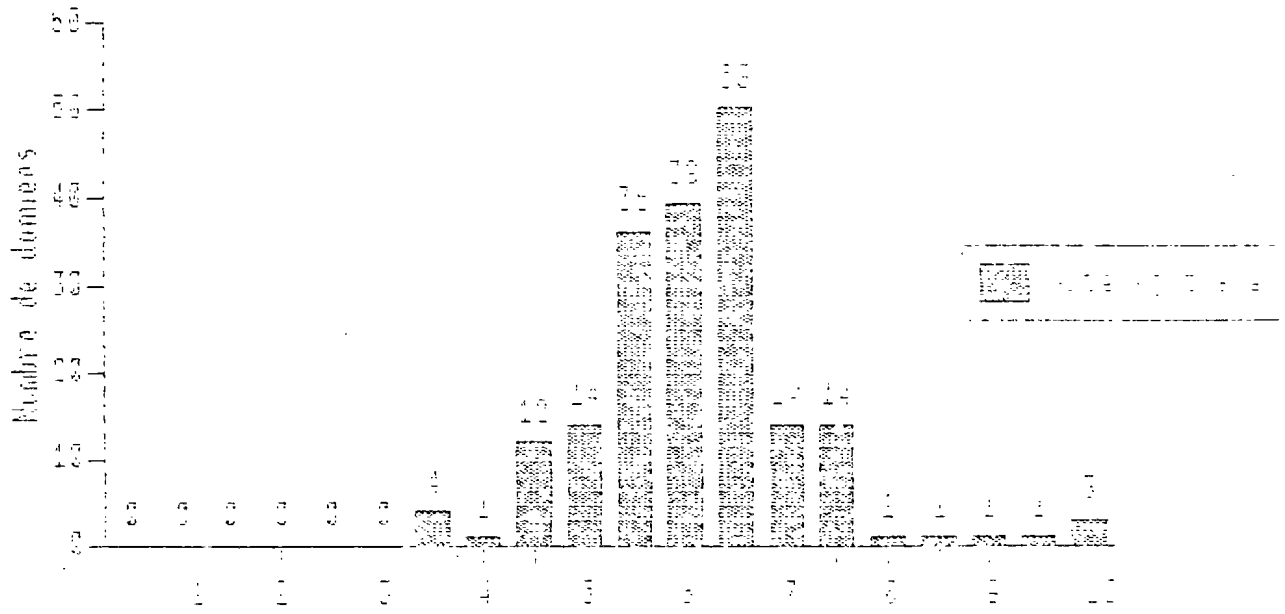




Distribution des variables explicatives

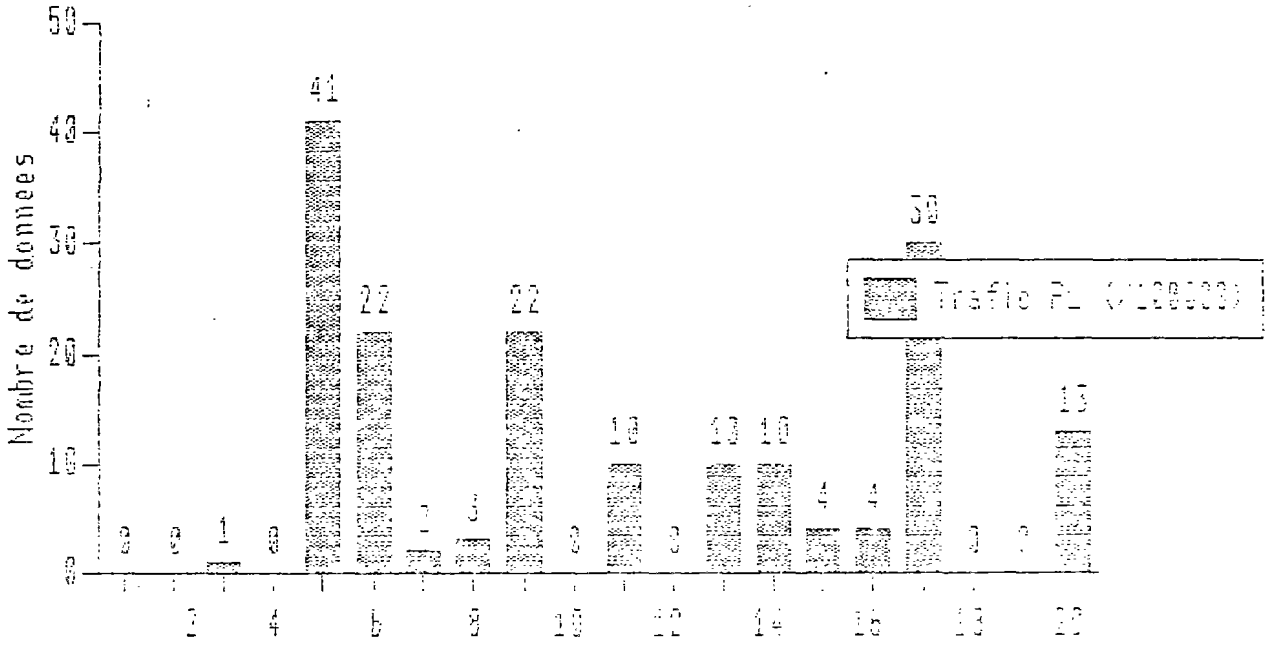
Donnees BDR - Structure : CT

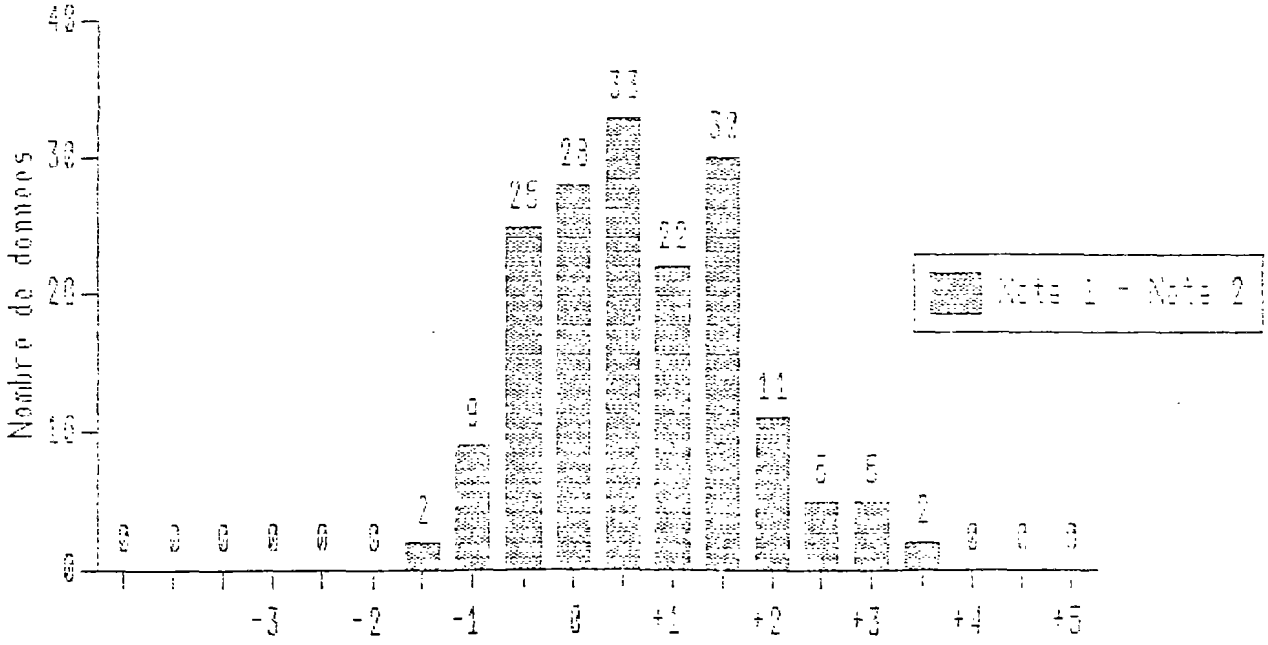




Distribution des variables explicatives

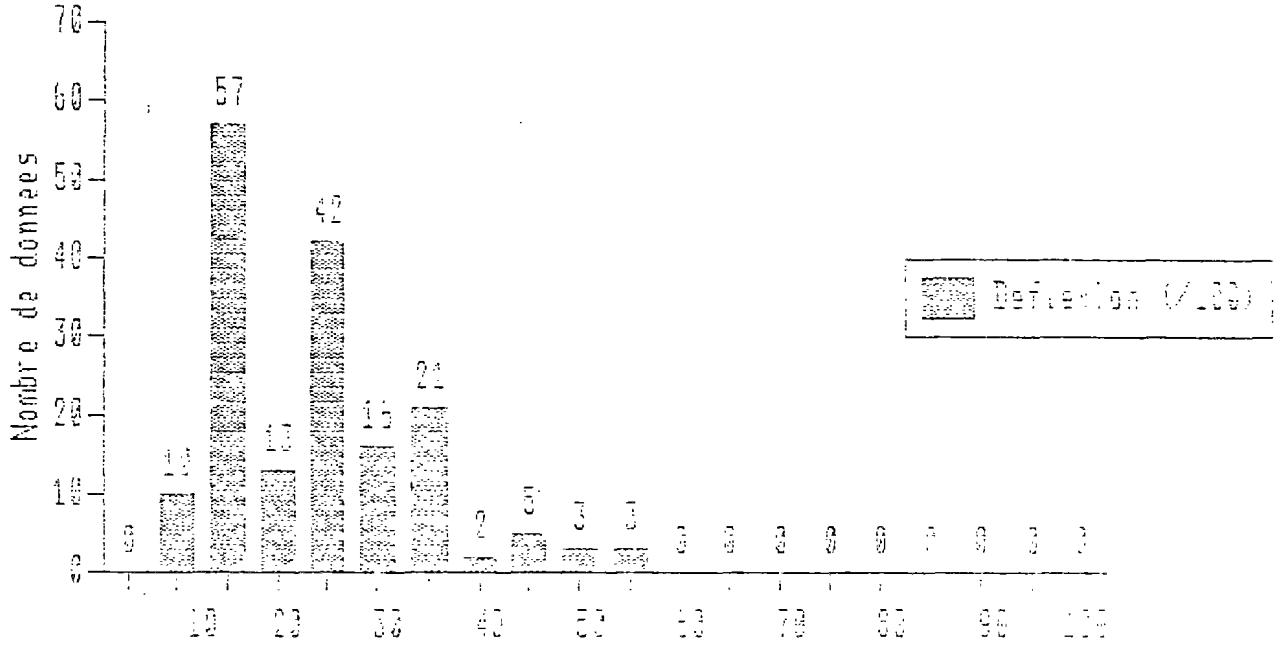
Donnees BDR - Structure : RB

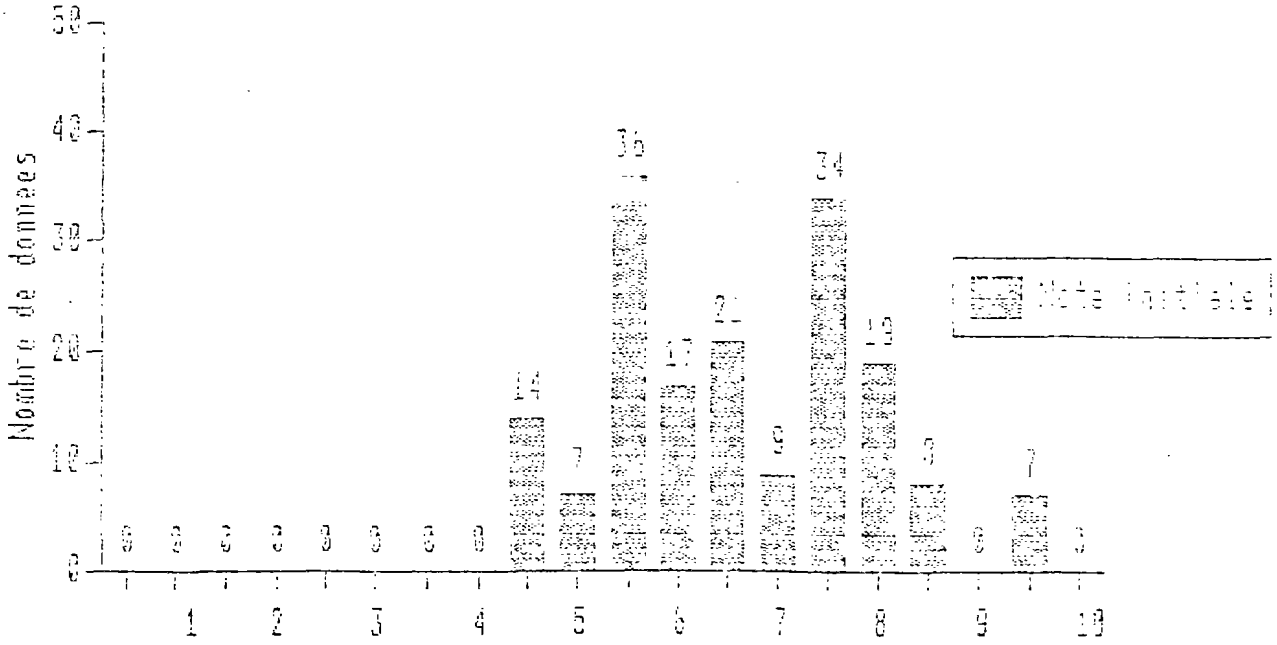




Distribution des variables explicatives

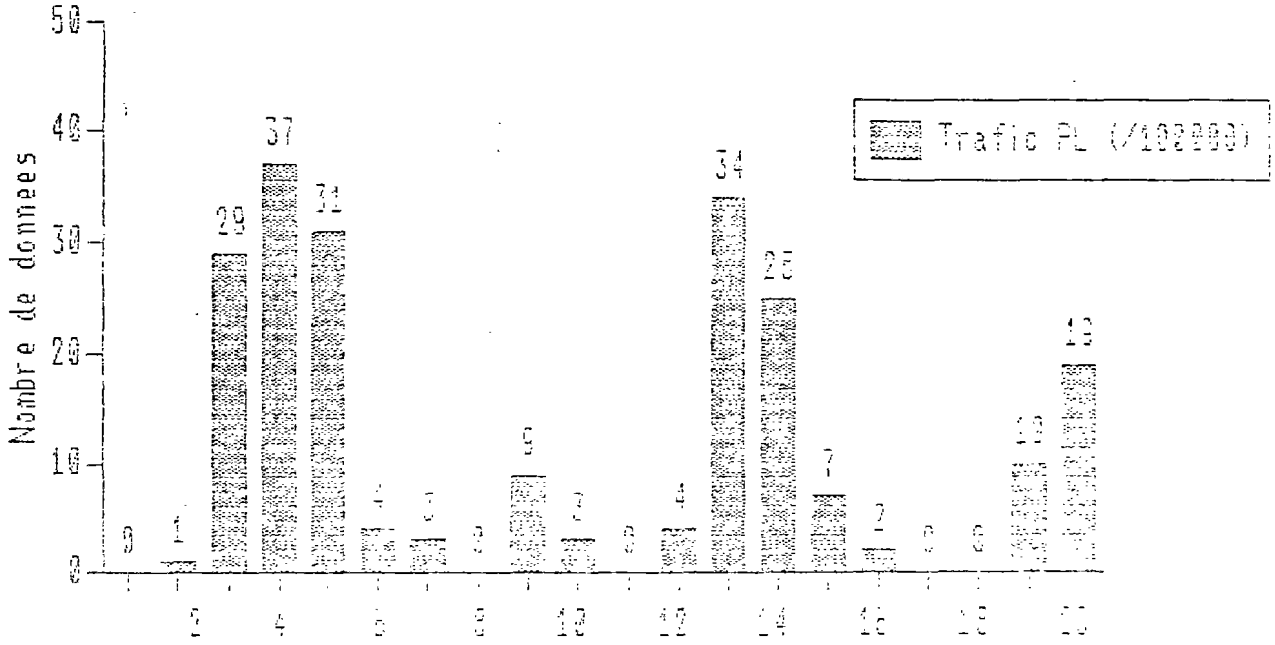
Donnees BDR - Structure : R3

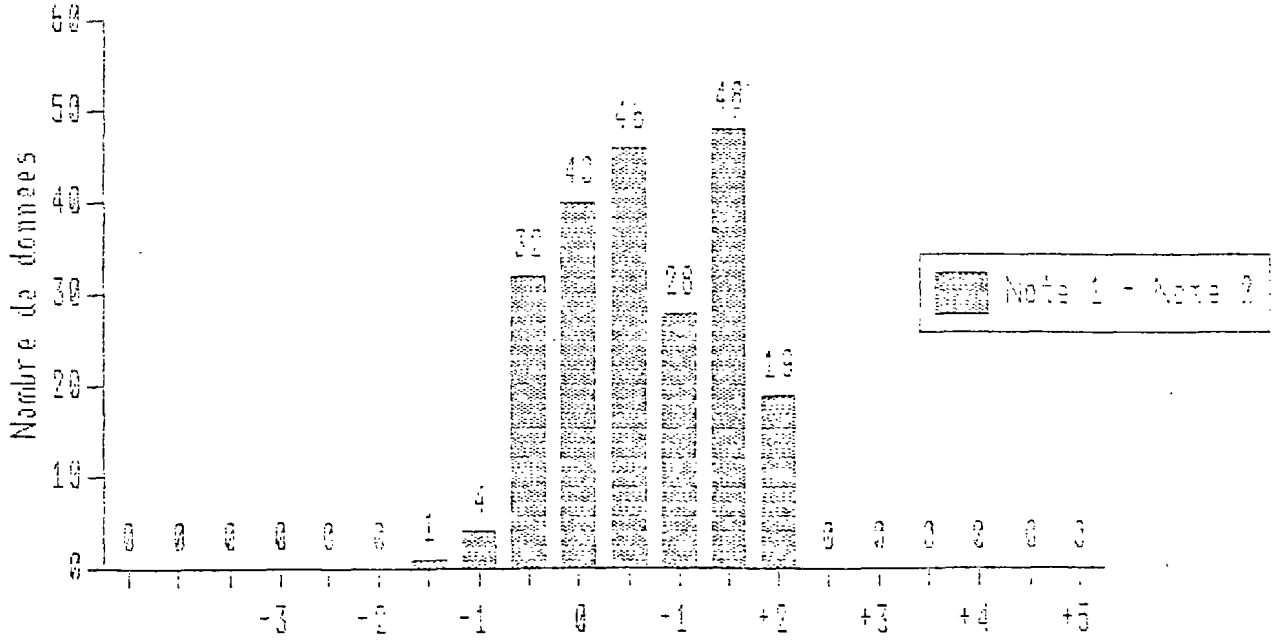




Distribution des variables explicatives

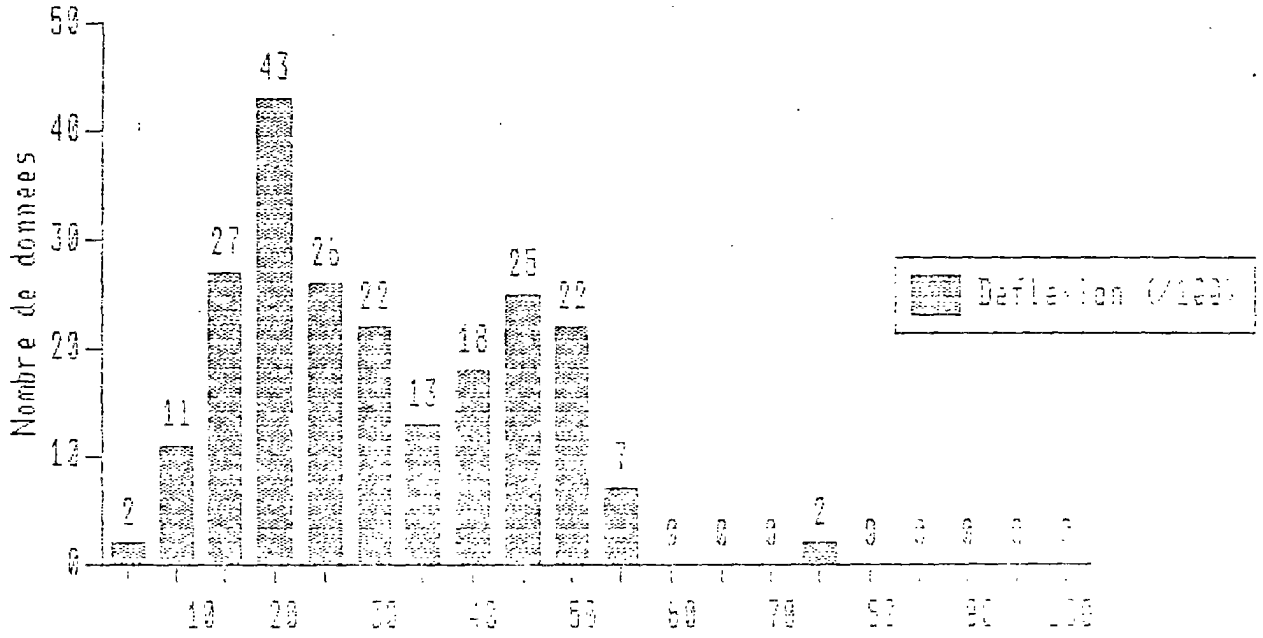
Donnees BDR - Structure : NBB

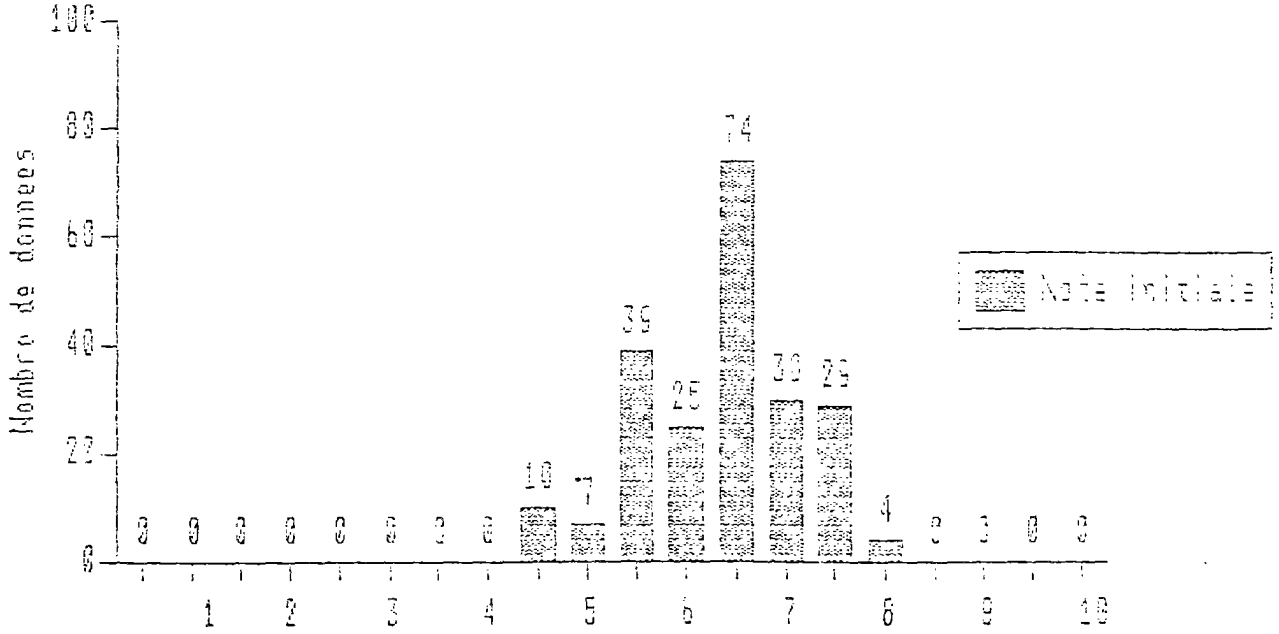




Distribution des variables explicatives

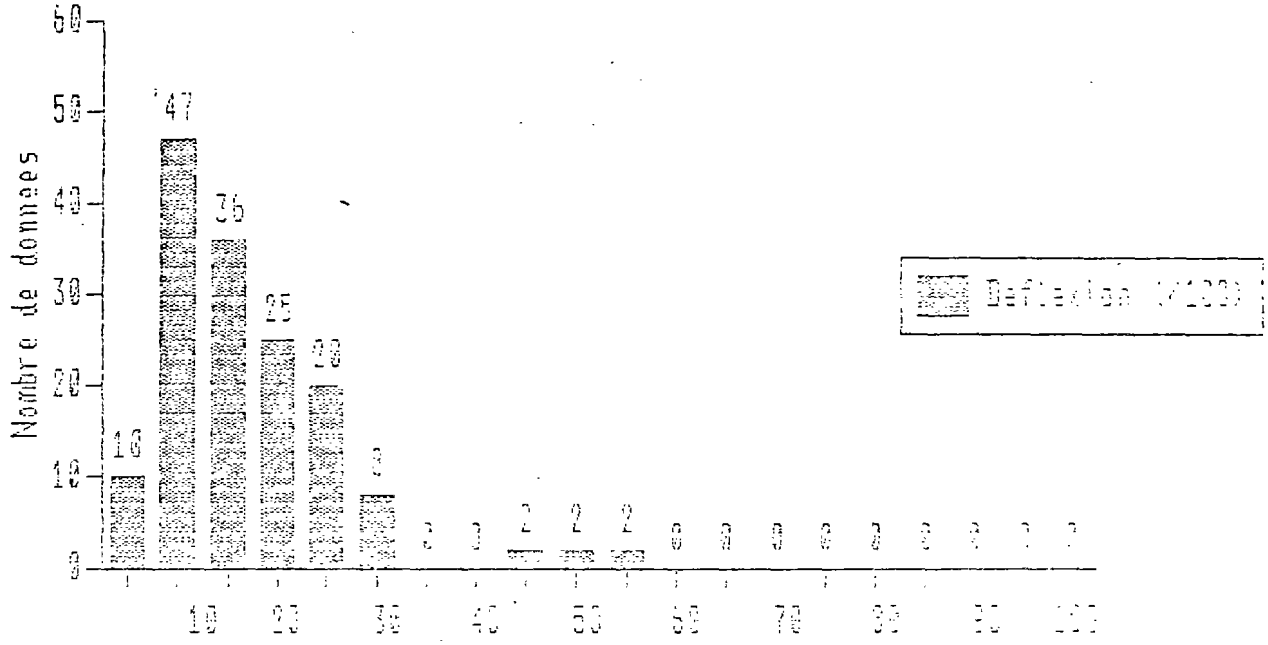
Donnees BDR - Structure : NEB

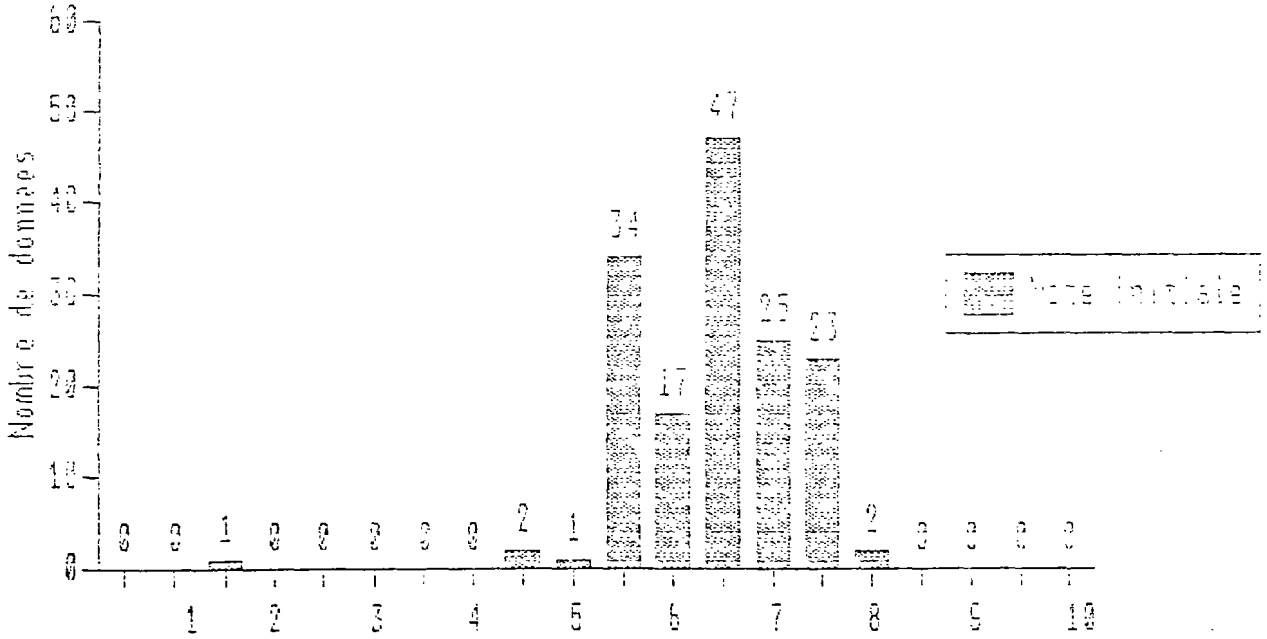




Distribution des variables explicatives

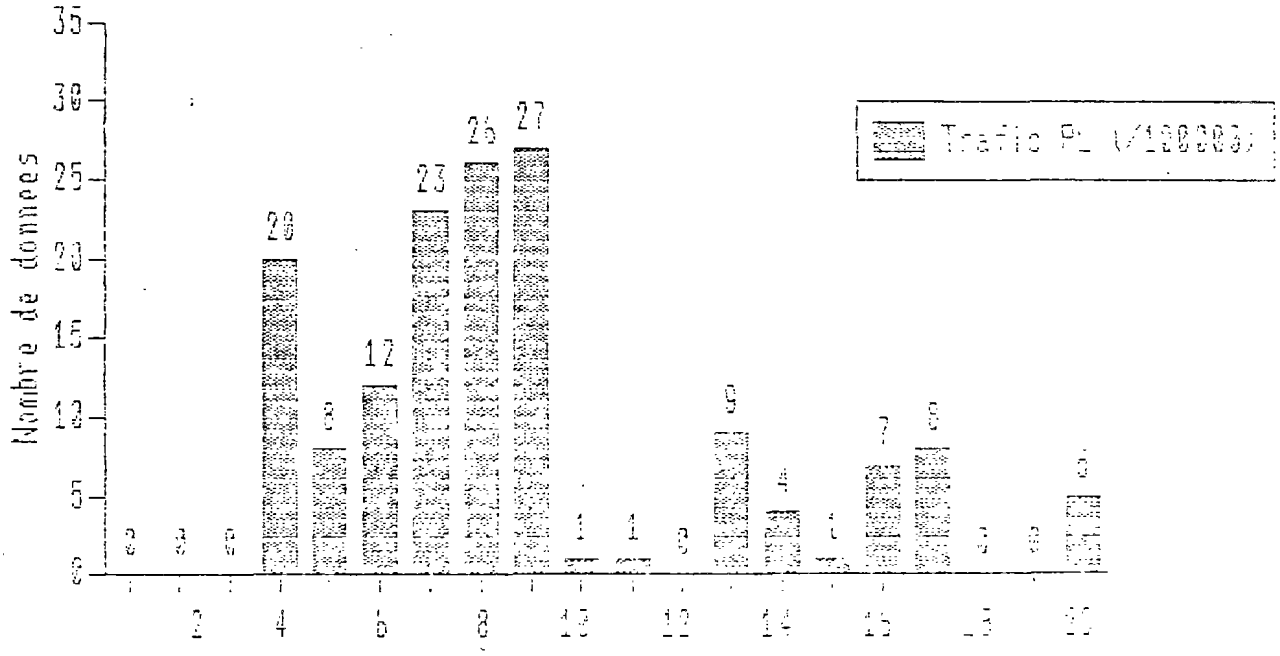
Donnees BDR - Structure : NHF

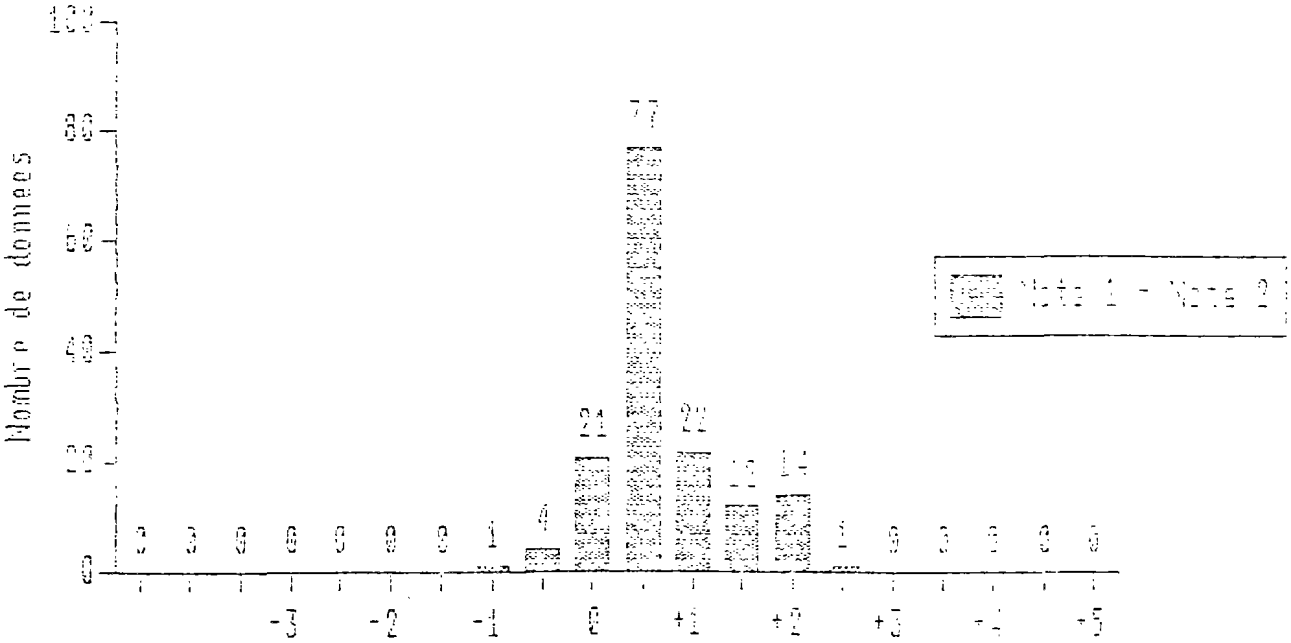




Distribution des variables explicatives

Donnees BDR - Structure : NHH



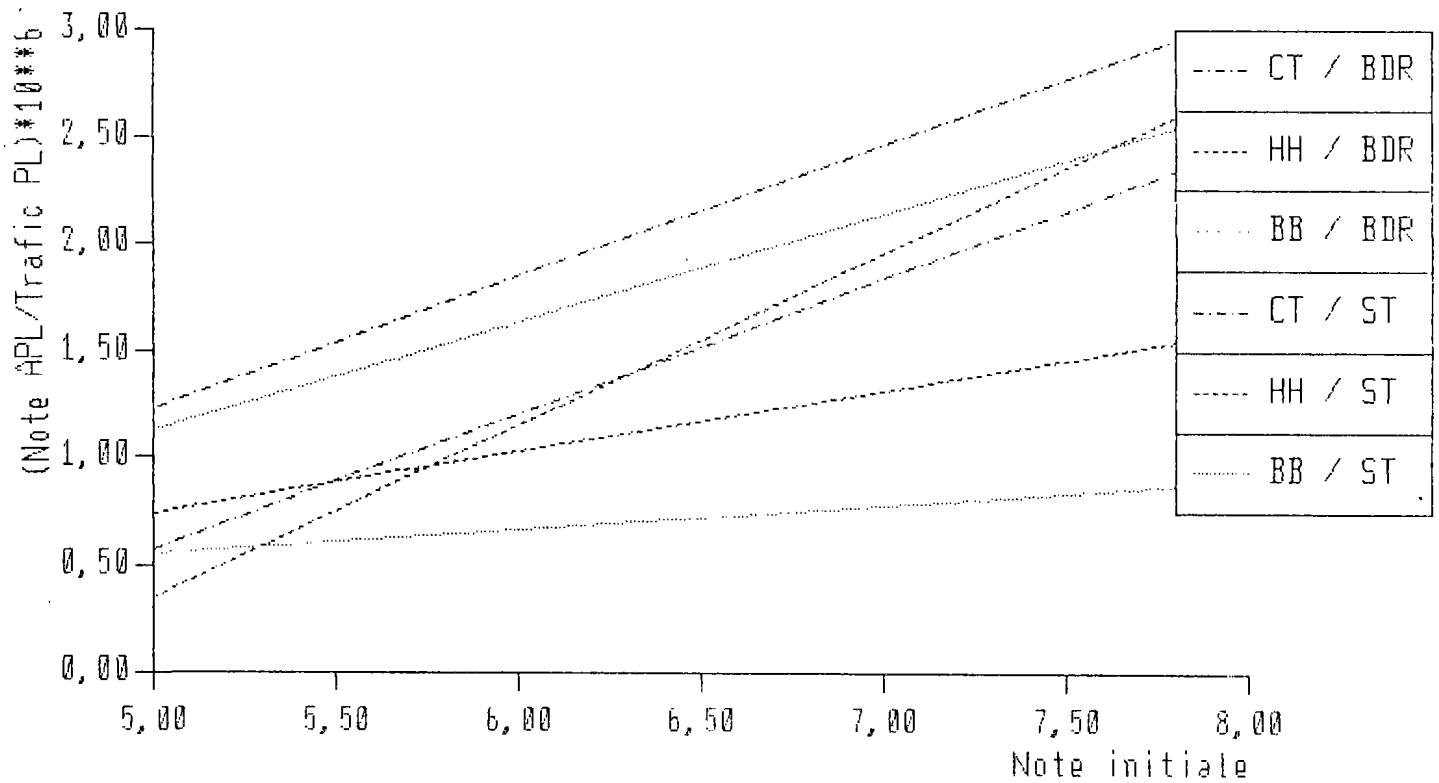


ANNEXE I

12. Comparaisons des resultats de l'évolution de l'uni obtenus pour les ST et pour la BDR - (§ 4.7.)

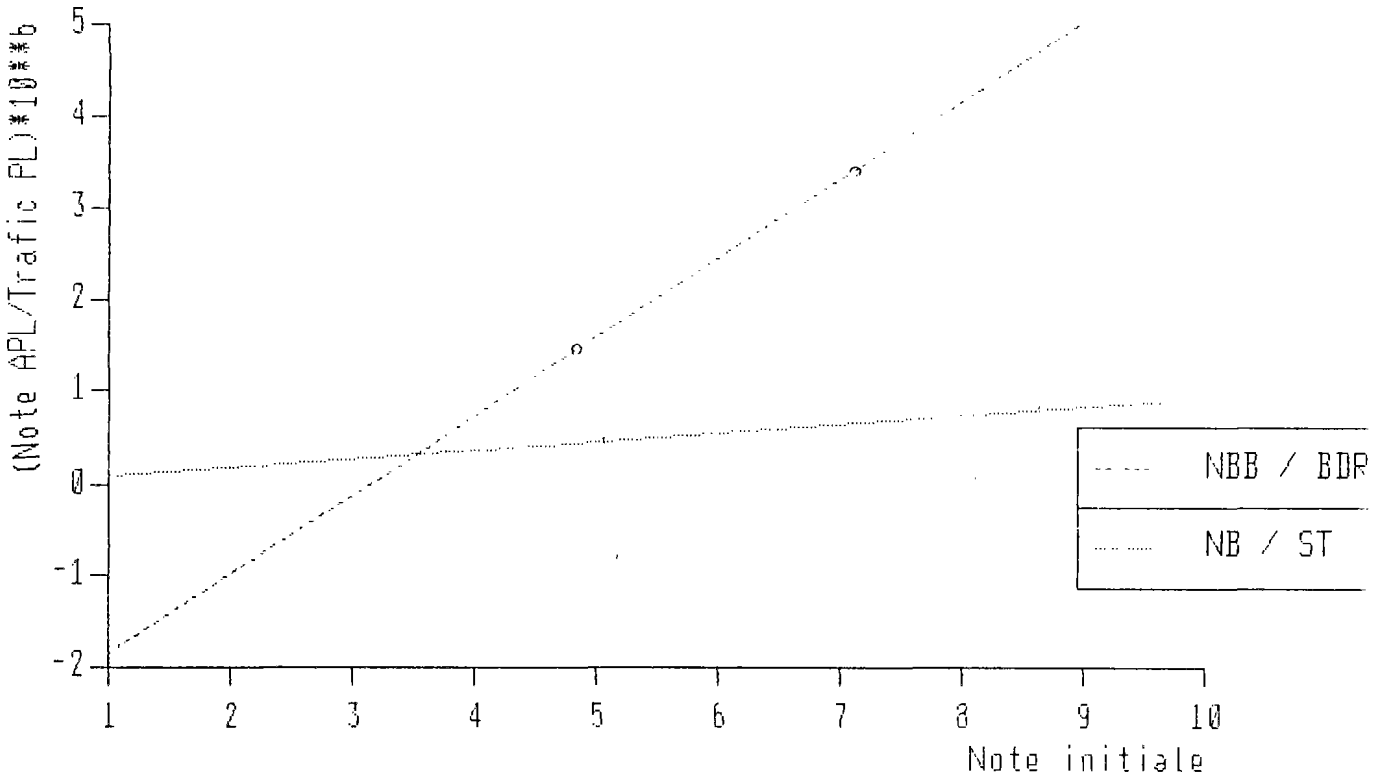
Evolution des structures - Comparaison ST / BDR

Formule : dN/dT = a + b * N1



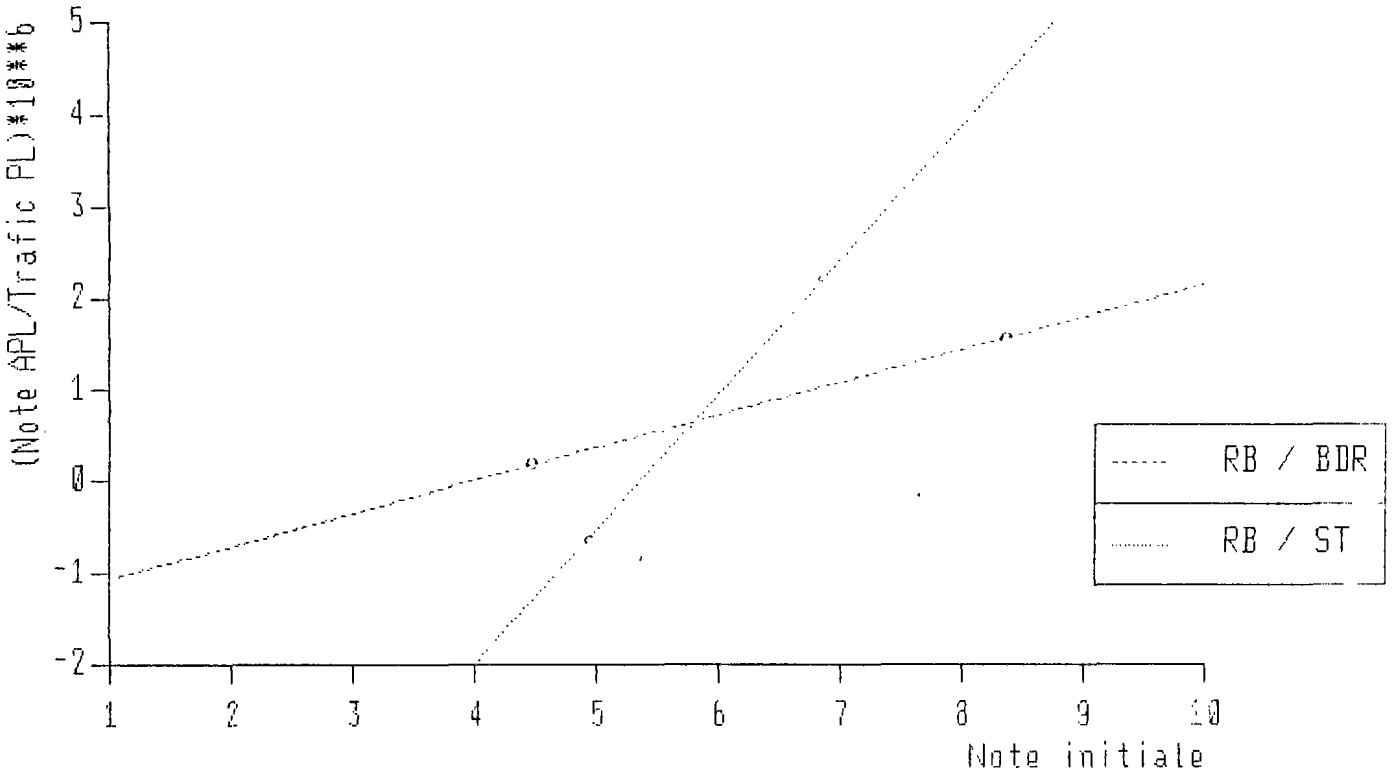
Evolution des structures - Comparaison ST / BDR

Formule : dN/dT = a + b * N1



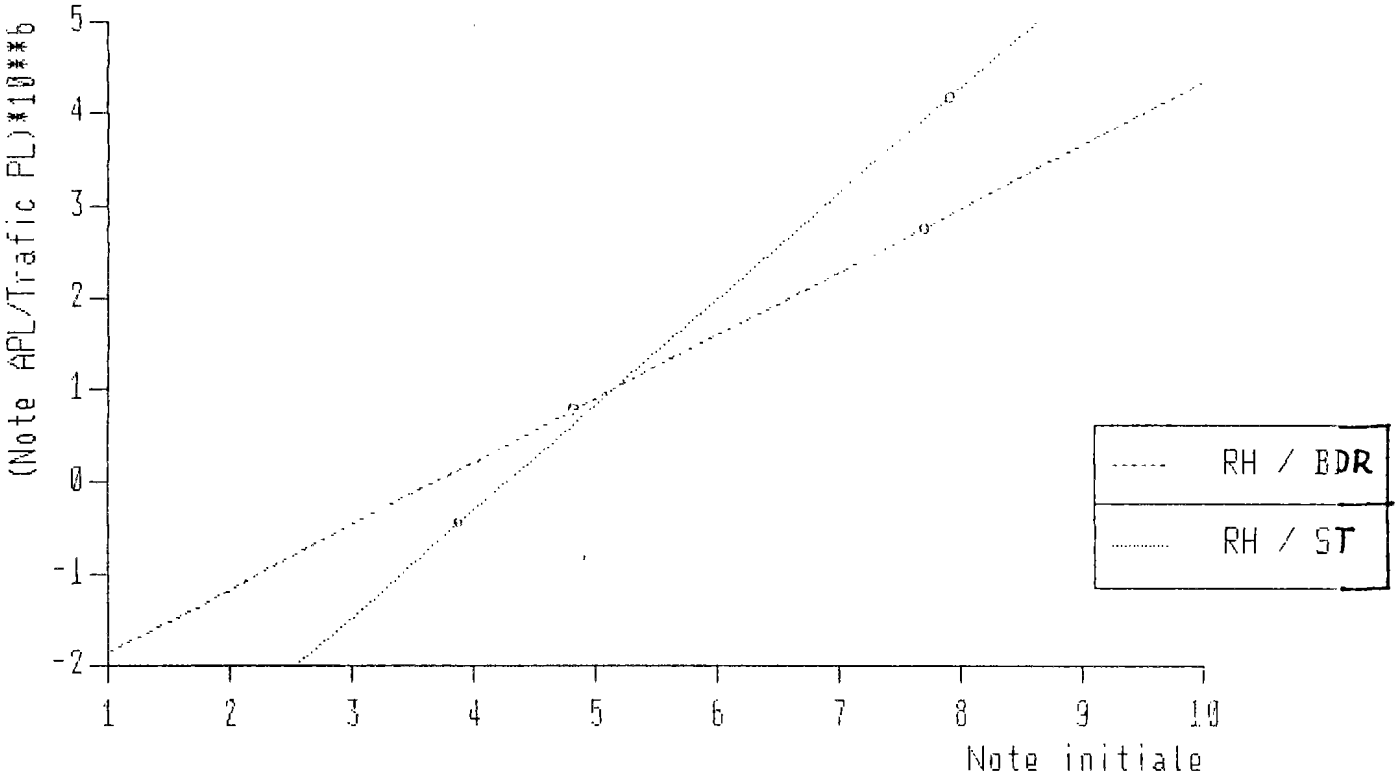
Evolution des structures - Comparaison ST / BDR

Formule : dN/dT = a + b * N1



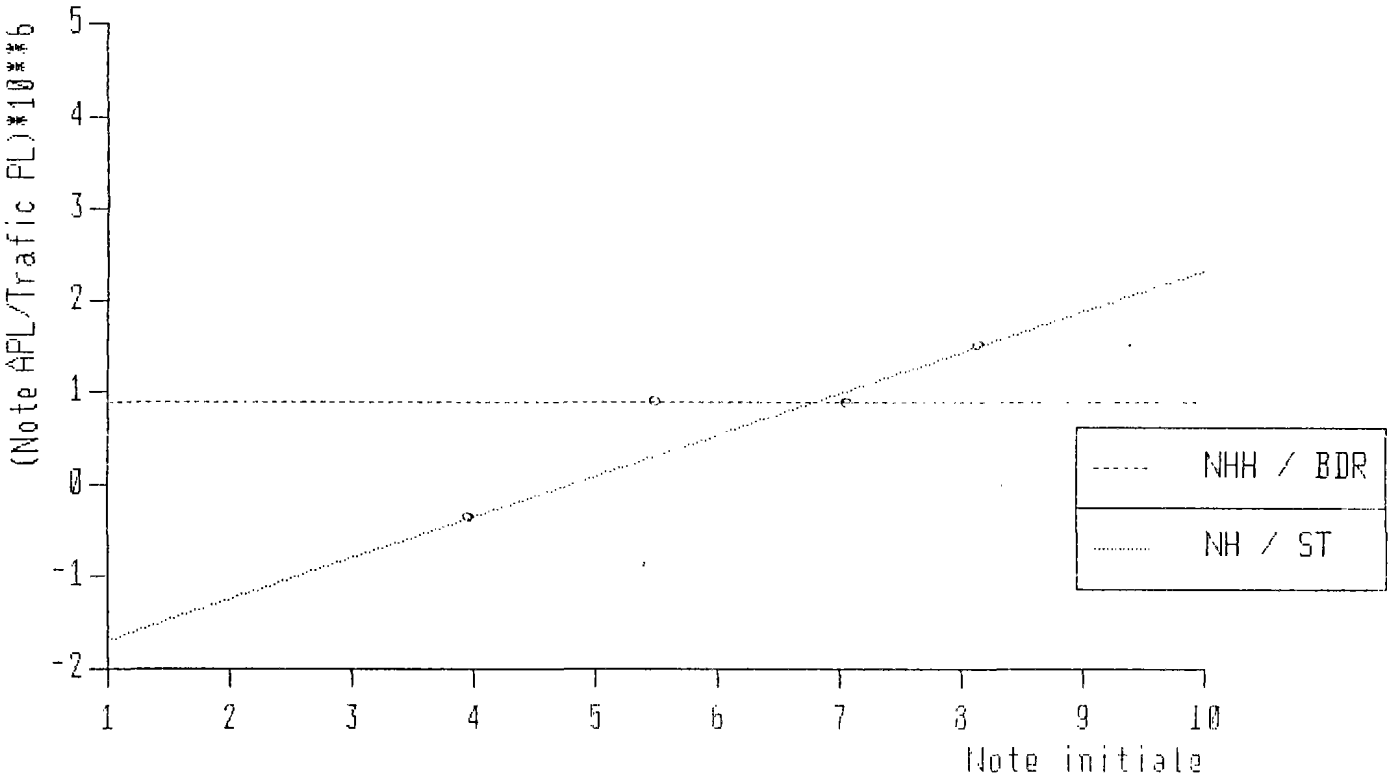
Evolution des structures - Comparaison ST / BDR

Formule : dN/dT = a + b * N1



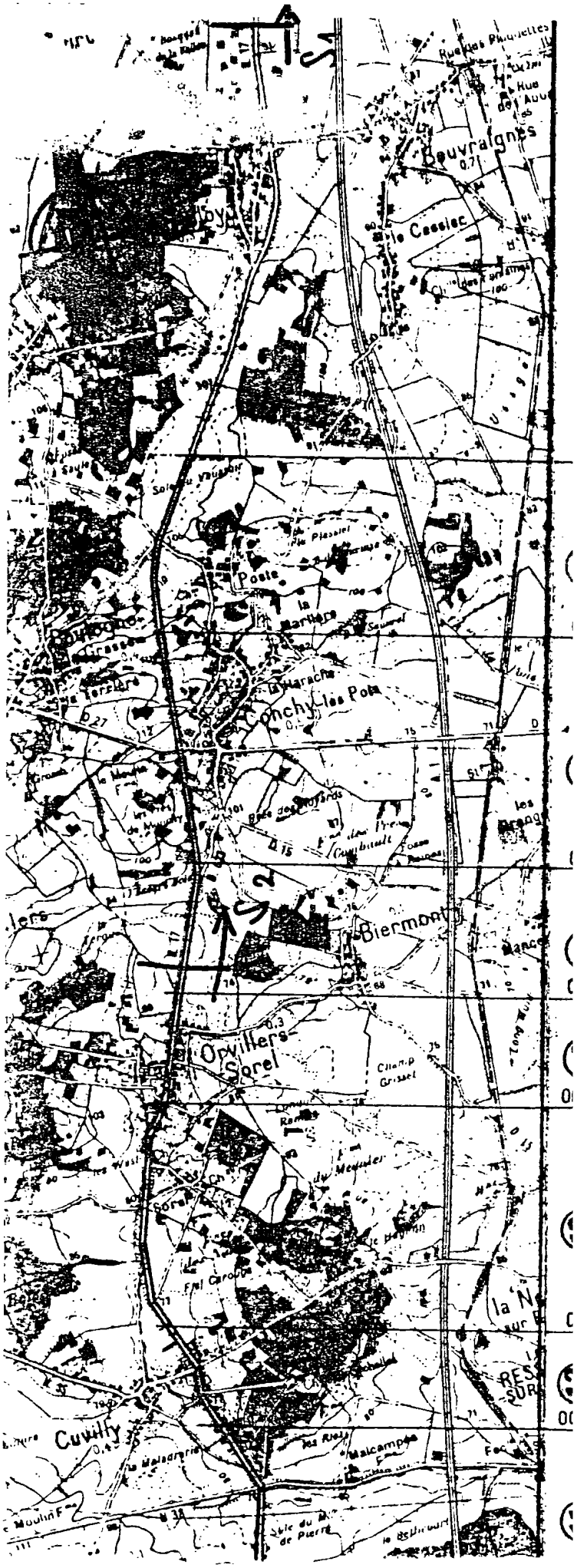
Evolution des structures - Comparaison ST / BDR

Formule : dN/dT = a + b * N1



ANNEXE I

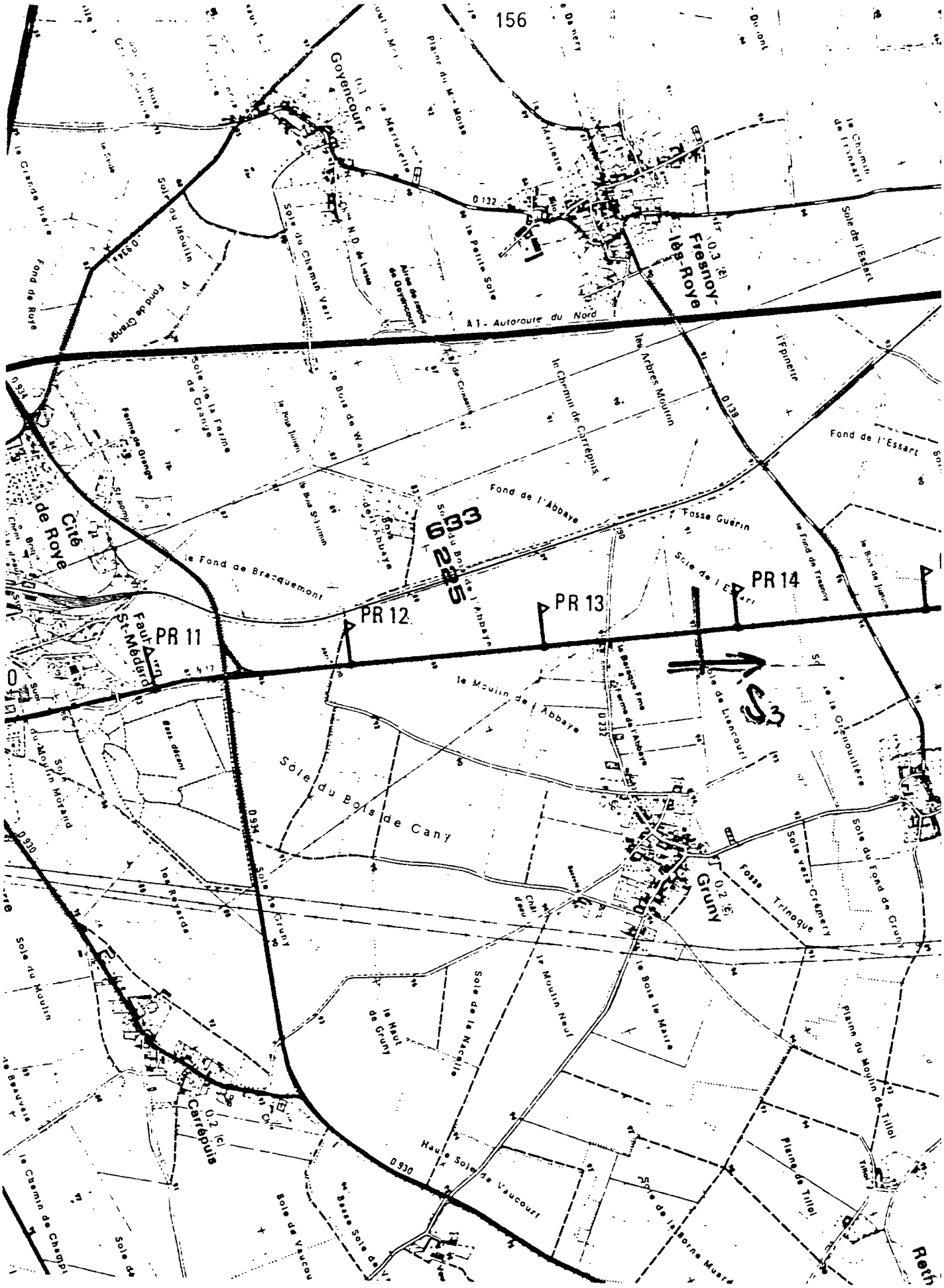
13. Plans des sites de mesures de vitesse - (§ 5.2.1.)



RN 17

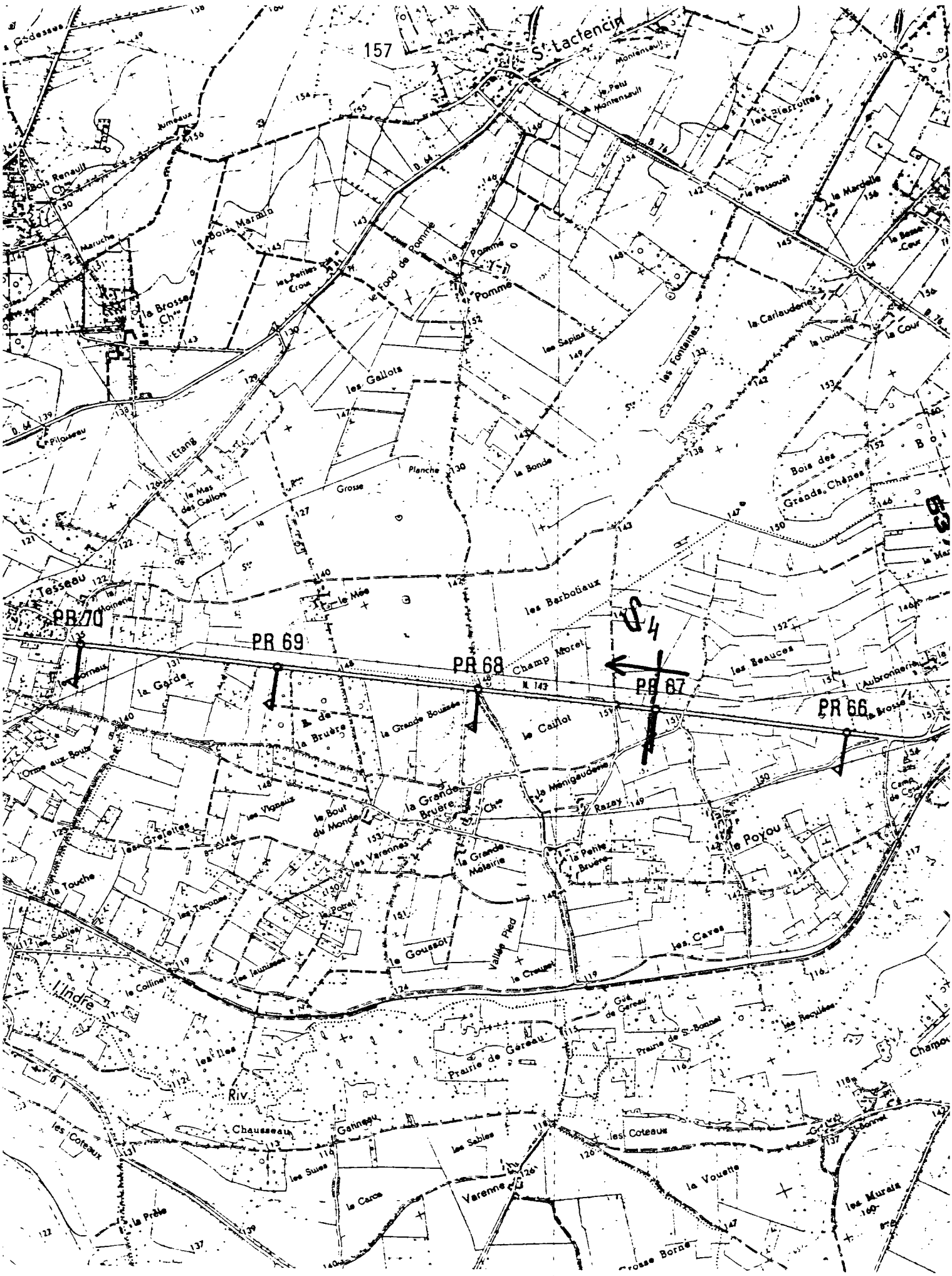
SOMME (80)

OISE (60)



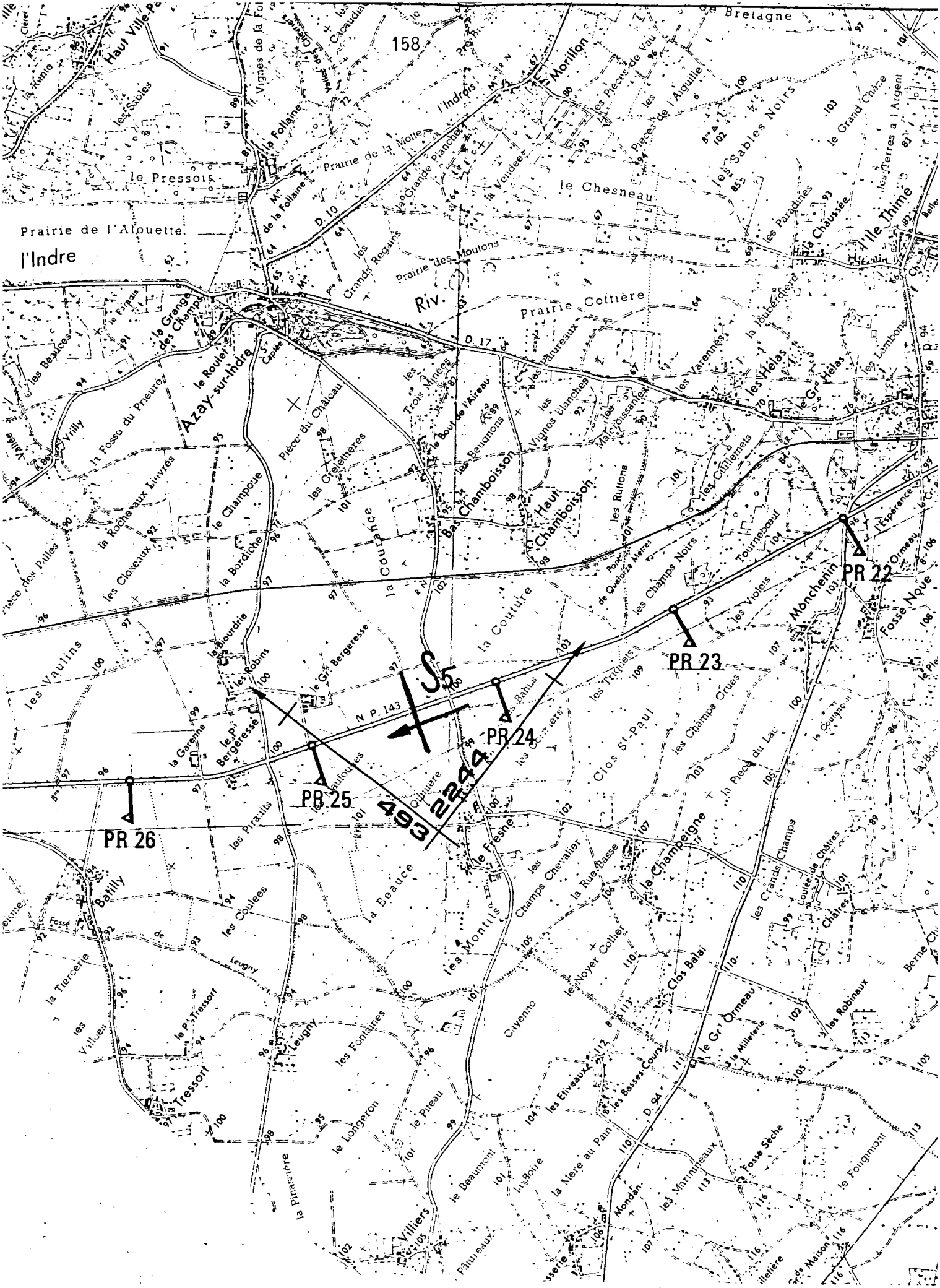
RN 17

SOMME (80)



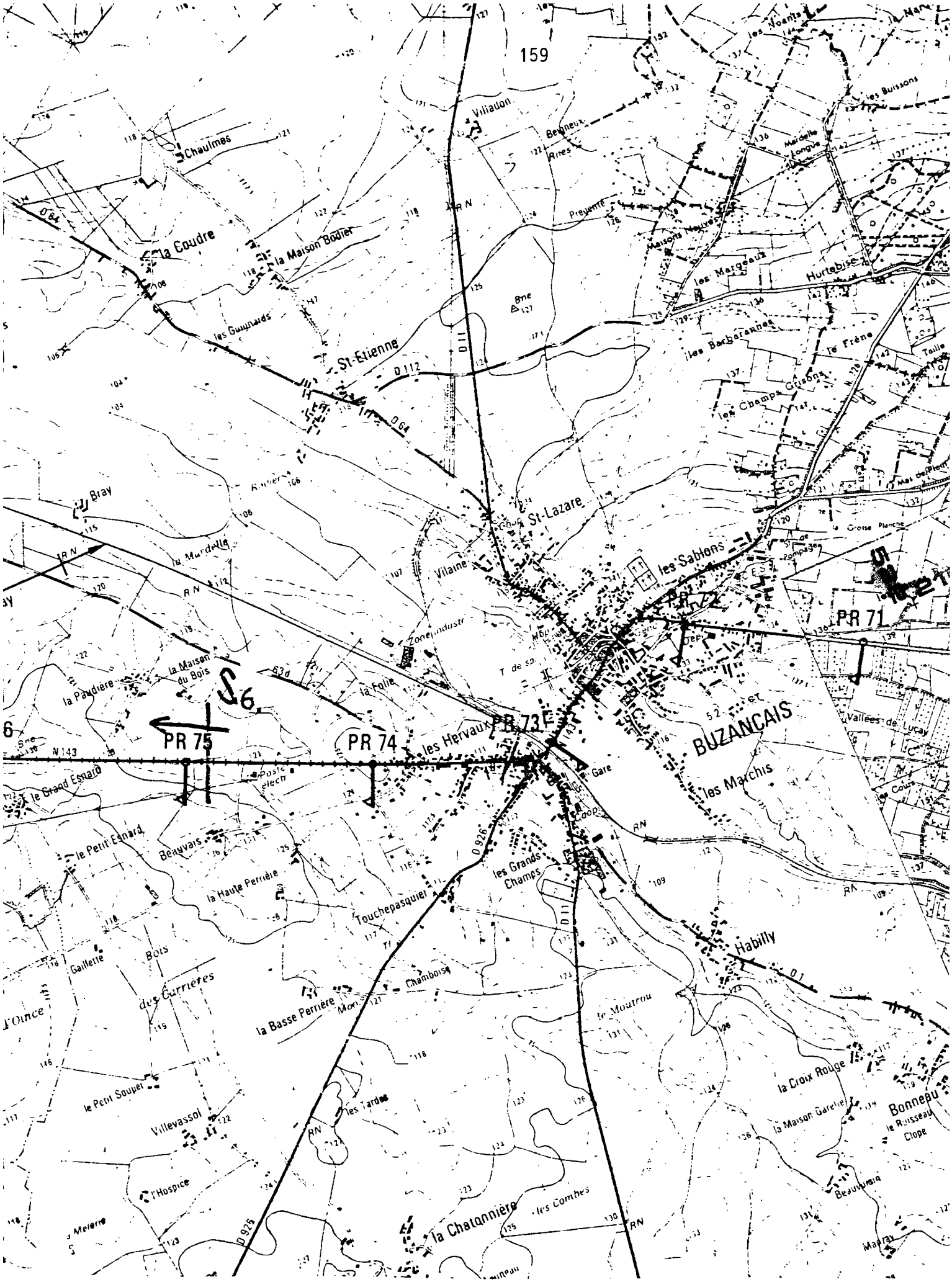
RN 143

INDRE (36)



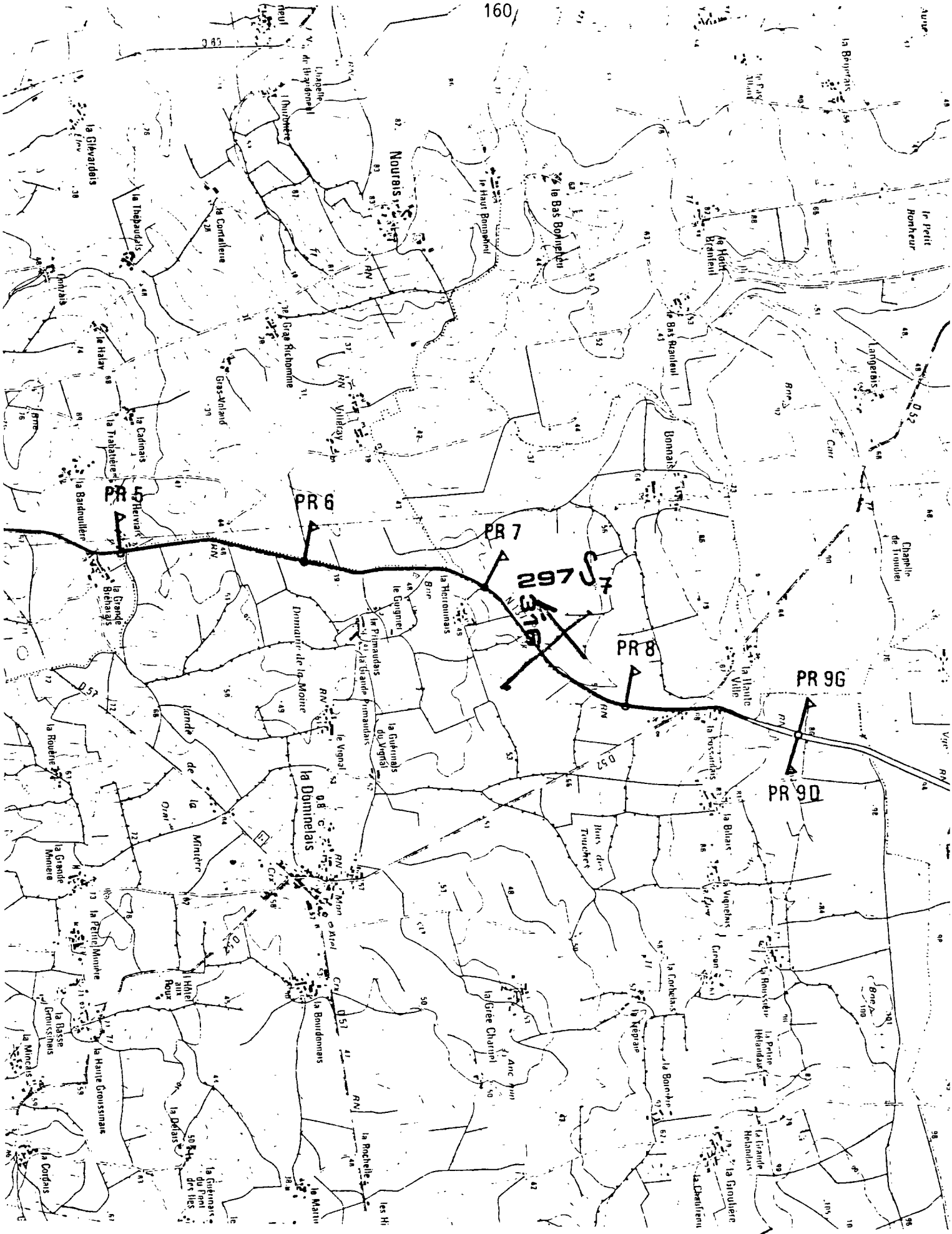
RN 143

INDRE et LOIRE (37)



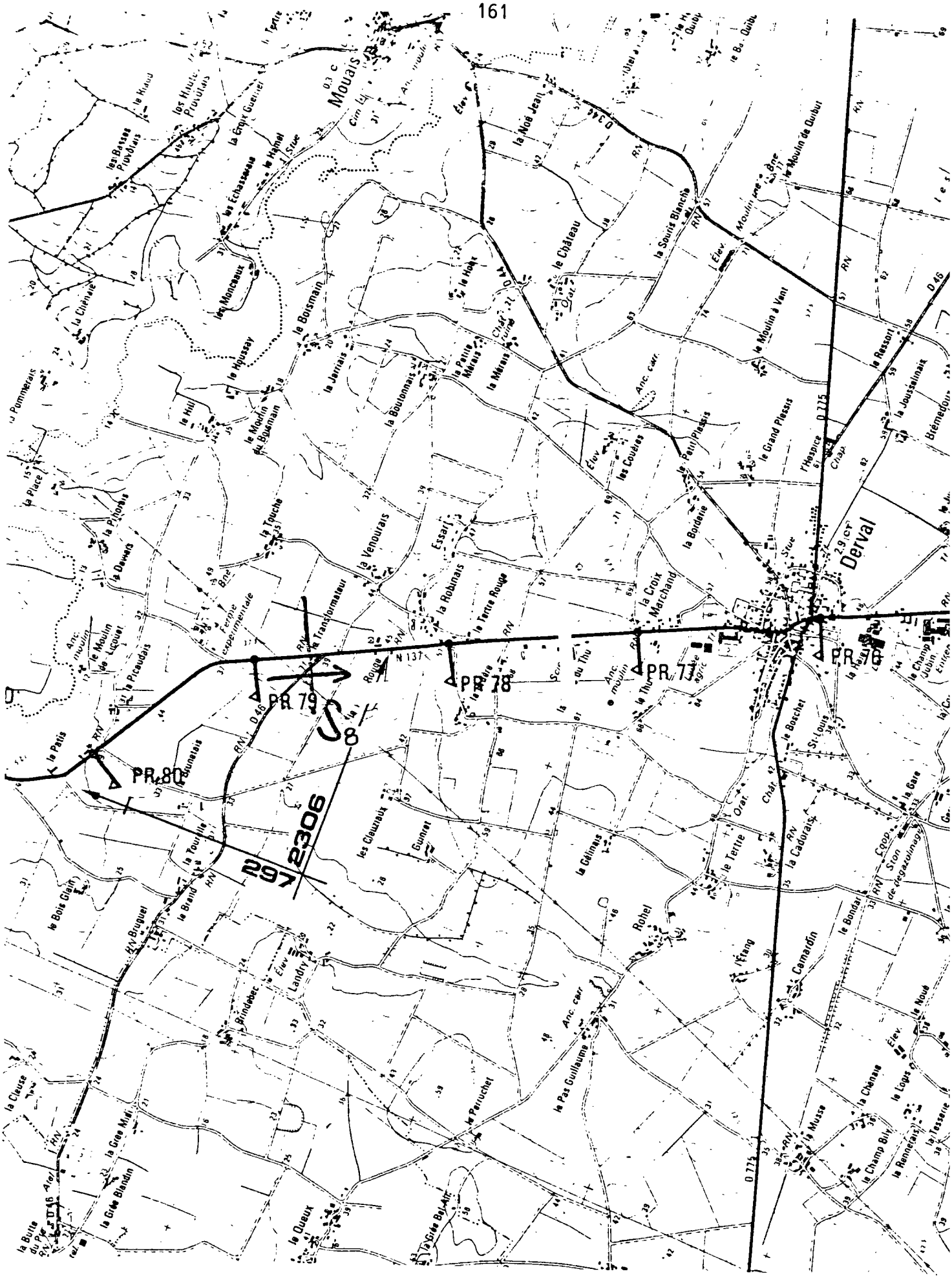
RN 143

INDRE (36)



RN 137 8+765

ILLE-ET-VILLAINE (35)



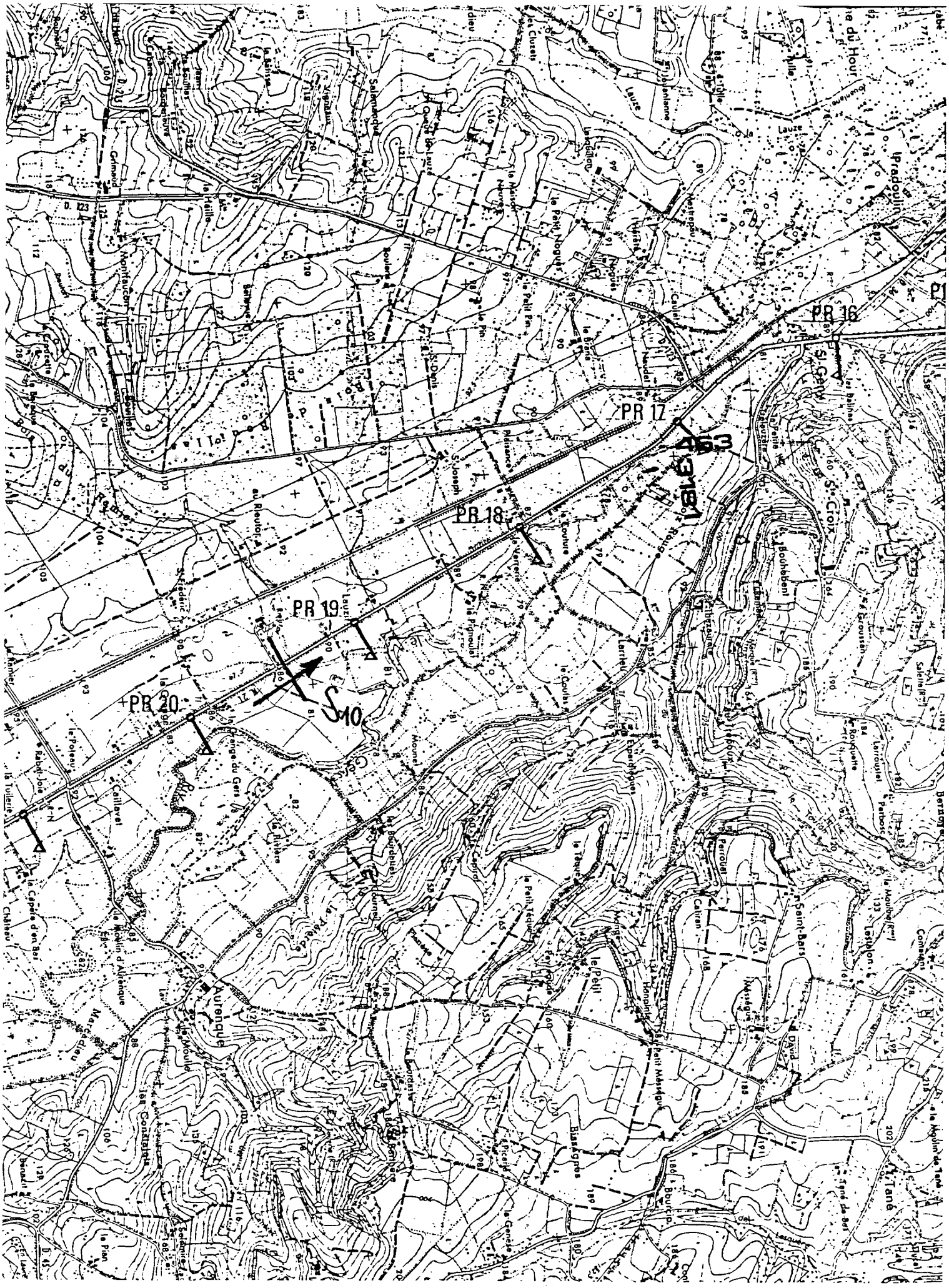
30,186

RN 137

LOIRE ATLANTIQUE (44)

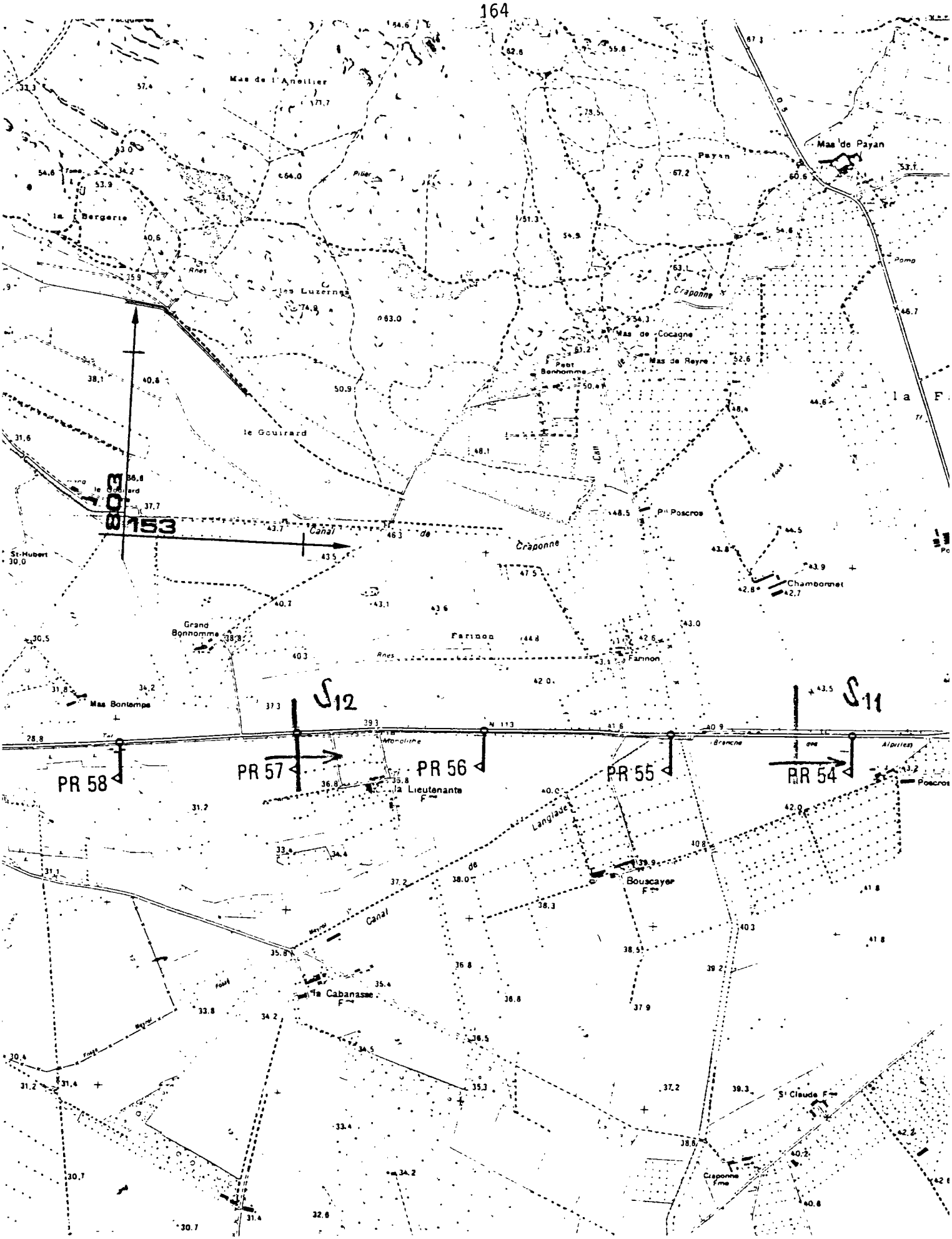
RN 21

GERS (32)


PR 16
PR 17
PR 18
PR 19
PR 20
S10
Aurenque
Saint-Bers
Tané
Pradoulin
Montlaur
Rieutort
Caillavet
Rabel-Joie
Le Moulin d'Aurenque
Le Petit Masdaqui
Bouscip
Bouhèbent
Tibergue
Perrouet
Calvan
Larrouquet
Le Petit Tacque
Le Petit Nogues
Le Moulin de Tané

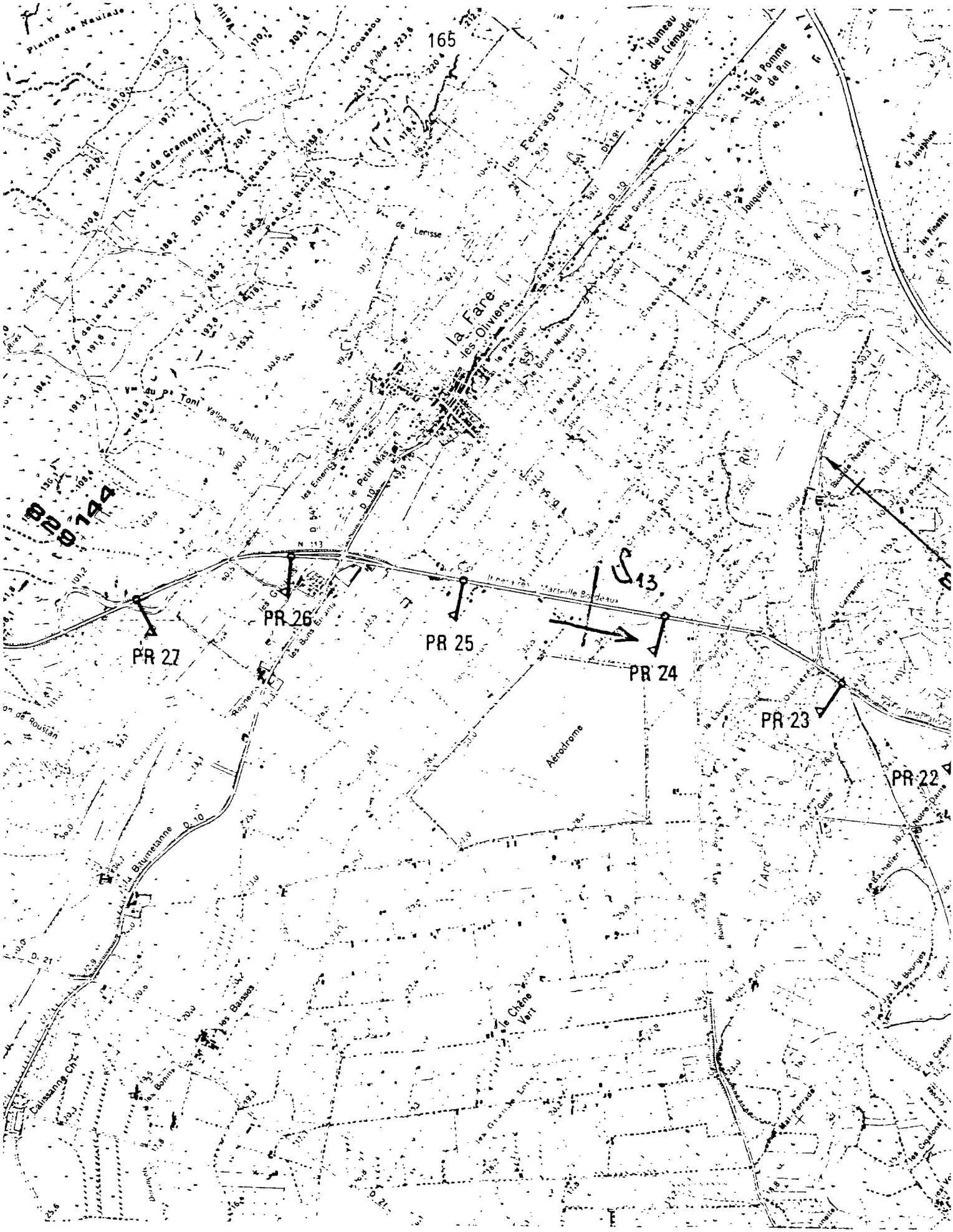
RN 21

GERS (32)



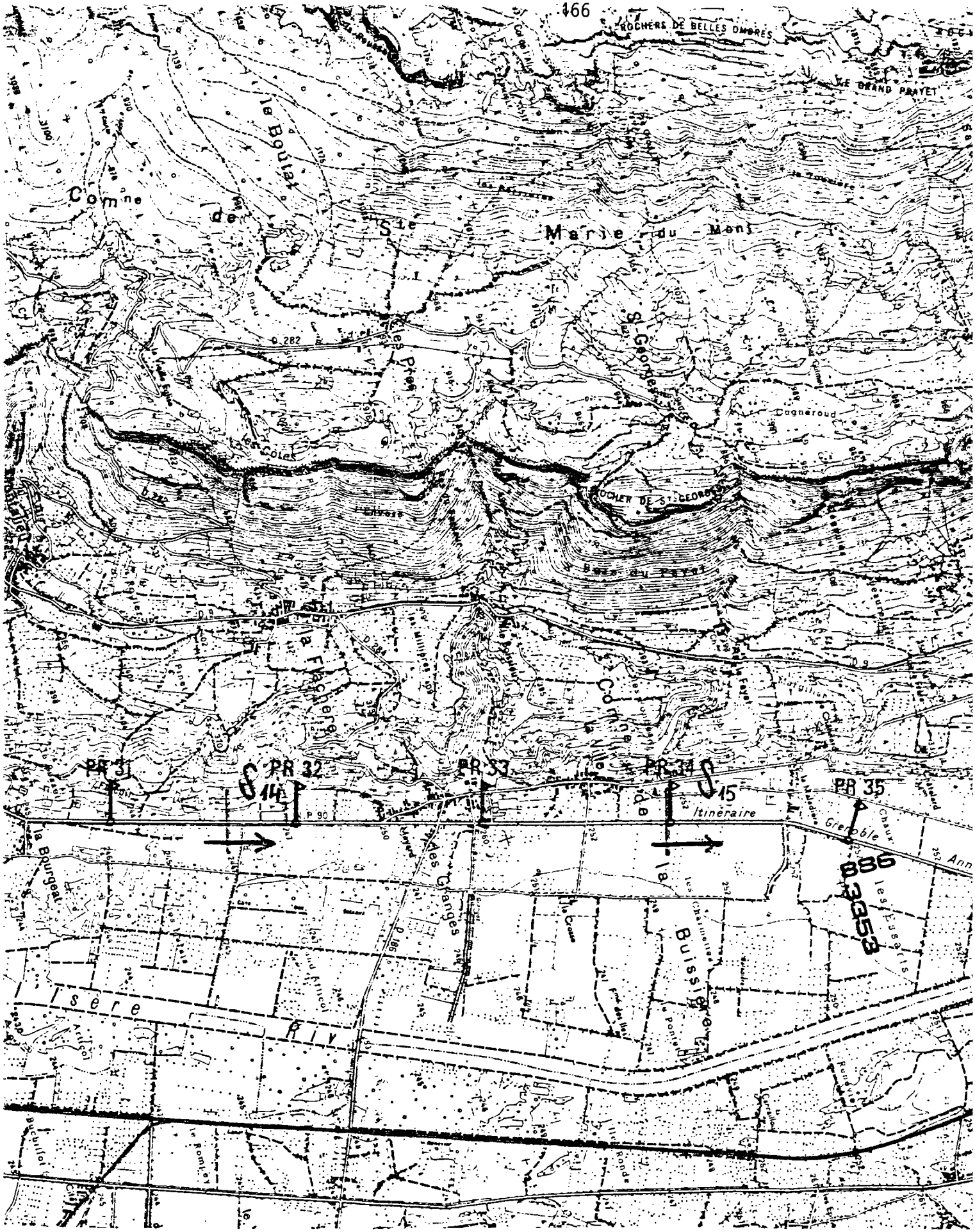
RN 113

BOUCHE-DU-RHONE (13)



RN113

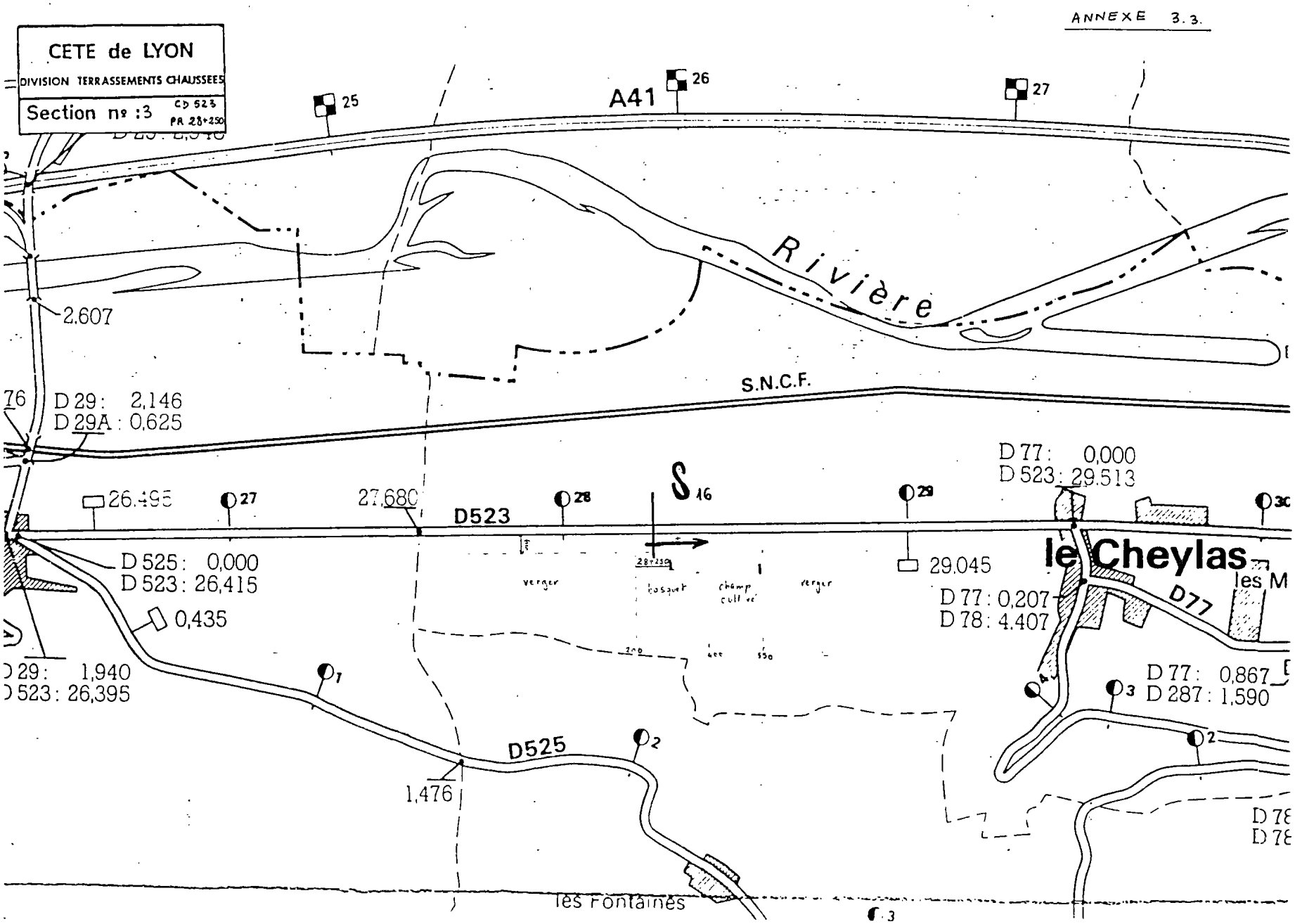
BOUCHE DU RHONE (13)

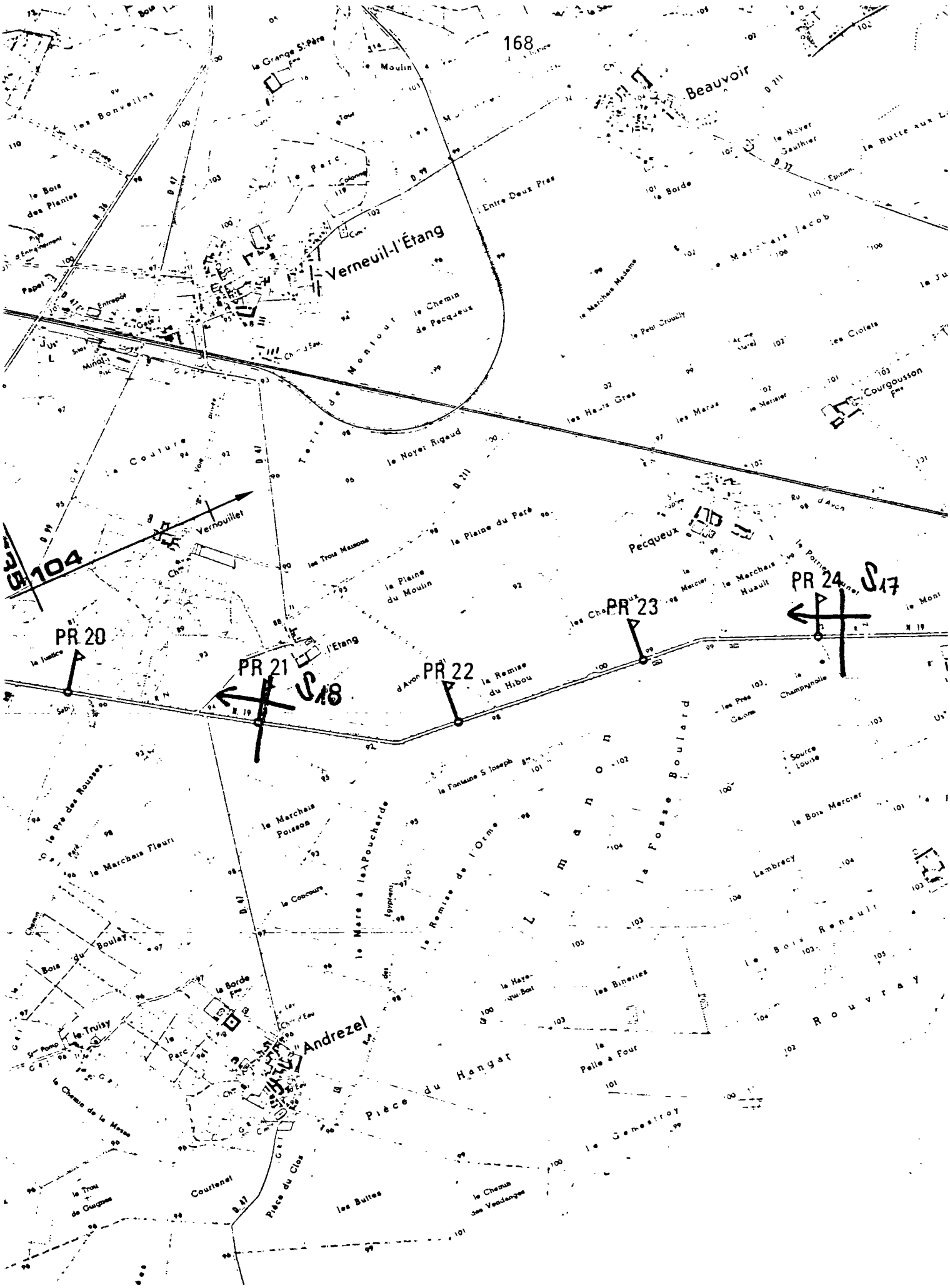


RN 90

ISERE (38)

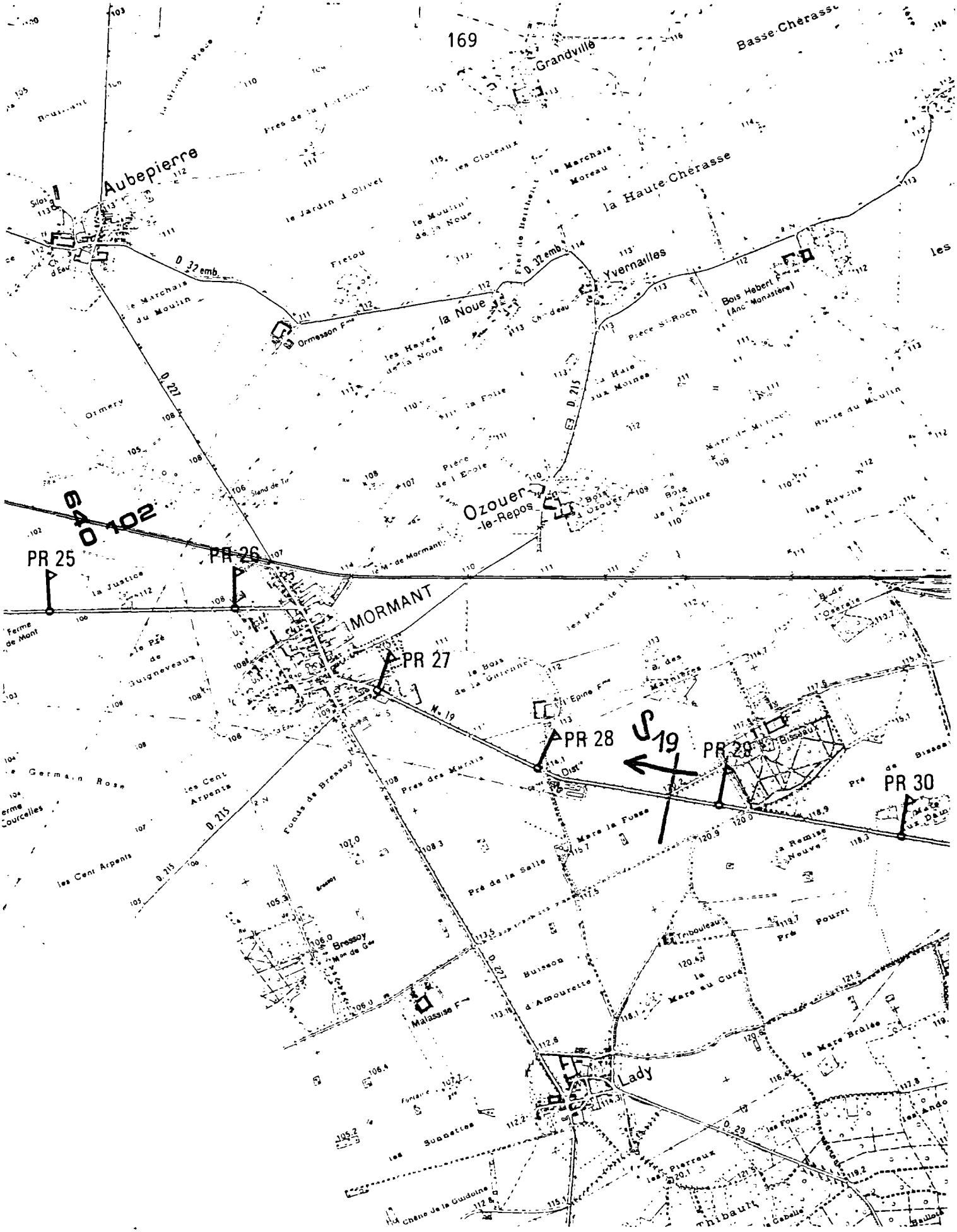
ANNEXE 3.3.


CETE de LYON
DIVISION TERRASSEMENTS CHAUSSEES
Section n° :3
CD 523
PR 28+250
A41
25
26
27
Rivière
2,607
S.N.C.F.
D 29 : 2,146
D 29A : 0,625
D 77 : 0,000
D 523 : 29,513
26,495
27
27,680
D523
28
16
29
30
D 525 : 0,000
D 523 : 26,415
0,435
29,045
le Cheylas
les M
D 77 : 0,207
D 78 : 4,407
D 77
D 29 : 1,940
D 523 : 26,395
1
D 77 : 0,867
D 287 : 1,590
4
3
2
D525
1,476
D 78
D 78
les Fontaines
3



RN 19

SEINE et MARNE (77)

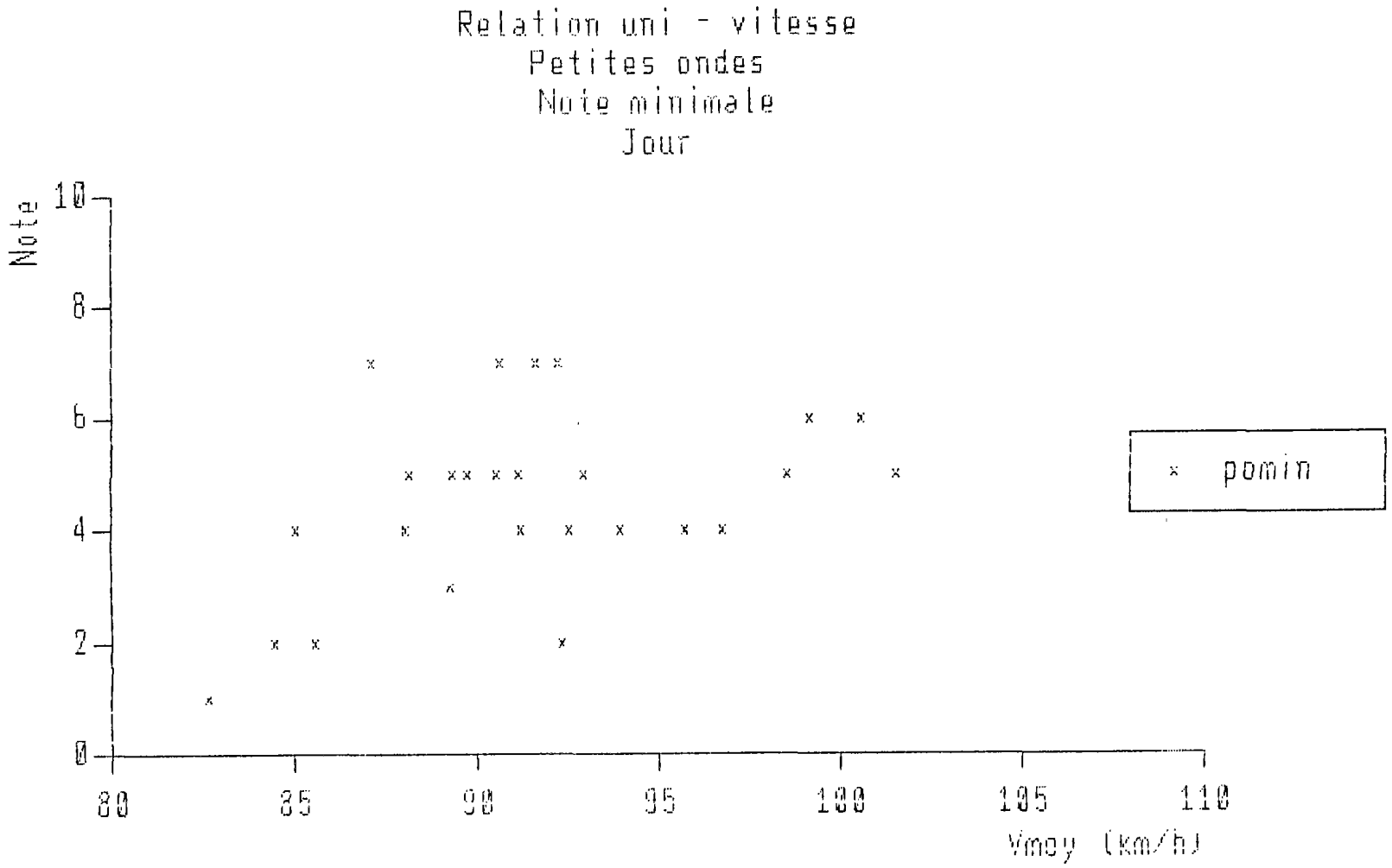


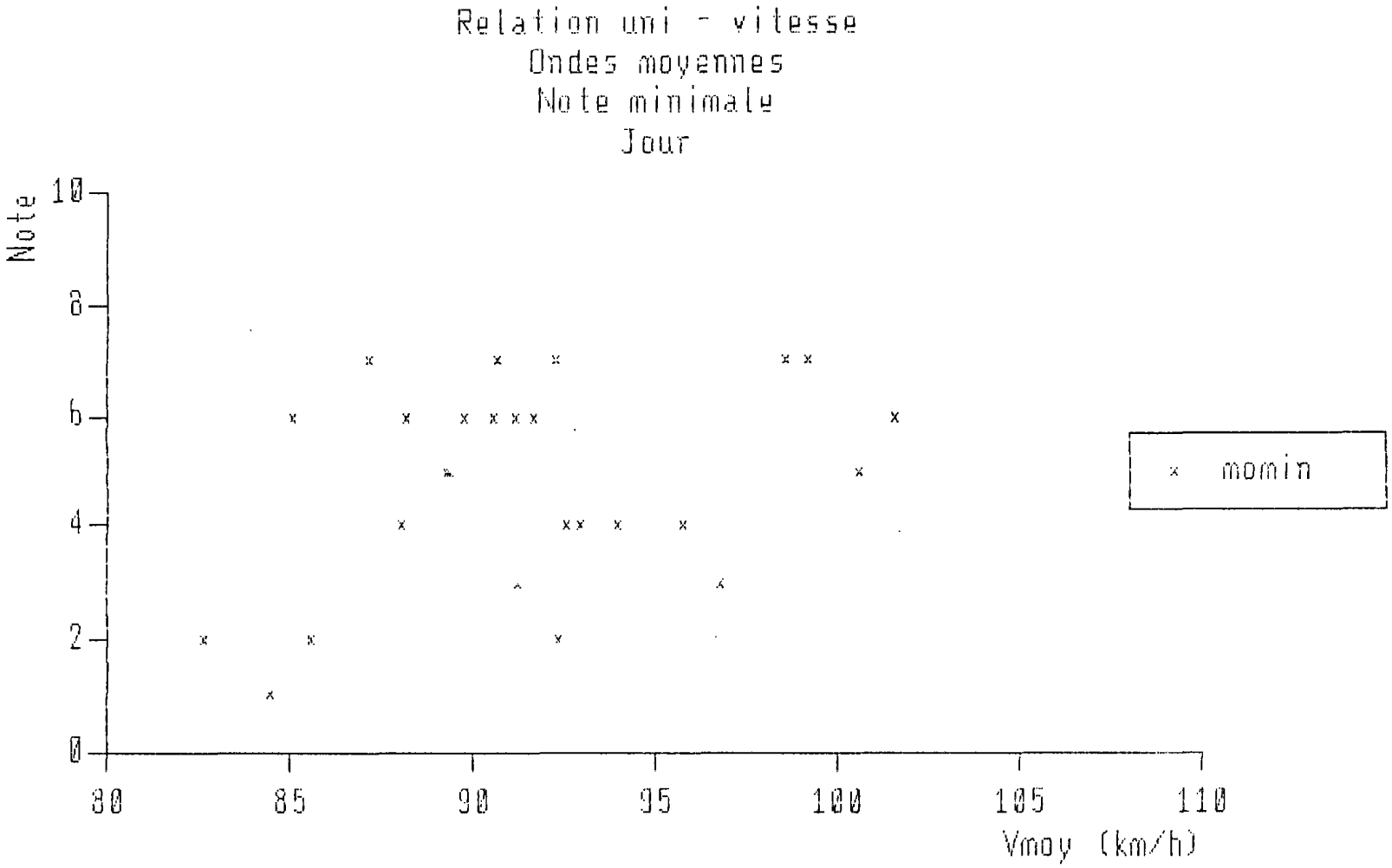
RN 19

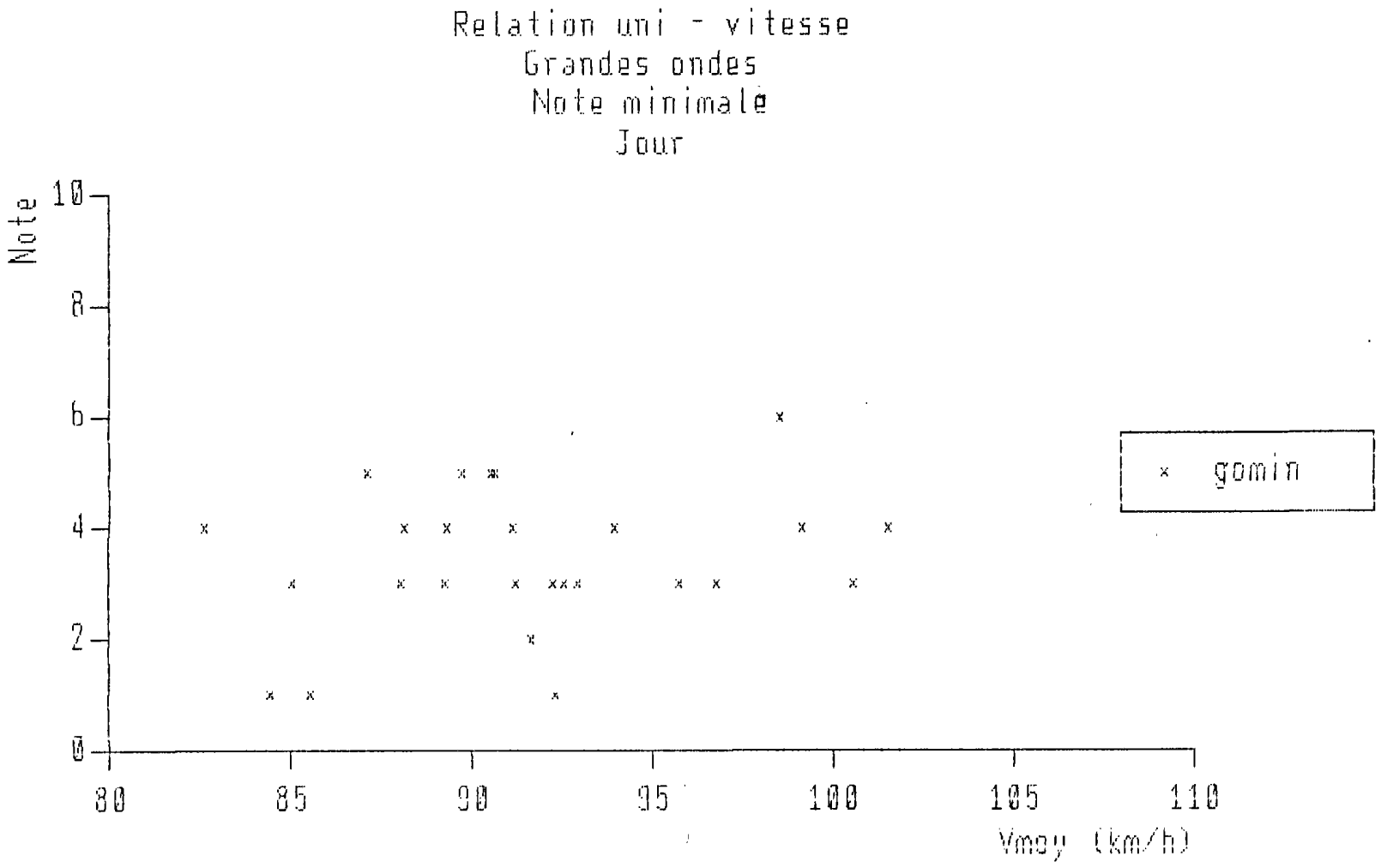
SEINE-et-MARNE (77

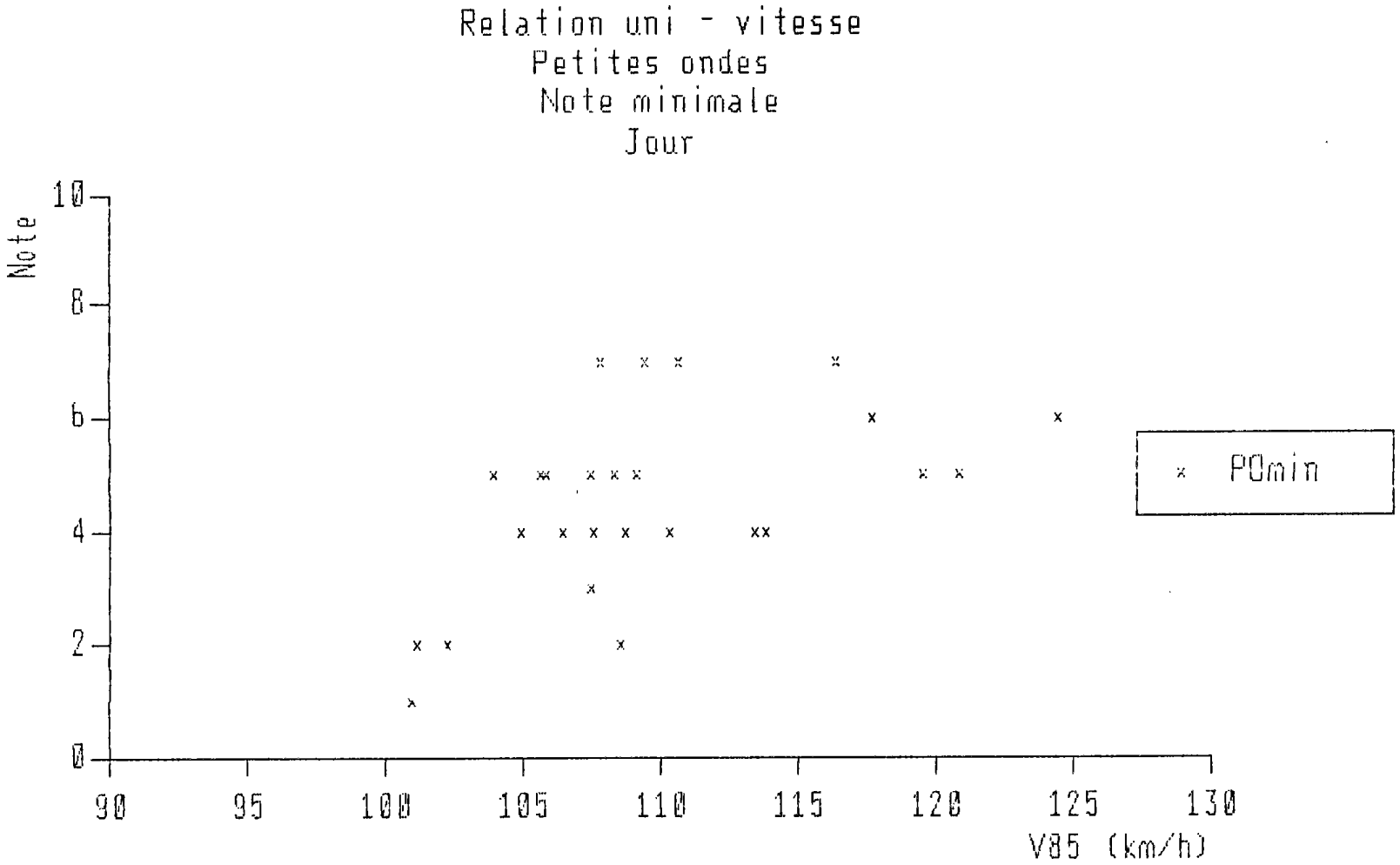
ANNEXE I

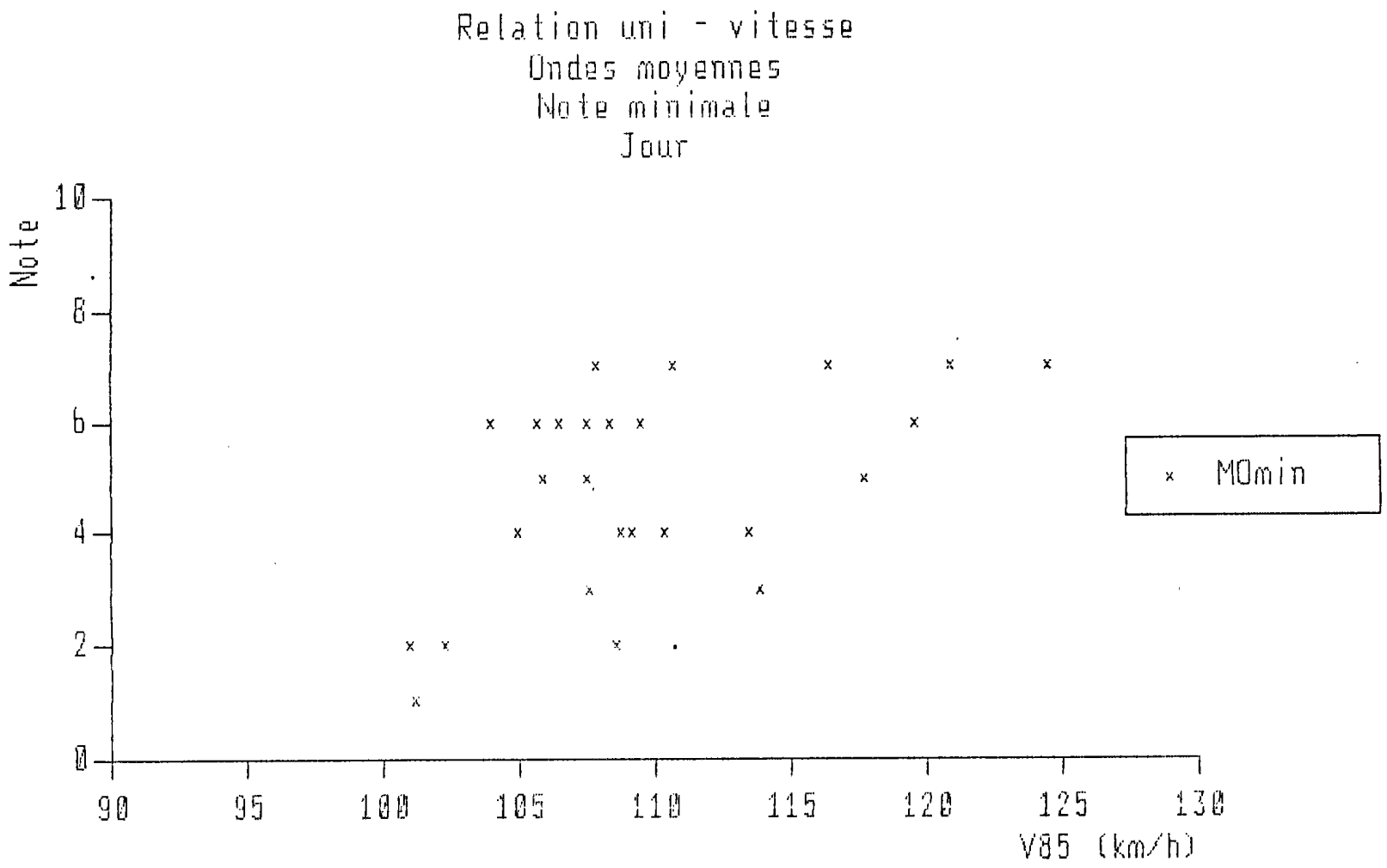
14. Relation uni - vitesse. Nuages des points pour les quantificateurs différentes - (§ 5.4.2.)

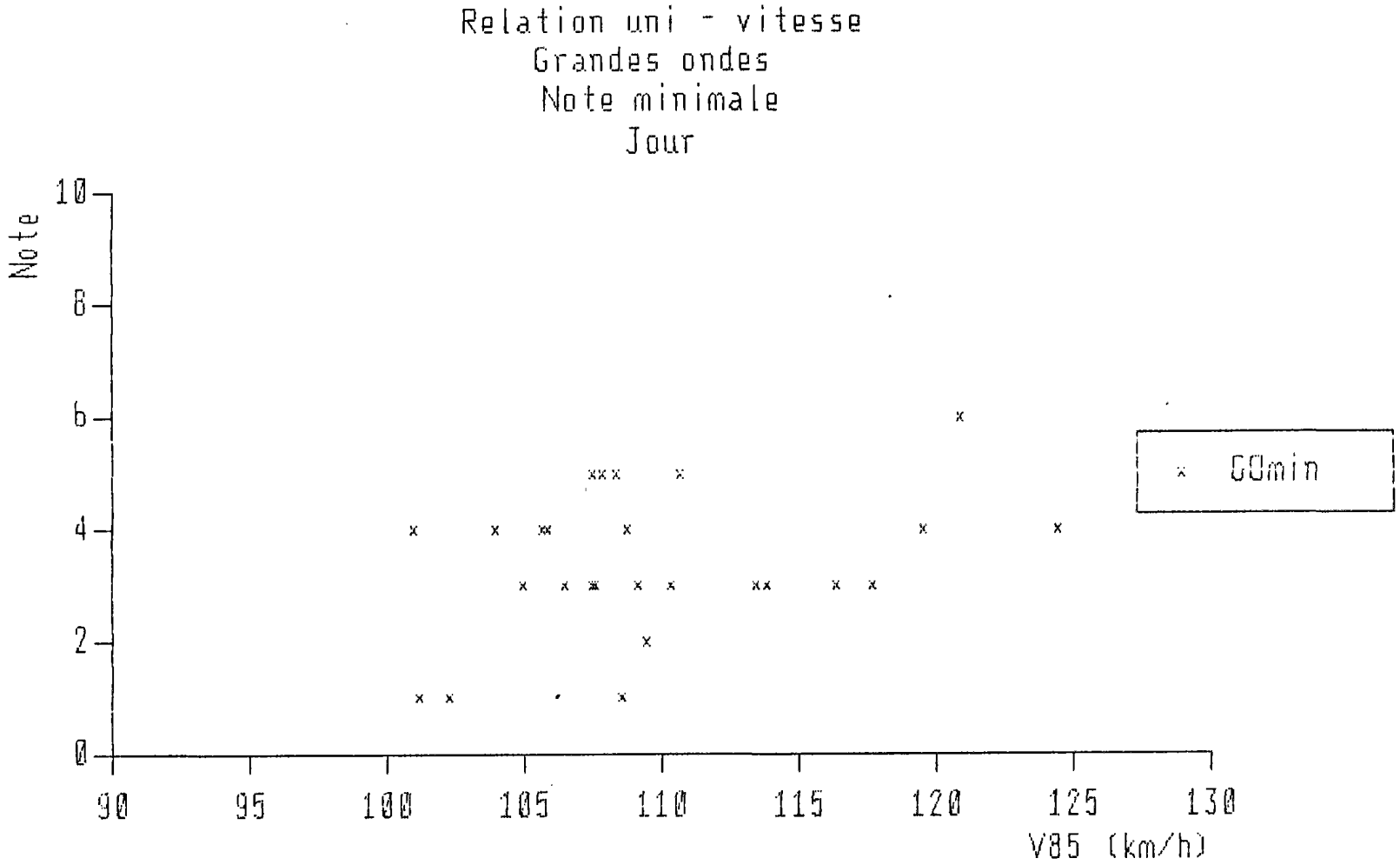

Relation uni - vitesse
Petites ondes
Note minimale
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
80
85
90
95
100
105
110
Vmoy (km/h)
pomin

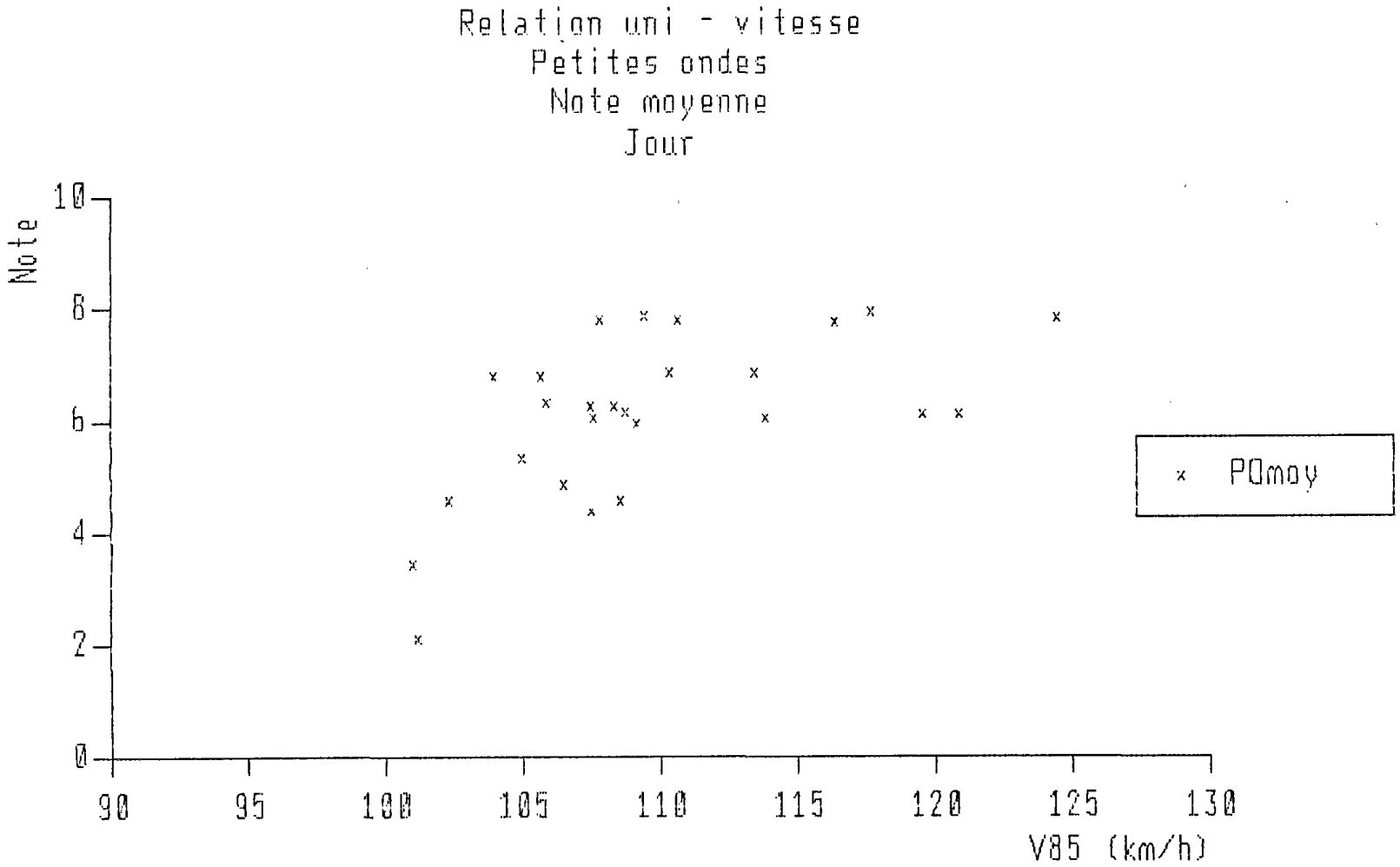

Relation uni - vitesse
Ondes moyennes
Note minimale
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
80
85
90
95
100
105
110
Vmoy (km/h)
momin

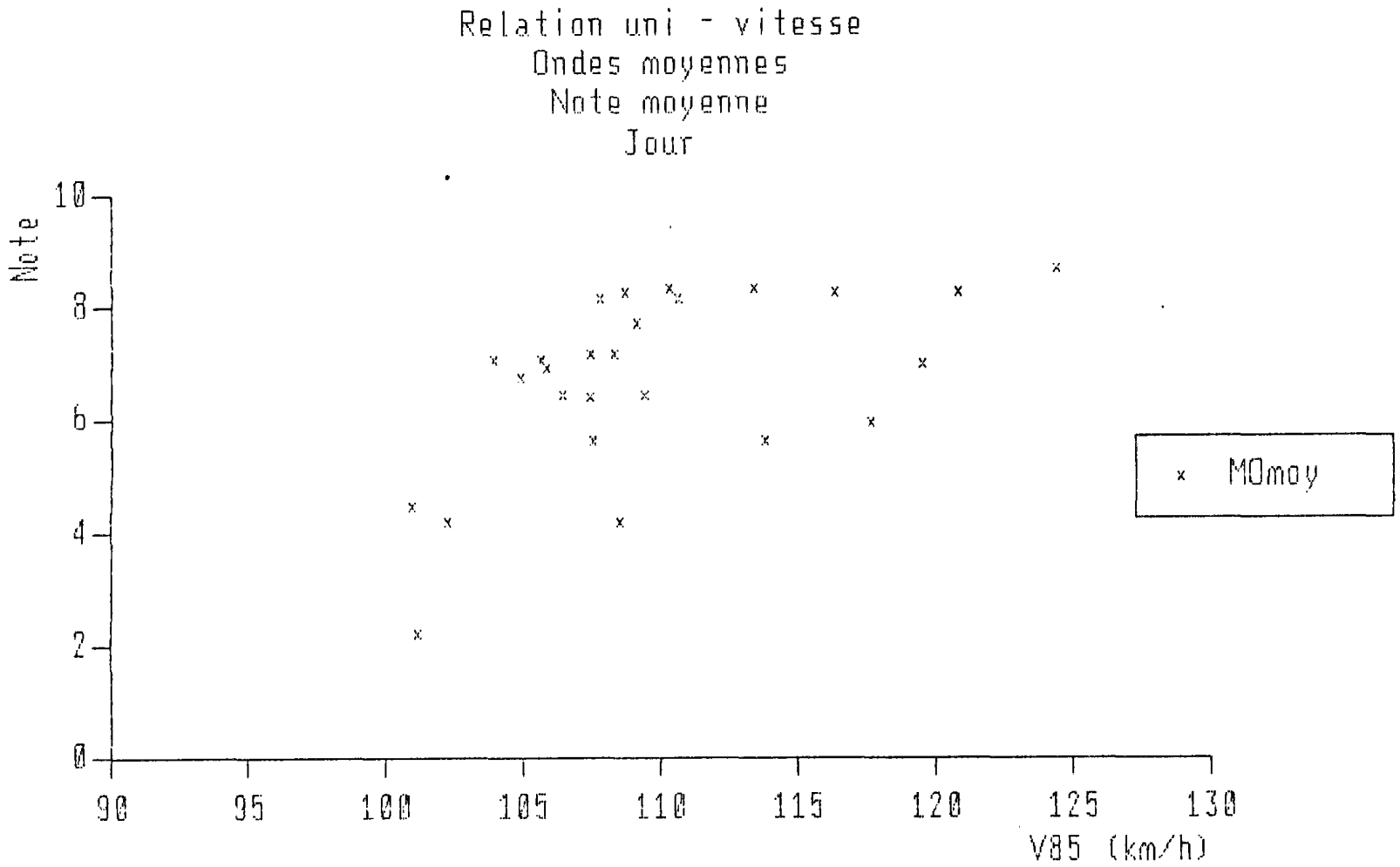

Relation uni - vitesse
Grandes ondes
Note minimale
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
80
85
90
95
100
105
110
Vmoy (km/h)
gomin

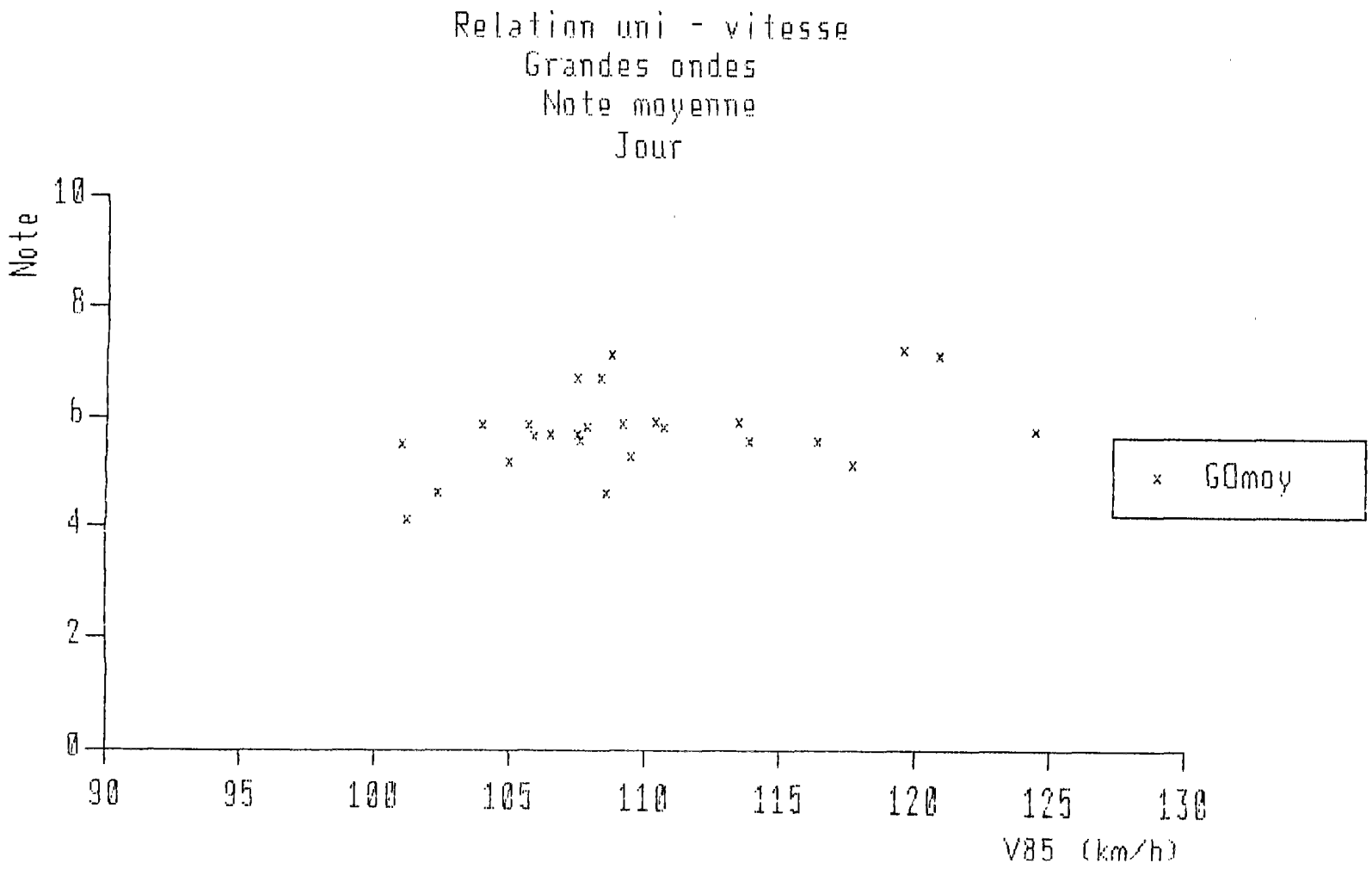

Relation uni - vitesse
Petites ondes
Note minimale
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
90
95
100
105
110
115
120
125
130
V85 (km/h)
POmin

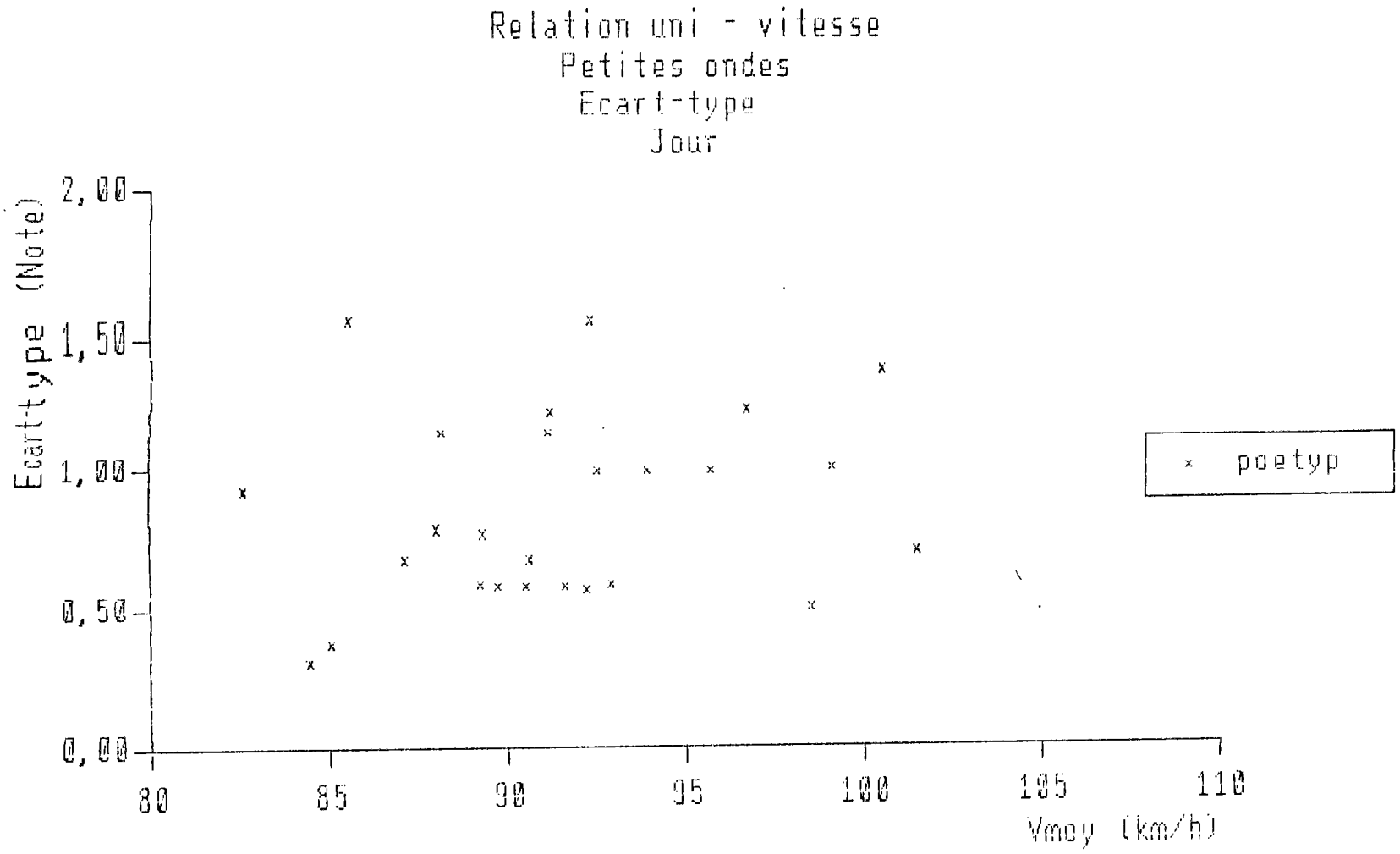

Relation uni - vitesse
Ondes moyennes
Note minimale
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
90
95
100
105
110
115
120
125
130
V85 (km/h)
MOmin

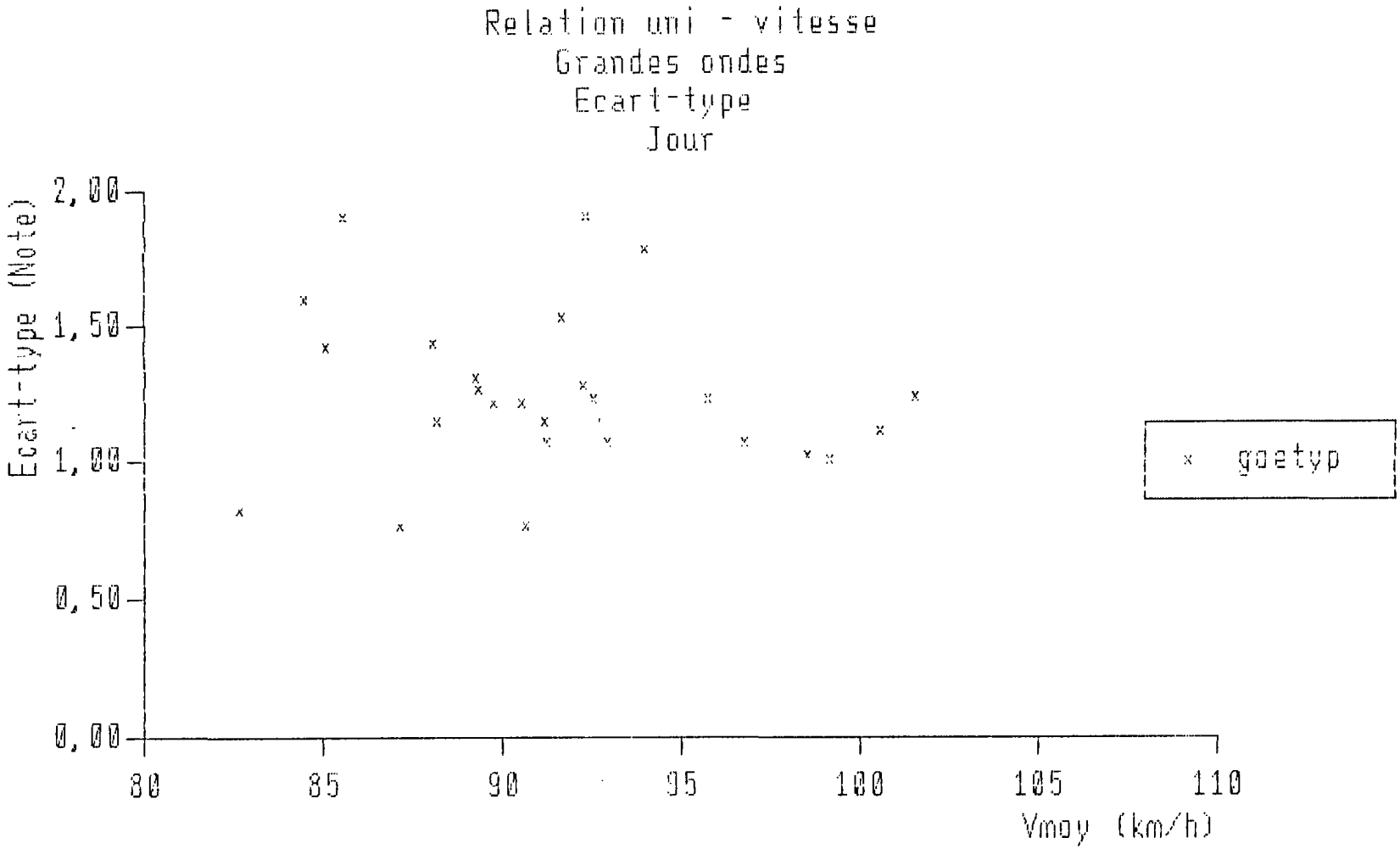

Relation uni - vitesse
Grandes ondes
Note minimale
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
90
95
100
105
110
115
120
125
130
V85 (km/h)
60min

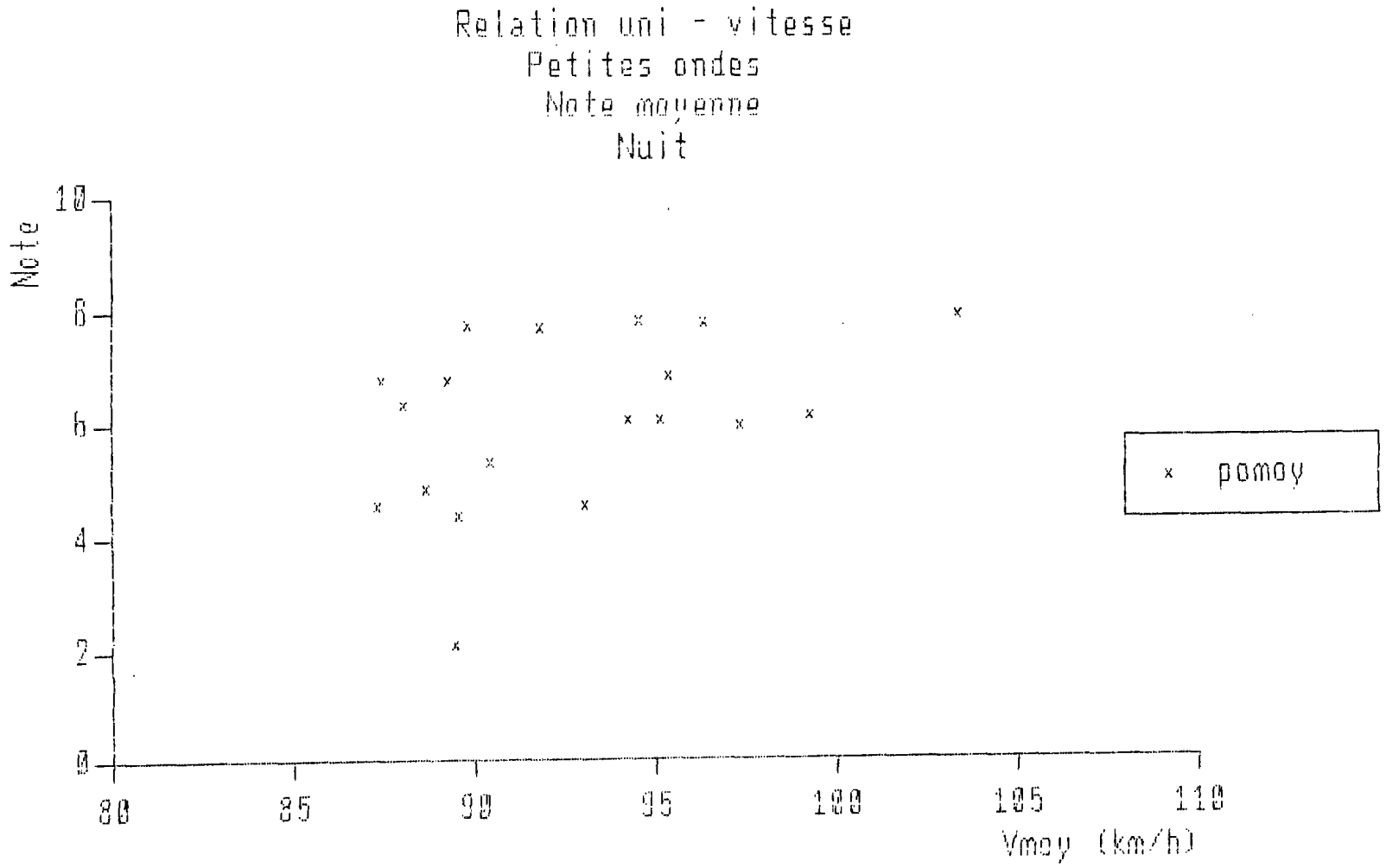

Relation uni - vitesse
Petites ondes
Note moyenne
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
90
95
100
105
110
115
120
125
130
V85 (km/h)
PQmoy

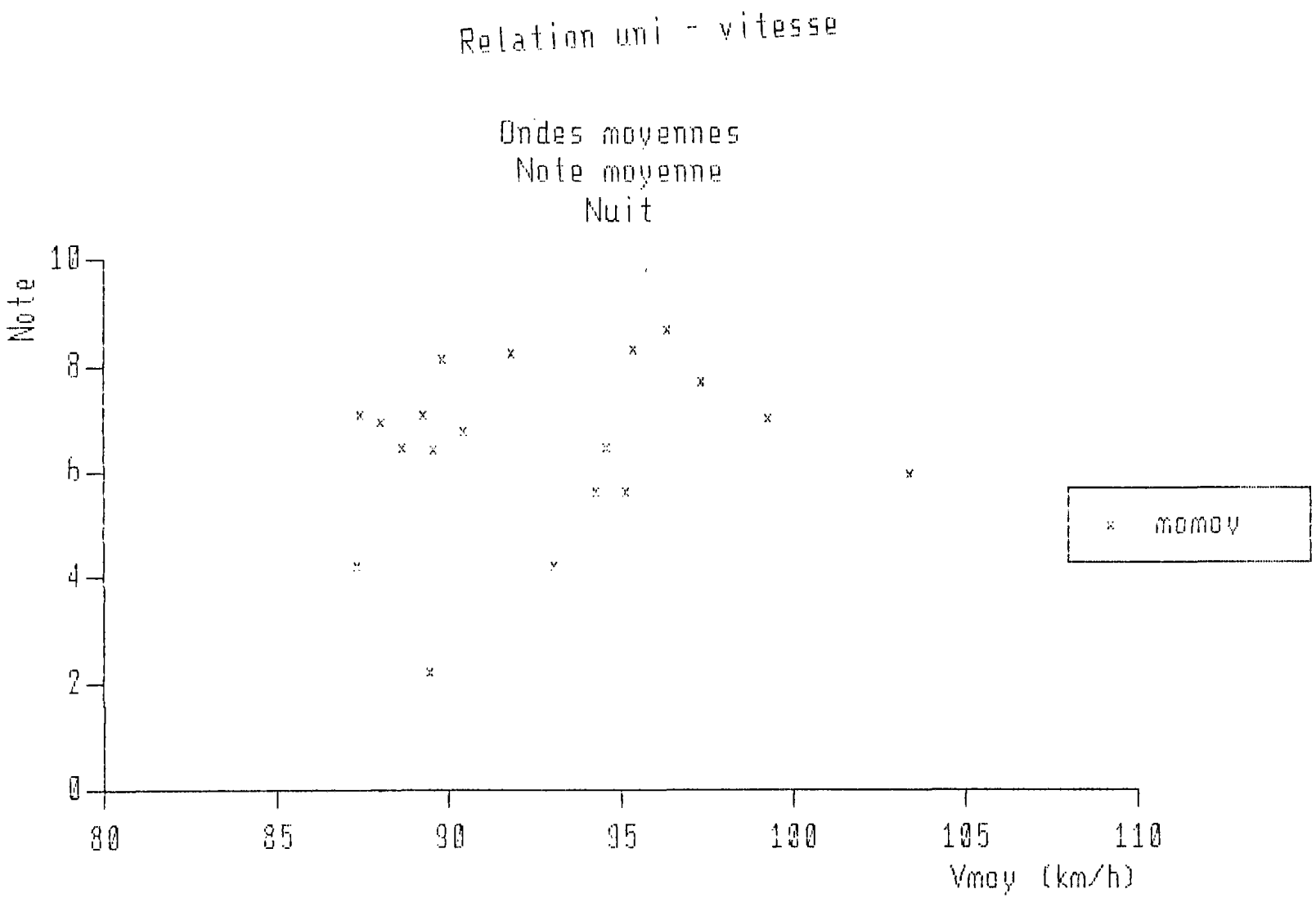

Relation uni - vitesse
Ondes moyennes
Note moyenne
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
90
95
100
105
110
115
120
125
130
V85 (km/h)
MOmoy

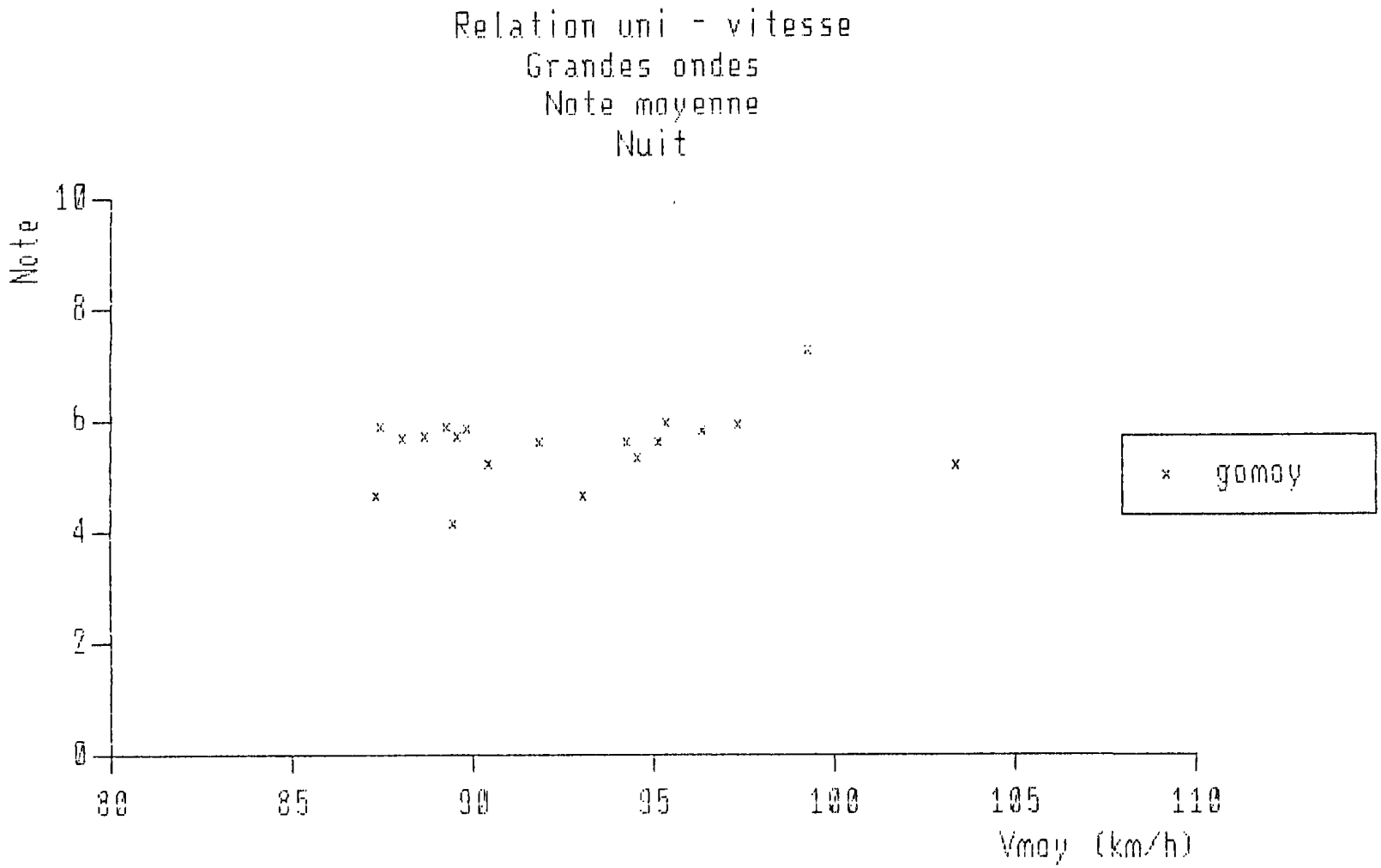

Relation uni - vitesse
Grandes ondes
Note moyenne
Jour
Note
10
8
6
4
2
0
90
95
100
105
110
115
120
125
130
V85 (km/h)
GOmoy


Relation uni - vitesse
Petites ondes
Ecart-type
Jour
Ecarttype (Note)
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
80
85
90
95
100
105
110
Vmoy (km/h)
poetyp


Relation uni - vitesse
Grandes ondes
Ecart-type
Jour
Ecart-type (Note)
2,00
1,50
1,00
0,50
0,00
80
85
90
95
100
105
110
Vmoy (km/h)
goetyp


Relation uni - vitesse
Petites ondes
Note moyenne
Nuit
Note
10
8
6
4
2
0
80
85
90
95
100
105
110
Vmoy (km/h)
pomoy


Relation uni - vitesse
Ondes moyennes
Note moyenne
Nuit
Note
10
8
6
4
2
0
80
85
90
95
100
105
110
Vmoy (km/h)
momoy


Relation uni - vitesse
Grandes ondes
Note moyenne
Nuit
Note
10
8
6
4
2
0
80
85
90
95
100
105
110
Vmoy (km/h)
gomoy