



National Library  
of Canada

Bibliothèque nationale  
du Canada

Canadian Theses Service    Service des thèses canadiennes

Ottawa, Canada  
K1A 0N4

## NOTICE

The quality of this microform is heavily dependent upon the quality of the original thesis submitted for microfilming. Every effort has been made to ensure the highest quality of reproduction possible.

If pages are missing, contact the university which granted the degree.

Some pages may have indistinct print especially if the original pages were typed with a poor typewriter ribbon or if the university sent us an inferior photocopy.

Reproduction in full or in part of this microform is governed by the Canadian Copyright Act, R.S.C. 1970, c. C-30, and subsequent amendments.

## AVIS

La qualité de cette microforme dépend grandement de la qualité de la thèse soumise au microfilmage. Nous avons tout fait pour assurer une qualité supérieure de reproduction.

S'il manque des pages, veuillez communiquer avec l'université qui a conféré le grade.

La qualité d'impression de certaines pages peut laisser à désirer, surtout si les pages originales ont été dactylographiées à l'aide d'un ruban usé ou si l'université nous a fait parvenir une photocopie de qualité inférieure.

La reproduction, même partielle, de cette microforme est soumise à la Loi canadienne sur le droit d'auteur, SRC 1970, c. C-30, et ses amendements subséquents.



National Library  
of Canada

Bibliothèque nationale  
du Canada

Canadian Theses Service    Service des thèses canadiennes

Ottawa, Canada  
K1A 0N4

The author has granted an irrevocable non-exclusive licence allowing the National Library of Canada to reproduce, loan, distribute or sell copies of his/her thesis by any means and in any form or format, making this thesis available to interested persons.

The author retains ownership of the copyright in his/her thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without his/her permission.

L'auteur a accordé une licence irrévocable et non exclusive permettant à la Bibliothèque nationale du Canada de reproduire, prêter, distribuer ou vendre des copies de sa thèse de quelque manière et sous quelque forme que ce soit pour mettre des exemplaires de cette thèse à la disposition des personnes intéressées.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur qui protège sa thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

ISBN 0-315-53243-2

Fabrication assistée par ordinateur (F.A.O.)  
de coupleurs à fibres optiques  
monomodes fusionnées.

par

Sylvain Faucher

Thèse soumise à l'école des Etudes Supérieures  
conformément aux exigences du degré de  
maîtrise ès sciences appliquées

Département de Génie Electrique  
Institut d'Ottawa-Carleton en Génie Electrique  
Université d'Ottawa  
Ottawa, Ontario



Sylvain Faucher, Ottawa, Canada, 1989

A ma fille Valérie, qui est née  
pendant l'écriture de cette thèse.

## TABLE DES MATIERES

|  | Page |
|--|------|
| REMERCIEMENTS .....  | i    |
| RESUME ET ABSTRACT .....   | ii   |
| PREFACE .....  | iii  |
| INTRODUCTION .....   | 1    |
| 1.1 Qu'est-ce qu'un coupleur? .....  | 1    |
| 1.2 Types de coupleurs .....   | 4    |
| <br>   |      |
| PARTIE I: NOTIONS PRELIMINAIRES ET MODELE .....                                  | 10   |
| CHAPITRE 1: REVUE DES TRAVAUX LES PLUS RECENTS .....                             | 11   |
| CHAPITRE 2: MOTIVATIONS DU TRAVAIL .....   | 24   |
| CHAPITRE 3: MODELE DU COUPLEUR .....   | 27   |
| <br>   |      |
| PARTIE II: MONTAGE EXPERIMENTAL ET ANALYSE DES RESULTATS .                       | 46   |
| CHAPITRE 4: MONTAGE EXPERIMENTAL .....   | 47   |
| 4.1 Section: Chauffage et torche .....   | 48   |
| 4.2 Section: Support et maintien des fibres ....                                 | 50   |
| 4.3 Section: Etirement et déplacement .....                                      | 55   |
| 4.4 Section: Emission de lumière .....   | 57   |
| 4.5 Section: Photodétection .....  | 58   |
| Longueur de fibre nécessaire .....   | 60   |
| 4.6 Section: Contrôle .....  | 61   |
| 4.7 Processus de fabrication .....   | 62   |
| CHAPITRE 5: ANALYSE D'UN HISTOGRAMME DE FABRICATION .                            | 74   |
| CHAPITRE 6: CATEGORIES DE COUPLEUR .....   | 87   |
| 6.1 Coupleurs compacts .....   | 87   |
| 6.2 Coupleurs adiabatiques, processus de pertes<br>et chauffage à balayage ..... | 88   |
| 6.2.1 Coupleurs adiabatiques .....   | 88   |
| 6.2.2 Processus de pertes .....  | 89   |
| 6.2.3 Chauffage à balayage .....   | 103  |
| 6.3 Coupleurs asymétriques à fibres<br>dissimilaires .....                       | 105  |
| 6.3.1 "Lateral Splices" et "Tuned Port<br>Couplers" .....                        | 112  |

|  |     |
|--|-----|
| PARTIE III: PROPRIETES PARTICULIERES .....   | 115 |
| CHAPITRE 7: REPONSE DES COUPLEURS EN FLEXION .....                                 | 116 |
| CHAPITRE 8: ARRET DE PROPAGATION DU SUPERMODE ANTI-<br>SYMETRIQUE .....            | 119 |
| CHAPITRE 9: ANALYSE SPECTRALE DU COUPLEUR .....                                    | 131 |
| <br>   |     |
| PARTIE IV: COMPTE RENDU ET CONCLUSION .....  | 137 |
| CHAPITRE 10: TRAVAUX EN COURS, AMELIORATIONS POSSIBLES<br>ET PROJETS A VENIR ..... | 138 |
| CONCLUSION .....   | 141 |
| <br>   |     |
| PUBLICATIONS GENEREES PAR LE PROJET .....  | 144 |
| BIBLIOGRAPHIE .....  | 145 |
| ANNEXE A: PROGRAMME D'ORDINATEUR DU MONTAGE .....                                  | 152 |
| ANNEXE B: PROGRAMMES DU CONTROLEUR DES MOTEURS .....                               | 214 |

## LISTE DES FIGURES

|  | Page |
|--|------|
| Fig. I.1 : Coupleurs "diviseurs" et "sommateurs" .....   | 1    |
| Fig. I.2 : Multi/démultiplexeur en longueur d'onde .....   | 2    |
| Fig. I.3 : Multi/démultiplexeur en polarisation .....  | 2    |
| Fig. I.4 : Coupleur servant de filtre spectral .....   | 2    |
| Fig. I.5 : Commutateur optique .....   | 3    |
| Fig. I.6 : Réflecteur quasi parfait .....  | 3    |
| Fig. I.7 : Interféromètre Mach-Zehnder .....   | 4    |
| Fig. I.8 : Multi/démultiplexeur combiné à réseau de Bragg.   | 4    |
| Fig. I.9 : Coupleur à fibres optiques fusionnées .....   | 5    |
| Fig. I.10: Coupleur à fibres optiques polies .....   | 6    |
| Fig. I.11: Coupleur à composantes optiques .....   | 7    |
| Fig. I.12: Coupleur à raccordement latéral .....   | 8    |
| Fig. I.13: Commutateur 4x4 à optique intégrée .....  | 9    |
|  |      |
| Fig. 1.1 : Réponse partielle d'un coupleur avec la<br>longueur d'onde .....  | 13   |
| Fig. 1.2 : Coupleur asymétrique à 50% et réponse spectrale   | 14   |
| Fig. 1.3 : Vue en coupe d'un coupleur pseudo-asymétrique<br>à 50% .....  | 15   |
| Fig. 1.4 : Coupleur amené à l'arrêt de propagation du<br>supermode antisymétrique et réponse spectrale .   | 15   |
| Fig. 1.5 : Fusion "Taper" - Coupleur et réponse spectrale.   | 16   |
| Fig. 1.6 : Principe de fabrication de coupleurs avec de<br>la fibre maintenant la polarisation: Vue en<br>coupe des fibres avant la fusion ..... | 17   |
| Fig. 1.7 : Coupleur 8X8 à fibres multimodes torsadées ....   | 20   |
|  |      |
| Fig. 3.1 : Propagation du mode $HE_{11}$ à travers les diffé-<br>rentes zones d'un coupleur .....  | 28   |
| Fig. 3.2 : Vue en coupe de la structure du superguide ....   | 29   |
| Fig. 3.3 : Supermodes symétrique et antisymétrique du<br>superguide .....  | 30   |
| Fig. 3.3a: Guide elliptique .....  | 30i) |

Liste des figures (suite)

|   | <u>Page</u> |
|---|-------------|
| Fig. 3.3b: Modes fondamentaux d'un guide elliptique .....   | 30ii)       |
| Fig. 3.3c: Interférence entre les deux modes. a) Guide elliptique b) Section d'un coupleur .....  | 30iii)      |
| Fig. 3.4 : Etat des supermodes à l'entrée du superguide ..  | 31          |
| Fig. 3.5 : Etat des supermodes à la sortie du superguide lorsque la différence de phase accumulée entre ceux-ci est un multiple de $2\pi$ .....           | 32          |
| Fig. 3.6 : Etat des supermodes à la sortie du superguide lorsque la différence de phase accumulée entre ceux-ci est un multiple impair de $\pi$ .....     | 32          |
| Fig. 3.7 : Utilisation de phaseurs pour la représentation graphique des supermodes .....  | 33          |
| Fig. 3.8 : Etat des phaseurs à la sortie du superguide de longueur L lorsque $L=0$ .....  | 35          |
| Fig. 3.9 : Etat des phaseurs à la sortie du superguide lorsque L est légèrement supérieure à 0 .....  | 35          |
| Fig. 3.10: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de $40^\circ$ environ .....   | 37          |
| Fig. 3.11: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de $90^\circ$ .....   | 37          |
| Fig. 3.12: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de $180^\circ$ .....  | 38          |
| Fig. 3.13: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de $270^\circ$ .....  | 39          |
| Fig. 3.14: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de $360^\circ$ .....  | 39          |
| Fig. 3.15: Etat des phaseurs après $360^\circ$ de déphasage accumulé entre les supermodes mais pour un différent rapport de $\beta_{ey}/\beta_{en}$ ..... | 40          |
| Fig. 3.16: Evolution théorique du coefficient de couplage en fonction de l'étirement .....  | 40          |
| Fig. 3.17: Battement des supermodes à l'intérieur de la zone de battement .....   | 41          |

Liste des figures (suite)

|   | <u>Page</u> |
|---|-------------|
| Fig. 3.18: Coupleur avec un diamètre variable le long de la zone de battement .....   | 42          |
| Fig. 3.19: Evolution théorique du coefficient de couplage en fonction de l'étirement pour un coupleur à diamètre variable .....   | 43          |
| Fig. 4.1 : Schéma bloc du montage expérimental .....  | 48          |
| Fig. 4.2 : Positionnement de la torche p/r aux fibres ....  | 49          |
| Fig. 4.3 : Profil de la flamme à la fusion et à l'étirement   | 50          |
| Fig. 4.4 : Création de déformations lors de la fusion de fibres torsadées .....   | 51          |
| Fig. 4.5 : Vue en coupe [4.5a)] et de haut [4.5b)] des supports à succion utilisés pour le maintien des fibres .....  | 51,52       |
| Fig. 4.6 : Photographie d'un support à succion tel que conçu et fabriqué au CRC .....   | 53          |
| Fig. 4.7 : Photographie du coeur du montage avec les supports à succion et la torche .....  | 53          |
| Fig. 4.8 : Exemples de situations découlant de tensions inégales dans les fibres .....  | 54          |
| Fig. 4.9 : Description schématique des mouvements contrôlés par l'ordinateur .....  | 56          |
| Fig. 4.10: Positionnement du photodétecteur pour différents types de fibres .....   | 58          |
| Fig. 4.11: Utilisation d'un support auxiliaire pour diminuer la longueur de fibre dégainée nécessaire .   | 60          |
| Fig. 4.12: Section contrôle du montage .....  | 61          |
| Fig. 4.13: Algorithme de fabrication .....  | 63          |
| Fig. 4.14: Flexion appliquée sur un coupleur .....  | 65          |
| Fig. 5.1 : Histogramme de fabrication et portion agrandie de 10.2 à 11.4 mm. Description des courbes:<br>A: Complément du coefficient de couplage,<br>B: Coefficient de couplage, C: Pertes ..... | 74          |

Liste des figures (suite)

|   | Page |
|---|------|
| Fig. 5.2 : Notation utilisée pour la numérotation des fibres d'entrée et de sortie .....  | 75   |
| Fig. 5.3 : Histogramme de fabrication typique observé lors d'une fusion .....   | 76   |
| Fig. 5.4 : Observation des deux axes orthogonaux associés à la structure biréfringente d'un coupleur ....   | 77   |
| Fig. 5.5 : Identification pour fin de notation des axes orthogonaux d'un coupleur .....   | 77   |
| Fig. 5.6 : Répartition de la lumière entre les fibres de sortie dans le cas d'un coupleur qui sépare les polarisations .....  | 79   |
| Fig. 5.7 : Répartition de la lumière entre les fibres de sortie dans le cas d'un coupleur insensible à la polarisation .....  | 79   |
| Fig. 5.8 : Histogramme d'un coupleur avec 100% de modulation .....  | 80   |
| Fig. 5.9 : Exemple de l'influence de l'angle de polarisation sur un histogramme de fabrication .....  | 81   |
| Fig. 5.10: Influence de la polarisation sur le coefficient de couplage d'un coupleur dont la fabrication est arrêtée dans un creux de modulation. L'étiement de 11.2 à 13.8mm correspond en fait à la rotation d'une lame demi-onde ..... | 82   |
| Fig. 5.11: Variation exponentielle de la période des cycles en fonction de l'élongation du coupleur .....   | 84   |
| Fig. 6.1 : Histogramme de fabrication d'un coupleur compact .....   | 87   |
| Fig. 6.2 : Localisation sur le coupleur des épaules et du "waist" .....   | 88   |
| Fig. 6.3 : Histogramme de fabrication d'un coupleur adiabatique .....   | 88   |

## Liste des figures (suite)

|   | Page |
|---|------|
| Fig. 6.4 : Perturbation du mode $HE_{11}$ dans l'épaule du coupleur avant qu'il soit converti en supermode à $V_{co} \approx 1$ .....           | 89   |
| Fig. 6.5 : Distribution du champ électrique pour les modes $HE_{11}$ et $HE_{12}$ .....   | 90   |
| Fig. 6.6 : Conversions modales à l'intérieur d'un coupleur  | 90   |
| Fig. 6.7 : Distribution du champ électrique pour le supermode symétrique et le supermode antisymétrique   | 94   |
| Fig. 6.8 : Décomposition des supermodes fondamentaux en modes d'enveloppe $HE_{11}$ juxtaposés .....  | 94   |
| Fig. 6.9 : Histogramme de fabrication d'un coupleur compact étudié pour le critère d'adiabaticité .   | 98   |
| Fig. 6.10: Profil d'un coupleur compact (diamètre du coupleur selon l'axe $  $ vs position longitudinale)                                       | 98   |
| Fig. 6.11: Histogramme de fabrication d'un coupleur adiabatique étudié pour le critère d'adiabaticité ...                                       | 99   |
| Fig. 6.12: Profil d'un coupleur adiabatique. "Fitting" pour une épaule seulement .....  | 99   |
| Fig. 6.13: Analyse de l'adiabaticité d'un coupleur compact. Les courbes 1, 2 et 3 sont décrites à la page 96 .....                              | 100  |
| Fig. 6.14: Représentation Log-Lin du graphe 6.13 .....  | 100  |
| Fig. 6.15: Analyse de l'adiabaticité d'un coupleur adiabatique .....  | 101  |
| Fig. 6.16: Représentation Log-Lin du graphe 6.15 .....  | 101  |
| Fig. 6.17: Localisation de la zone chauffée p/r à la zone de conversion modale .....  | 102  |
| Fig. 6.18: Quatre histogrammes démontrant l'utilisation du chauffage à balayage. Longueurs de balayage: a) 2mm, b) 5mm, c) 8mm et d) 15mm ..... | 104  |
| Fig. 6.19: Histogramme d'un coupleur asymétrique à fibres dissimilaires .....   | 106  |
| Fig. 6.20: Section agrandie de la figure 6.19 .....   | 106  |

Liste des figures (suite)

|   | Page |
|---|------|
| Fig. 6.21: Vue d'une section transversale d'un coupleur asymétrique .....   | 107  |
| Fig. 6.22: Histogramme démontrant la relation entre le degré d'asymétrie et la différence de diamètre entre deux fibres (à comparer avec la Fig 6.19, p. 106) .....                                 | 109  |
| Fig. 6.23: Diamètre initial des fibres d'un coupleur asymétrique avant la fusion .....  | 109  |
| Fig. 6.24: Vue en coupe de fibres faiblement fusionnées ..  | 110  |
| Fig. 6.25: Vue en coupe de fibres fortement fusionnées ...  | 110  |
| Fig. 6.26: Histogrammes démontrant l'influence du degré de fusion sur l'asymétrie d'un coupleur. Histogramme du haut: fibres faiblement fusionnées, histogramme du bas: fibres fortement fusionnées | 111  |
| Fig. 6.27: Exemple de l'utilisation d'un "Lateral Splice" dans un réseau de communication .....   | 112  |
| Fig. 6.28: Histogramme de fabrication d'un "Tuned Port Coupler" .....   | 114  |
| <br>  |      |
| Fig. 7.1 : Réponse d'un coupleur symétrique soumis à une flexion .....  | 116  |
| Fig. 7.2 : Réponse d'un coupleur asymétrique soumis à une flexion .....   | 117  |
| <br>  |      |
| Fig. 8.1 : Histogramme d'un coupleur compact et asymétrique présentant l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques .....  | 121  |
| Fig. 8.2 : Reprise de la figure 8.1 en conservant le coefficient de couplage seulement .....  | 122  |
| Fig. 8.3 : Agrandissement permettant l'observation de l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques .....   | 123  |

Liste des figures (suite)

|  | Page |
|--|------|
| Fig. 8.4 : Reprise du complément du coefficient de couplage de la figure 8.3 .....   | 124  |
| Fig. 8.5 : Reprise du coefficient de couplage de la figure 8.3 .....   | 124  |
| Fig. 8.6 : Reprise des pertes de la figure 8.3 .....   | 125  |
| Fig. 8.7 : Observation de l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques d'un coupleur symétrique   | 128  |
| Fig. 8.8 : Convertisseur de la phase à intensité .....   | 130  |
| Fig. 9.1 : Variation du coefficient de couplage en fonction de la longueur d'onde .....  | 132  |
| Fig. 9.2 : Relation empirique entre le coefficient $\lambda/\Delta\lambda$ et N, le nombre de cycles d'un coupleur (d'après Bulushev [21]) ..... | 133  |
| Fig. 9.3 : Observation de l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques sur la réponse d'un coupleur en longueur d'onde .....            | 135  |

### REMERCIEMENTS

Avant d'entrer dans le vif du sujet, je tiens à remercier les personnes suivantes qui, par leur intérêt, leur compétence et leur collaboration m'ont permis de réaliser ce travail.

Tout d'abord, mes remerciements vont à M. François Bilodeau du CRC à Ottawa (Centre de Recherche sur les Communications où les travaux ont été réalisés) pour son support constant et l'établissement des lignes directrices tout au long du projet. Mes remerciements vont aussi à Dr K.O. Hill, directeur des technologies en communications optiques du CRC et à Dr D.C. Johnson pour leurs précieux conseils et leur soutien théorique. J'aimerais aussi remercier Dr Michel Ney, directeur des grades supérieurs en génie électrique à l'Université d'Ottawa pour la supervision attentive du travail, M. R.G. Lamont, technicien du CRC pour ses précieux conseils d'ordre technique et finalement, les employés de l'atelier de fabrication du CRC pour la qualité de leur travail et le soin apporté dans la fabrication des pièces mécaniques.

J'aimerais enfin exprimer toute ma gratitude à mon épouse et secrétaire personnelle, Lynda, pour son soutien continu et son souci constant de qualité, sans qui ce travail n'aurait pu être mené à terme.

RESUME

Un nouvel appareil servant à la fabrication assistée par ordinateur de coupleurs à fibres optiques monomodes fusionnées est décrit dans cette thèse. Après une revue du modèle et l'analyse du montage, plusieurs histogrammes de fabrication sont analysés et interprétés qualitativement pour tout d'abord catégoriser les coupleurs obtenus et ensuite, pour en ressortir les effets de polarisation, de fibres dissimilaires et de sensibilité aux perturbations extérieures comme la flexion. Un modèle pour les pertes est aussi analysé et de nouvelles propriétés sont aussi observées pour la première fois comme l'arrêt de propagation du supermode antisymétrique. Finalement, le comportement spectroscopique des coupleurs est étudié sommairement.

ABSTRACT

A new computer controlled jig designed to fabricate fused monomode fiber taper couplers is described in this theses. After a brief introduction to the coupler model followed by a description of the jig, many pull signatures are then analyzed and interpreted qualitatively so that couplers could be categorized among different groups. Pull signatures are then studied in regard to polarisation effects, dissimilar fiber fabrication and external perturbations like flexing. A model for coupler losses is then introduced and new properties are observed for the first time like the antisymmetric supermode cutoff. Finally, the coupler spectral behavior is briefly considered.

## PREFACE

L'ère des communications optiques est maintenant arrivée. Les avantages de la fibre optique sur les systèmes de communication plus conventionnels n'ont plus besoin d'être expliqués (largeur de bandes, petitesse, insensibilité aux perturbations extérieures et même le coût!). Jusqu'à tout récemment, on pouvait se plaindre du manque de disponibilité de composants périphériques à coûts raisonnables (ex: sources à diode laser, photodétecteurs, etc.) mais ceci est désormais chose du passé. L'évolution technologique rapide accompagnant ce mode de communication vieux d'à peine 15 ans est maintenant supportée par un des marchés les plus actifs et en pleine expansion.

Dû à un potentiel d'exploitation sans cesse grandissant, la demande en composants optiques de toutes sortes est maintenant énorme et on sait que tout effort dans le domaine risque d'être fortement récompensé!

Le but de cette thèse consiste justement dans la fabrication et l'analyse d'un de ces composants: le coupleur optique (ou branchement optique). Du point de vue potentiel d'utilisation, un système automatique de fabrication de coupleurs devient par le fait même fort intéressant. Mais plus que cela, il devient un outil de recherche très puissant permettant la polyvalence, la répétabilité et le contrôle nécessaire à la fabrication et l'étude en profondeur de coupleurs optiques.

La conception du montage, le design d'une centaine de nouvelles pièces, l'identification et l'optimisation des paramètres de fabrication et l'écriture du programme de fabrication constituent en soi une énorme tâche et c'est principalement là que je situe ma contribution. Mais par souci de complétude, je m'en voudrais de ne pas effectuer une brève analyse des résultats obtenus de même qu'un survol des propriétés observées parfois pour la première fois sur nos coupleurs.

La thèse sera donc divisée en une introduction et quatre parties. Tout d'abord, en guise d'introduction et pour bien nous situer dans le contexte, nous commencerons par décrire ce qu'est et à quoi sert exactement un coupleur optique. Nous y ferons un bref survol des différents types qui existent en donnant les avantages et les désavantages principaux de chacun. Nous ayant fourni ces outils de base, nous serons mieux préparés à poursuivre avec les autres parties de la thèse.

La partie I de la thèse traite des notions préliminaires et du modèle. Au chapitre 1, nous effectuerons une revue des travaux les plus récents dans le domaine. Une fois cette révision terminée, il sera facile de se convaincre des raisons qui nous ont motivés à effectuer ce travail. Ceci sera couvert dans le chapitre 2 du travail. Pour terminer cette première partie, le chapitre 3 nous présentera un modèle théorique simplifié du coupleur à fibres optiques.

A la partie II, nous entrerons dans le vif du sujet, à savoir la description du montage au chapitre 4, une analyse critique des résultats obtenus au chapitre 5 et finalement, la catégorisation de nos coupleurs au chapitre 6.

Les chapitres 7 à 9 constituent la partie III, où sera traitée l'observation de propriétés particulières. Le chapitre 7 traitera de la réponse des coupleurs en flexion, au chapitre 8, nous discuterons de l'observation pour la première fois de l'arrêt de propagation du supermode antisymétrique et, enfin, au chapitre 9, une brève analyse du comportement spectral des coupleurs sera faite.

Pour terminer, à la partie IV, nous donnerons un compte rendu des travaux en cours et futurs au chapitre 10 et finalement le tout sera terminé par la conclusion où j'essaierais d'élaborer une critique objective des travaux effectués.

## INTRODUCTION

Dans cette section, nous allons décrire, pour le bénéfice du lecteur qui entre en contact pour la première fois avec le sujet, ce qu'est un coupleur optique et à quoi il sert. Nous survolerons ensuite les différents types de coupleurs déjà existants et nous en donnerons les principaux avantages et désavantages.

### 1.1 Qu'est-ce qu'un coupleur à fibres optiques?

Un coupleur à fibres optiques est un composant passif des réseaux de communication par fibres optiques servant en général à séparer un signal lumineux incident en deux parties selon un coefficient de couplage prédéterminé (ex: 90% - 10%). Il peut servir, de la même façon, à joindre deux signaux ensemble. (voir figure I.1).

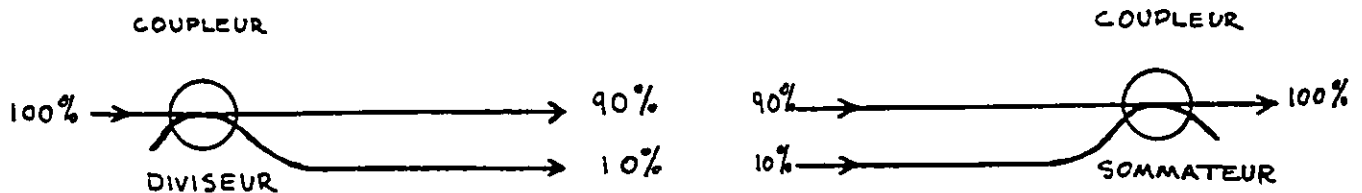


Fig. I.1: Coupleurs "diviseurs" et "sommateurs"

En fait, un coupleur à fibres optiques peut faire bien plus que cela. Ci-dessus, nous avons le cas de coupleurs 1X2 et 2X1. Mais pour certains types d'applications, rien ne nous empêche d'avoir un coupleur 1XN ou MX1 ou mieux encore MXN. Et ceci n'est que la pointe de l'iceberg. Il existe des coupleurs pour:

1° Multiplexage et le démultiplexage en longueur d'onde:

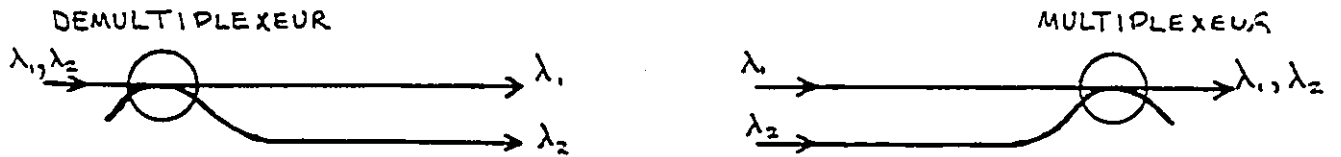


Fig. I.2: Multi/démultiplexeur en longueur d'onde

2° Multiplexage et démultiplexage en polarisation:



Fig. I.3: Multi/démultiplexeur en polarisation

3° Pour le filtrage spectral:

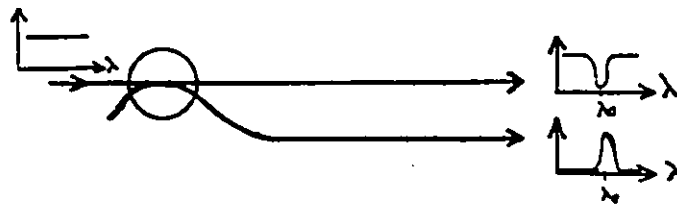


Fig. I.4: Coupleur servant de filtre spectral

4° Pour la fabrication de commutateurs optiques dont voici un exemple utilisant des cristaux liquides:

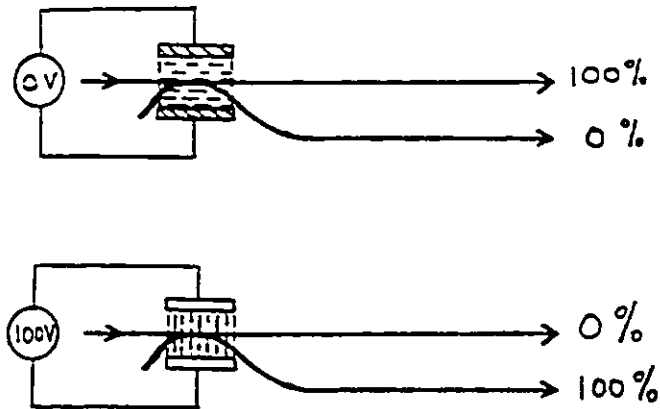


Fig. I.5: Commutateur optique

5° Pour la construction de cavités résonnantes pour des lasers par la création de réflecteurs quasi parfaits:

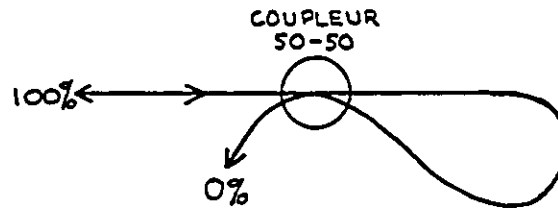


Fig. I.6: Réflecteur quasi parfait

6° Pour la fabrication de capteurs de pression, de température, de contrainte, de champs électriques, de champs magnétiques, etc.

Encore là, nous pouvons joindre plus d'un coupleur en cascade ou en parallèle ou selon différentes configurations et nous obtenons toute une autre gamme de produits. Par exemple, plusieurs capteurs ont à leur base un interféromètre du type Mach-Zehnder dont vous avez le principe à la figure I.7.

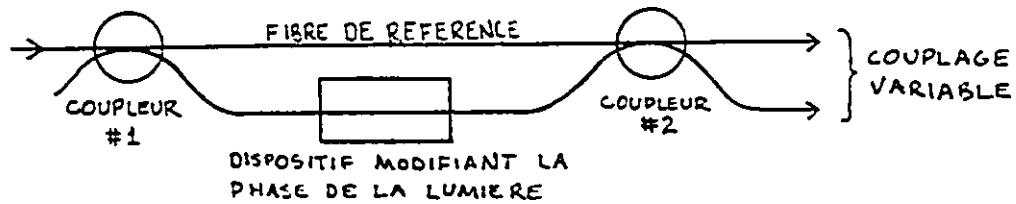


Fig. I.7: Interféromètre Mach-Zehnder

Voici un modèle de multi/démultiplexeur combiné à réseau de Bragg [1-2].

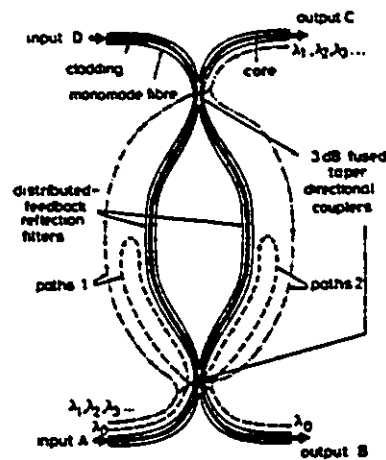


Fig. I.8: Multi/démultiplexeur combiné à réseau de Bragg

Plusieurs de ces prototypes sont encore au stade expérimental et plusieurs autres sont déjà disponibles commercialement.

## 1.2 Types de coupleurs à fibres optiques

Les principaux types de coupleurs sont les suivants en commençant du plus répandu au moins répandu.

1° Coupleurs à fibres optiques fusionnées.

Ce type de coupleur est de loin le plus répandu. La façon la plus simple de le décrire est sans contredit en examinant la façon qu'il est fabriqué.

La fabrication de ce type de coupleur se fait habituellement en deux étapes (qui peuvent être exécutées simultanément dans certains cas).

La première étape est l'étape de la fusion. Deux fibres sont habituellement dégainées puis mises en contact côte à côte, puis fusionnées plus ou moins fortement l'une à l'autre à l'aide d'une source de chaleur contrôlable comme une micro-torche, un élément chauffant, etc.

Une fois la fusion effectuée sur une certaine distance, la deuxième étape consiste à étirer tranquillement la partie fusionnée tout en la chauffant, créant ainsi une zone biconique. Sans entrer immédiatement dans tous les détails théoriques, lorsque les fibres sont suffisamment étirées, la lumière n'est plus guidée par le coeur des fibres qui est devenu trop petit mais plutôt par le "superguide" constitué par la fusion des enveloppes des deux fibres formant une sorte de huit comme à la figure I.9.

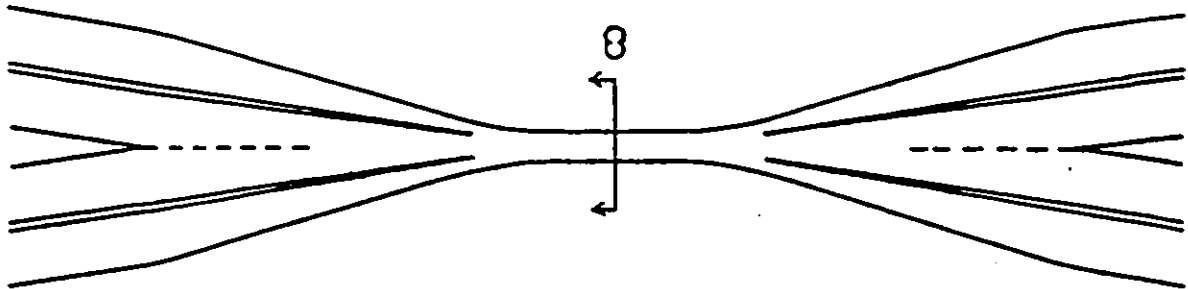


Fig. I.9: Coupleur à fibres optiques fusionnées

Au fur et à mesure de l'étirement, la lumière est transférée d'une fibre à l'autre et vice-versa suivant un phénomène

cyclique. De cette façon, en contrôlant l'étirement, on contrôle le pourcentage de couplage entre les deux fibres. Il existe plusieurs façons de venir modifier le coefficient de couplage du coupleur une fois l'étirement terminé. Chacune de ces méthodes donne lieu à la création d'un nouveau capteur. Certaines de ces applications seront couvertes par la suite.

#### Avantages:

- . Facilité de fabrication
- . Stabilité
- . Coupleurs à plusieurs branches, MXN
- . Faible coût

#### Désavantages:

- . Difficile à fabriquer avec des fibres différentes ou avec des fibres qui maintiennent la polarisation

#### 2° Coupleurs à fibres optiques à surface polie

Ce type de coupleur fait appel à une technologie totalement différente. Pour ce type de coupleur, la surface de chacune des fibres est polie sur une certaine distance et selon une certaine profondeur de telle sorte que la lumière s'échappant du cœur de la première fibre par ondes évanescentes est captée par le cœur de la seconde fibre. Dépendamment de la profondeur de polissage, de la distance entre les deux fibres, de l'indice de réfraction du liquide séparant les deux fibres et de plusieurs paramètres géométriques, on vient contrôler le coefficient de couplage du coupleur.

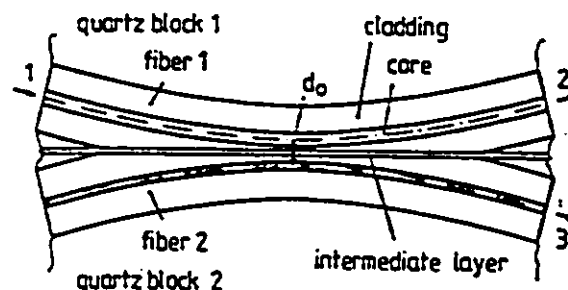


Fig. I.10: Coupleur à fibres optiques polies

Avantages:

- . Couple ensemble n'importe quel type de fibre
- . Coupleurs avec fibre maintenant la polarisation

Désavantages:

- . Fragile
- . Coupleurs à deux fibres seulement
- . Instable
- . Difficile de conception
- . Dispendieux

3° Coupleurs à composantes optiques:

Il existe toute une panoplie de coupleurs dont la construction est basée sur l'utilisation de microcomposants optiques (tels des lentilles, des prismes, des réseaux, etc.) agencés de telle sorte que la lumière incidente ressort par les deux fibres de sortie. Ce type de coupleur est surtout limité aux fibres multimodes dû à la complexité de l'alignement. Exemple:

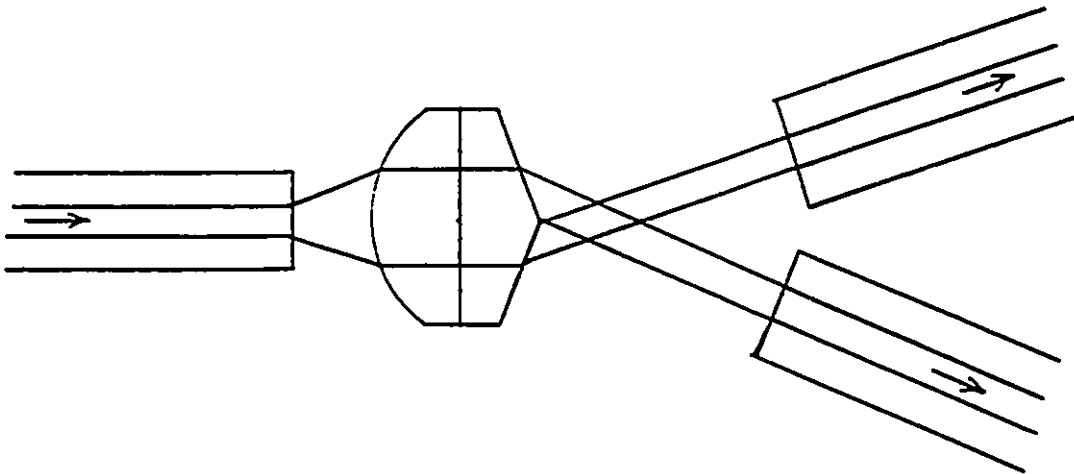


Fig. I.11: Coupleur à composantes optiques

Avantages:

- . Très versatile, ex: intégration facile de démultiplexeur par prisme ou réseau

Désavantages:

- . Hautes pertes d'insertion
- . Très fragile
- . Instable
- . Dispendieux
- . Problèmes d'enlignement

4° Coupleur à raccordement latéral:

Ce type de coupleur est basé sur l'insertion d'une fibre secondaire à l'intérieur d'un petit trou exercé sur le côté de la fibre principale. Evidemment, pour ce type de coupleur, la fibre principale doit être assez grosse (multimode), ce qui élimine la possibilité de communication à haute vitesse.

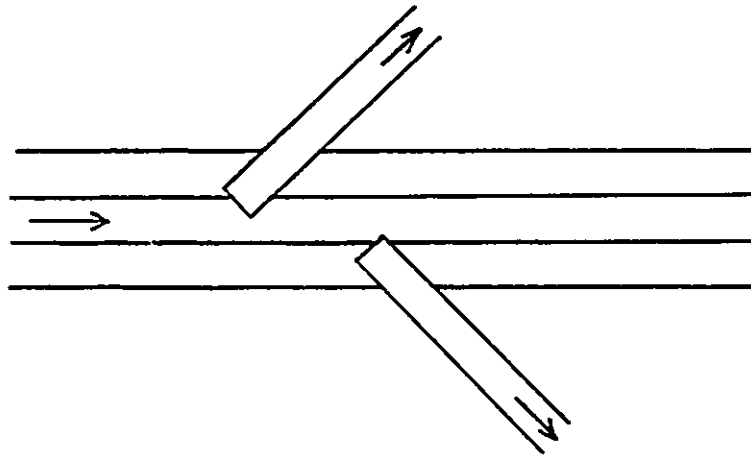


Fig. I.12: Coupleur à raccordement latéral

Avantages:

- . Rapidité et simplicité de fabrication
- . Faible coût
- . Coupleurs 1 X M, M grand

Désavantages:

- . Peu fiable
- . Instable
- . Communication à bas régime seulement

5° Coupleur à optique intégrée

Ce type de coupleur ne fait pas intervenir l'utilisation comme telle de fibres optiques mais il demeure néanmoins important d'en faire mention. La fabrication de ce type de coupleur fait appel aux techniques d'optique intégrée (diffusion ionique, etc.) par lesquelles le guide est "écrit" sur un substrat d'où une grande flexibilité de conception. Ce type de coupleur est particulièrement intéressant pour la réalisation de coupleur MXN à guide monomode où M et N peuvent être élevés. (Configuration impossible à réaliser par les autres méthodes).

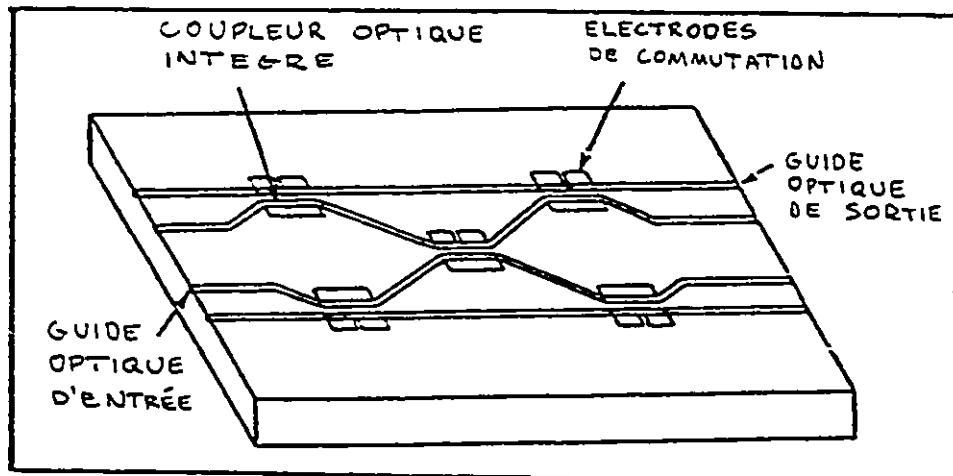


Fig. I.13: Commutateur 4x4 à optique intégrée

Avantages:

- . Grande flexibilité de conception
- . Fabrication sur mesure
- . Intégration facile de composants actifs pour la commutation, etc.
- . Coupleurs monomodes MXN où M et N peuvent être élevés

Désavantages:

- . Pertes non négligeables aux interfaces
- . Coût élevé
- . Difficulté d'installation
- . Difficulté de couplage de la lumière

Comme nous l'avons dit auparavant, l'objet de cette thèse est basé sur les coupleurs à fibres optiques fusionnées (type 1<sup>er</sup>) qui sont de loin les plus utilisés dans l'industrie et commercialement.

PARTIE I: NOTIONS PRELIMINAIRES ET MODELE

CHAPITRE 1: REVUE DES TRAVAUX LES PLUS RECENTS

Les premiers travaux dans le domaine des coupleurs à fibres optiques remontent aux alentours de 1977 (Kawasaki, Hill [3]) avec des coupleurs à fibres multimodes. Quelques années plus tard, en 1983, Bures et al. [4], proposèrent un modèle théorique simple du coupleur à fibres optiques monomodes fusionnées. Le modèle sera présenté un peu plus loin. Ce modèle fut par la suite raffiné par plusieurs autres auteurs [5-11] mais les idées de base demeurent inchangées. A noter, entre autres, les nombreuses contributions du groupe australien dirigé par Snyder et Love. [voir Bibliographie].

A l'heure actuelle, il existe assez peu de recherche théorique dans le domaine des coupleurs à fibres optiques. Les principaux efforts se situent aux alentours de la modélisation de coupleurs optiques [12-17] et du comportement des rayons lumineux à l'intérieur de coupleurs optiques ayant certaines structures géométriques bien particulières. Plusieurs de ces travaux invoquent l'utilisation du BPM (Beam Propagating Method) comme outil de modélisation parce qu'il se prête très bien à ce genre de situation [12-14]: profil du coupleur établi expérimentalement, modélisation à deux ou trois dimensions, pertes par radiation incluses dans le modèle, etc. Par contre, il faut mentionner que l'utilisation d'un ordinateur CRAY est à suggérer! Il existe plusieurs bonnes références sur le sujet pour ceux qui veulent en savoir plus [12-14].

Comme on l'a dit précédemment, les efforts de recherches dans le domaine des coupleurs à fibres optiques se situeraient plutôt au niveau de la conception expérimentale de coupleurs optiques ayant telle ou telle propriété ou pour en faire des nouvelles sortes de capteurs de plus en plus fiables. Dans ce domaine, le marché est tel, qu'il devient très profitable de s'y risquer. Mais malgré toutes ces possibilités, il existe assez peu de gens intéressés à oeuvrer en recherche appliquée sur les coupleurs. Pourquoi?

Parce que c'est très difficile de fabriquer un coupleur optique de bonne qualité.

Il y a 5 ou 7 ans, beaucoup de gens ont tenté leur chance mais aujourd'hui, il n'existe que très peu d'équipes effectuant de la recherche appliquée sur les coupleurs optiques. A mentionner, l'équipe de l'Université de Southampton en Angleterre qui travaillait sur de longs coupleurs ayant de très bonnes propriétés mais peu pratiques justement à cause de leur longueur [6]. Notons aussi l'équipe de l'École Polytechnique de Montréal qui au lieu de travailler sur les coupleurs (à deux fibres) travaillent sur les "tapers" (une seule fibre étirée) [18-19]. D'autres équipes de recherche sont situées en U.R.S.S. (coupleurs à grands nombres de cycles) [10,21], aux Etats-Unis, au NRL (Naval Research Lab) (modélisation et simulation) [8,9,22]. Et je m'en voudrais de ne pas nommer l'équipe du Centre de recherche sur les communications à Ottawa, qui, depuis plusieurs années, a contribué grandement à l'évolution de la recherche appliquée dans le domaine des coupleurs à fibres optiques [23-24]. Et pour les raisons que l'on connaît bien maintenant, les compagnies du secteur privé mettent beaucoup d'efforts pour l'amélioration de leurs coupleurs pour l'augmentation de leur part du marché. Nommons entre autres CANSTAR, Canadian Instrumentation, GOULD, AMPHENOL [25], LITTON, Aster [26], etc.

La recherche actuelle se résume ainsi en plusieurs points distincts:

- Les compagnies du secteur privé sont celles qui mettent le plus d'efforts du côté de la diminution des pertes d'insertion. A l'heure actuelle, les meilleurs résultats parlent de 0.1 db (0.2%) (disponible sur le marché mais il faut y mettre le prix: \$1000. à \$2000. pour des coupleurs optiques faits avec des fibres monomodes).

- Un élément critique est celui de l'emballage du coupleur pour le rendre résistant au choc et insensible aux variations de température, de pression et de champs électro-magnétiques. L'utilisation des coupleurs en milieux hostiles fait aussi partie des études actuelles. Encore une fois, c'est un domaine qui relève principalement du secteur privé.

- Comme nous en avons parlé, des coupleurs peuvent être utilisés pour le multiplexage en longueur d'onde. Comme nous le verrons par la suite, la réponse en longueur d'ondes d'un coupleur a typiquement l'allure suivante:

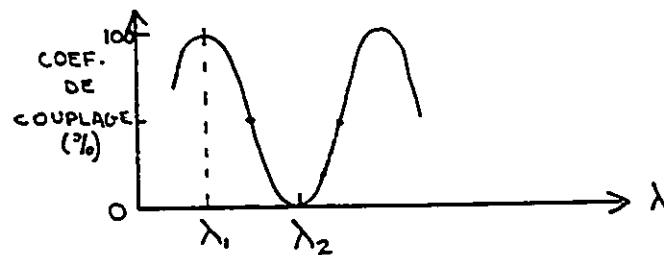


Fig. 1.1: Réponse partielle d'un coupleur avec la longueur d'onde

On comprend aisément comment le coupleur sépare les deux longueurs d'ondes:  $\lambda_2$  n'est pas couplée (0%) et reste dans la branche principale tandis que  $\lambda_1$  est complètement transférée à la branche secondaire. On comprend ici l'effort de recherche pour avoir des cycles en longueur d'onde de plus en plus étroits. Nous détenons actuellement le record avec 0.10 nm par cycle. Une équipe de russes n'est pas loin derrière avec 0.14 nm par cycle [21]. On verra plus loin qu'un coupleur doit présenter plusieurs cycles de transfert de puissance lumineuse d'une branche à l'autre pendant la fabrication pour pouvoir présenter un tel comportement (1000 à 2000 cycles). Il existe actuellement des efforts investis dans la réalisation de composants optiques ayant ce type de réponse spectrale mais sans avoir à fabriquer des

coupleurs avec autant de cycles (ce qui le rend fragile et instable).

- Plusieurs composants à fibres optiques (filtre, etc.) fonctionnent avec des coupleurs dont le coefficient de couplage est de 50%. Il existe actuellement des efforts de recherche dont le but est de rendre le coefficient de couplage à 50% sur la plus grande largeur de bande possible. Quatre méthodes sont présentement identifiées.

1<sup>o</sup> Du groupe du CRC et de d'autres groupes, la méthode des coupleurs asymétriques à 50% dont la réponse spectrale est la suivante [27,28,56,57].

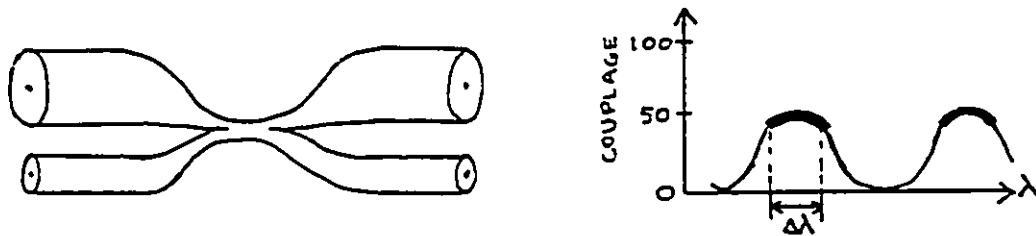


Fig. 1.2: Coupleur asymétrique à 50% et réponse spectrale

Si les cycles sont suffisamment lents, la largeur de bande utilisable à 50% qui est située au sommet des cycles sera plus large que si le coefficient de couplage montait à 100%. Comme nous le verrons par la suite, un coupleur devient asymétrique si une des deux fibres a été préétirée ou attaquée chimiquement, ce qui rend son diamètre plus petit.

2<sup>o</sup> A l'Université de Southampton, une méthode semblable à celle des coupleurs asymétriques a été développée. Selon leur méthode, [29], une des deux fibres est prépolie pour obtenir le profil suivant après la fusion:



Fig. 1.3: Vue en coupe d'un coupleur pseudo-asymétrique à 50%

La réponse en longueur d'onde est exactement semblable au cas précédent.

3° Du groupe du CRC, la méthode de l'arrêt de propagation du supermode antisymétrique peut aussi être utilisée [30]. La réponse typique en longueur d'onde est la suivante:

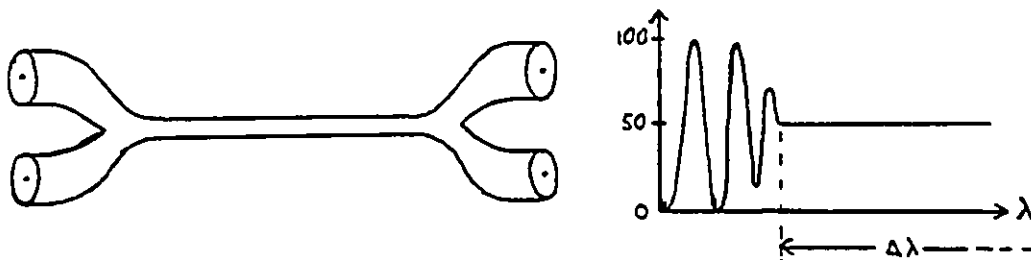


Fig. 1.4: Coupleur amené à l'arrêt de propagation du supermode antisymétrique et réponse spectrale

Comme nous le verrons, le coupleur présente ce comportement en situation extrême d'étirement seulement ce qui le rend très fragile. Mais il demeure néanmoins très stable.

Note: Les méthodes 1 et 3 sont issues de travaux effectués avec l'appareil qui fait l'objet de cette thèse et seront couvertes plus loin.

4° De l'Université de Southampton, la moitié d'un coupleur est soudée avec une fibre préétirée [31]. La réponse en longueur d'onde est la suivante:

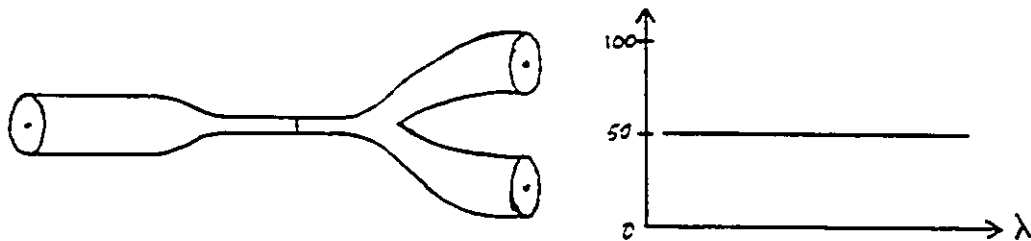


Fig. 1.5: Fusion "Taper" - Coupleur et réponse spectrale

Evidemment, la difficulté ici est d'effectuer la connexion avec un minimum de pertes. Mais les résultats sont très bons.

- Un domaine très difficile est celui de la fabrication de coupleurs avec de la fibre optique maintenant la polarisation. Les applications sont nombreuses: multiplexage en polarisation, communication cohérente, etc.

Ce type de fibre est caractérisé par la présence de membres de stress (intrusion de verre de type différent; voir Fig. 1.6 pour un exemple) créant une forte biréfringence dans la fibre et empêchant les polarisations de se mélanger. La fabrication de coupleurs avec ce type de fibre est difficile parce que les membres de stress viennent perturber grandement le couplage de la lumière d'une fibre à l'autre. Je rappelle qu'au centre d'un coupleur, le milieu de propagation du guide est constitué non plus du coeur et des enveloppes mais plutôt de l'enveloppe dans laquelle sont situés les membres de stress et du milieu extérieur. Pour maintenir les pertes d'insertion à un niveau raisonnable, les membres de stress doivent avoir le même coefficient d'expansion thermique et surtout le même indice de réfraction que l'enveloppe. Une des seules compagnies ayant produit ce type de fibre avec ces caractéristiques spéciales est NTT au Japon et cette fibre n'est malheureusement pas disponible commercialement. Ils sont d'ailleurs à peu près les seuls ayant réussi à faire de très bons coupleurs à fibres fusionnées avec de la fibre maintenant la polarisation. Un montage très complexe avec quatre torches a dû aussi être utilisé [32-35]. L'utilisation de fibres ayant un

profil en D (fibres polies selon un des axes avant la fusion) a aussi été utilisée pour faciliter le positionnement des fibres au moment de la fusion [36-37]. La figure suivante exprime le principe utilisé.

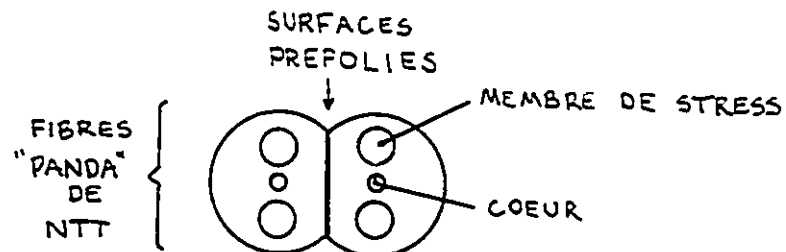


Fig. 1.6: Principe de fabrication de coupleurs avec de la fibre maintenant la polarisation: Vue en coupe des fibres avant la fusion

La difficulté liée à la présence des membres de stress lors de la fabrication du coupleur est totalement évitée par les coupleurs à fibres optiques à surface polie [38-39]. Etant donné que dans ce cas, le guide est toujours constitué par le cœur des fibres, les membres de stress n'ont pas réellement d'influence lors de la fabrication. Canadian Instrumentation Ltd est une des très bonnes compagnies à produire ce type de coupleur et possède un franc succès lié à sa fabrication.

- A titre expérimental, certaines compagnies ont fabriqué des fibres ayant deux coeurs. Ces fibres possèdent l'avantage de faciliter grandement la fabrication du coupleur: il ne suffit alors que d'étirer la fibre en la chauffant. Par contre, il est très difficile de fabriquer cette fibre et elle est aussi très dispendieuse.

- Face au potentiel d'utilisation, la fabrication de coupleurs avec des fibres de différentes compagnies ou ayant des spécifications différentes est très intéressante. Par exemple, on voudrait joindre une fibre spéciale utilisée par un capteur à une fibre monomode courante. Souvent, ces deux fibres auront

deux diamètres d'enveloppe et de coeur différents ce qui rend difficile toute fusion bout à bout. Au lieu de cela, on fabrique un coupleur à l'aide de ces deux fibres avec un coefficient de couplage de 100%. Ceci élimine tout obstacle de nature géométrique. (Ex. coeurs de différentes grosseurs, coeurs mal centrés, etc.). Ce type de coupleur s'appelle "Lateral Splice" [40] et est présentement à l'étude au CRC avec le montage décrit dans cette thèse. (Voir section 6.3.1).

- L'utilisation de fibres différentes peut être amenée plus loin pour la fabrication de "Tuned Port Couplers" [41]. Vu la nature différente des deux fibres, la lumière peut être couplée d'une fibre à l'autre pour une faible largeur de bande seulement ce qui forme en fait un filtre ou un démultiplexeur. Ces travaux sont menés au CRC encore une fois avec le montage décrit dans cette thèse. (Voir section 6.3.1).

- Du côté de l'appareillage de fabrication pour les coupleurs à fibres fusionnées, on observe une tendance à l'automatisation du processus de fabrication. Initialement et jusqu'en 1984 environ, tous les coupleurs étaient fabriqués à la main. Aujourd'hui, encore, plusieurs compagnies les fabriquent manuellement.

Au moment où les travaux de cette thèse ont débutés, deux publications avaient fait mention d'un processus automatique de fabrication. En 1983, un groupe d'allemands utilisait une décharge électrique comme source de chaleur pour la fusion et l'étirement de fibres multimodes [42].

La fabrication de coupleurs avec de la fibre multimode est relativement facile à cause de la dimension du coeur relativement à celle de la fibre elle-même (50 à 62.5  $\mu\text{m}$  vs 125  $\mu\text{m}$ ). En 1985, Allied Amphenol Products présentait un système automatique de fabrication de coupleurs à fibres monomodes mais sans toutefois décrire le montage utilisé [25]. De plus, l'appareil n'était utilisé qu'à des fins commerciales et aucune analyse théorique

des résultats n'était présentée. L'Université de Southampton débutait aussi des travaux avec de la fibre monomode avec un processus mécanique. Ils utilisaient une torche à gaz de grande dimension comme source de chaleur et les fibres étaient suspendues verticalement. Il en résultait de très long coupleurs aux épaules asymétriques.

C'est à ce moment là que nos travaux ont débutés. Nous allions entreprendre la conception d'un système entièrement automatique et contrôlé par ordinateur fabriquant des coupleurs avec des fibres monomodes. Mais, contrairement à nos prédécesseurs, nous avions en tête de présenter pour la première fois l'état du couplage de la lumière et la valeur des pertes au fur et à mesure de la fabrication. Nous espérions pouvoir fabriquer des coupleurs de courte longueur pour la facilité de l'emballage tout en ayant plusieurs centaines de cycles comme ceux de Southampton et ayant des pertes minimales. Depuis la publication de nos premiers résultats en 1986 [28], plusieurs autres compagnies et institutions ont emboité le pas mais face à la difficulté de réussir de bons coupleurs avec des fibres monomodes (diamètres: coeur: 4-8 $\mu$ m, enveloppe: 125 $\mu$ m), peu ont réussi à percer avec de bons résultats. Aujourd'hui, seules quelques compagnies fabriquent des coupleurs à fibres monomodes automatiquement (Gould, Amphenol [25], Aster [26], NTT [35] et quelques autres). Mais aucune d'entre elles n'ose présenter l'évolution du couplage et des pertes au moment de la fabrication. De toute façon, là n'est pas leur intention.

L'appareillage servant à la fabrication des coupleurs se distingue principalement à deux niveaux.

1° Chacun des montages possède sa propre façon de tenir les fibres (information plutôt confidentielle) et par le fait même, ils ont chacun leur propre méthode de rapprocher les fibres ensemble au moment de la fusion. Pour la fabrication de coupleurs à fibres multimodes, l'approche généralement utilisée

consiste à fixer en place deux ou plusieurs fibres et à les torsader l'une avec l'autre pour les rendre en contact comme à la figure suivante [22,43].

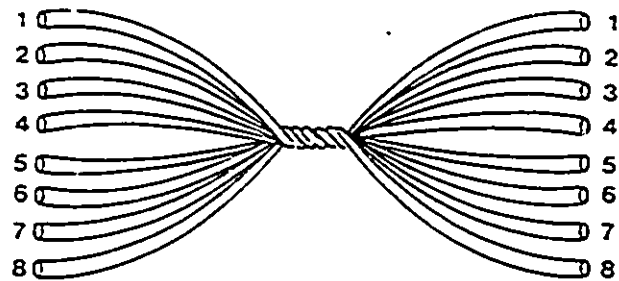


Fig. 1.7: Coupleur 8X8 à fibres multimodes torsadées

C'est une approche simple qui fonctionne bien avec des fibres multimodes mais qui est difficile à maîtriser avec des fibres monomodes. La moindre déformation de la fibre au moment de la fusion crée des pertes non négligeable. L'option que nous avons choisie dès le départ était de concevoir un support horizontal qui mettrait les fibres en contact parallèlement et sans torsade.

La façon de tenir les fibres comme telles au support est aussi une information peu disponible. Au moment de débiter les travaux, un système à succion d'air avait été développé auparavant mais ne pouvait être utilisé pour les fibres monomodes à cause de la déformation de la fibre qu'il occasionnait. Evidemment, tout système traditionnel de maintien de fibres pour des montages optiques ne pouvait non plus être utilisé à cause de la nécessité d'avoir les deux fibres collées l'une contre l'autre. Donc, du point de vue maintien des fibres, il fallait réellement partir à zéro.

Finalement, comme processus d'étirement, la plupart des montages manuels déjà existants utilisaient la gravité comme force d'étirement. Southampton utilisait des fibres suspendues verticalement, tandis que plusieurs autres montages, ceux qui étaient horizontaux, utilisaient un support flottant sur coussin

d'air monté sur une plate-forte légèrement à l'oblique. C'était un bon système mais il ne laissait que peu de contrôle sur les vitesses d'étirement. Aussi, ce type de montage occasionne souvent des étirements asymétriques. Face à ceci, nous avons opté pour une nouvelle façon d'étirer les fibres: étirement horizontal forcé symétriquement par des moteurs situés de chaque côté de la zone fusionnée. Evidemment, ceci comportait l'énorme avantage de forcer un étirement symétrique et nous avons le contrôle exact de la vitesse d'étirement.

2° Ce qui diffère aussi pour chacun des montages c'est la façon de chauffer les fibres lors de la fusion et de l'étirement. La méthode la plus répandue pour la fabrication manuelle correspond à l'utilisation directe d'une micro-torche tenue à la main. Pour la fabrication automatique, il existe plusieurs autres solutions. Comme nous l'avons déjà mentionné, le groupe allemand utilisait l'arc électrique comme source de chaleur. C'est une méthode très propre sauf qu'il est très difficile d'avoir un bon contrôle sur la température de cette façon. L'université de Southampton utilisait une torche à flamme assez large qui chauffait la fibre sur une grande région. Un autre choix que nous avons rejeté par la suite mais que certaines compagnies comme NRL aux Etats-Unis ont adopté par la suite, correspond à l'utilisation d'un filament chauffant enroulé autour des deux fibres [22]. Cette méthode permet un bon contrôle sur la température sauf que la température de fusion du verre est si élevée (1800°C) qu'un filament s'oxyde très rapidement à cette température et se brise très rapidement. L'utilisation d'une chambre à vide est alors nécessaire ce qui complique les choses grandement. Une autre solution que nous avons essayée correspond à mettre une céramique entre la torche et les fibres à fusionner. Cette solution possède l'avantage d'éviter la contamination des fibres par la flamme sauf qu'encore une fois, les températures atteintes ne sont pas assez élevées même avec les meilleures céramiques (allant à très haute température). Finalement, nous avons opté pour le chauffage direct avec une micro-torche. Pour éviter la contamination des

fibres, nous avons choisi un mélange d'hydrogène et d'oxygène au lieu d'un mélange d'alcane et d'oxygène comme il se faisait ailleurs. Ce fut là un point très important. La flamme est très propre et beaucoup plus chaude pour un débit de gaz donné. Le chauffage direct par la micro-torche à la fusion possède aussi l'avantage de créer une légère poussée sur les deux fibres empêchant de cette façon que les deux fibres se séparent à la fusion. Nous reviendrons sur ce sujet plus loin.

Etant donné que l'étirement des fibres nécessite une température beaucoup moins élevée qu'à la fusion, plusieurs options sont offertes pour l'étirement. Voici quelques unes des façons utilisées actuellement qui sont à peu près équivalentes.

Lorsque les fibres peuvent être torsadées avant la fusion, l'étape de la fusion est beaucoup moins critique et peut même être faite au même moment que l'étirement dans certains cas. C'est par exemple le cas de quelques compagnies qui insèrent les fibres torsadées à l'intérieur d'un tube en verre et qui, par la suite, chauffent directement le tube pour la fusion et l'étirement. Le tube sert par la suite pour l'emballage et la protection du coupleur. [ex: Hitachi, 43].

Quant à nous, face à la facilité que nous procurait des valves contrôlées par ordinateur pour la micro-torche, nous avons choisi tout simplement de diminuer le débit d'hydrogène et de couper complètement le débit d'oxygène. Manoeuvre très simple, très efficace et jamais utilisée auparavant. La flamme est alors beaucoup moins chaude et la poussée de la flamme sur le coupleur en voie d'étirement est de beaucoup diminuée, causant ainsi moins de perturbation sur celui-ci. Une autre méthode certainement tout aussi efficace pour l'étirement est l'utilisation du filament chauffant. La température exigée à l'étirement étant moins élevée, le filament fait très bien l'affaire et, dans ce cas, un minimum de perturbation est appliqué sur la fibre. Cette méthode (utilisée par NRL aux USA [22]) possède par contre le

désavantage de bloquer l'observation extérieure du coupleur pendant la fabrication.

\* \* \*

La revue des travaux les plus récents dans le domaine de l'appareillage fut une excellente occasion de justifier la plupart des choix fondamentaux qui ont dû être faits lors de la conception du montage. Nous aurons l'occasion de bien décrire le montage au chapitre 4 de la thèse.

## CHAPITRE 2: MOTIVATIONS DU TRAVAIL

Suite à la lecture de l'introduction et du chapitre précédent, les raisons qui ont motivé ce travail devraient être maintenant évidentes. Au moment où les travaux ont débuté, seul un groupe s'était risqué à concevoir un système contrôlé par ordinateur pour la fabrication de coupleurs à fibres optiques monomodes; tous les autres coupleurs de ce type étaient fabriqués à la main et pourtant la demande commençait à être pressante. Et comme on l'a vu, la conception du montage avait été faite dans un but purement commercial et rien, du point de vue recherche appliquée, n'a transpiré de ce projet: pas de description de montage, pas d'analyse théorique des résultats, etc. Tout était précieusement gardé confidentiel.

Les raisons justifiant les efforts à investir pour la fabrication de coupleurs avec de la fibre monomode au lieu de la fibre multimode semblaient douteuses au moment où les travaux ont commencé. En effet, il était tellement difficile de fabriquer des coupleurs à fibres monomodes à la main qu'il était difficile de penser qu'un système contrôlé par ordinateur pourrait en venir à bout. Nous voyons aujourd'hui que cela fut une bonne décision: presque tous les réseaux à haute capacité maintenant installés utilisent des fibres monomodes et la demande en coupleurs à fibres monomodes est maintenant énorme.

A un autre niveau, il existe plusieurs autres bonnes raisons de concevoir un appareil contrôlé par ordinateur pour la fabrication de coupleurs.

Du côté exploitation commerciale cela veut dire beaucoup. Notre appareil fait d'ailleurs l'objet d'un transfert de technologie avec une compagnie canadienne CANSTAR qui possède une renommée internationale pour la fabrication de coupleurs à fibres multimodes. Pour une compagnie, un appareil contrôlé par ordinateur signifie une grande répétabilité, un meilleur contrôle

et surtout un taux de réussite beaucoup plus élevé. (Un coupleur à fibres monomodes ne pardonne ni fatigue, ni inattention, ni manque d'intérêt). L'investissement initial est ainsi très vite récupéré si on tient compte du prix que les coupleurs à fibres monomodes se vendent. (Coupleurs ordinaires -- \$50 à \$500; coupleurs spécialisés -- \$1000 à \$3000). Evidemment, les compagnies ont un effort supplémentaire à fournir, celui de l'emballage et de la résistance au choc qui n'est pas parfois une tâche facile. Nous savons par contre qu'une compagnie prendra rarement le risque d'investir quelques millions de dollars pour la conception d'un nouveau système qui n'a pas fait ses preuves dans le passé. De ce côté, cela constituait déjà un élément très motivant pour un centre de recherche: savoir que le projet a de la valeur non seulement pour le bien fondé de la recherche mais aussi pour l'entreprise privée qui y voit beaucoup d'intérêts. Depuis la publication de nos premiers résultats, nous avons non seulement prouvé que la chose pouvait bel et bien se faire mais mieux que cela, les résultats obtenus étaient bien supérieurs à ceux qui les fabriquaient à la main. Voyant ceci, plusieurs compagnies ont maintenant emboîté le pas et la course pour s'accaparer le marché est maintenant ouverte. De notre côté, nous avons réussi à obtenir un brevet de savoir-faire sur notre invention.

Maintenant, du côté recherche expérimentale, la conception d'un appareil contrôlé par ordinateur pour la fabrication de coupleurs optiques à fibres monomodes fusionnées représente la réalisation d'un outil de travail très puissant. Tout d'abord, ayant conçu cet appareil avant tout autre groupe de recherche, nous nous sommes donnés une longueur d'avance pour l'expérimentation de nouvelles propriétés. Mais la conception de l'appareil automatique ne fut utile non seulement pour la fabrication de coupleurs comme telle mais aussi parce que, pour la première fois, on présentait des histogrammes de fabrication de coupleurs, c'est-à-dire la représentation graphique de l'évolution du coefficient de couplage et des pertes au fur et à mesure que le

coupleur se fabrique. Ceci était un de nos objectifs initiaux que l'on se devait de remplir et cela s'est avéré un outil précieux pour l'analyse des résultats. Nous aurons l'occasion d'analyser plusieurs de ces histogrammes.

Les avantages de l'utilisation d'un système entièrement contrôlé par ordinateur en laboratoire de recherche sont très clairs. Le système permet une bonne répétabilité et donne la possibilité d'étudier séparément l'influence de plusieurs paramètres. Il permet de cette façon l'appréciation et la compréhension de plusieurs phénomènes théoriques et expérimentaux jusque là inconnus ou incompris. D'un autre côté, plus pratique, l'appareil peut servir à identifier des méthodes servant à diminuer les pertes ou pour en comprendre les mécanismes. Une autre conséquence directe d'un meilleur contrôle et de la possibilité d'observer les histogrammes de fabrication, demeure dans la capacité de pousser beaucoup plus loin certaines caractéristiques comme le nombre de cycles de transfert de puissance. En effet, ceci nous a permis de découvrir certaines propriétés très intéressantes comme l'arrêt de propagation du supermode antisymétrique. Enfin, un appareil contrôlé par ordinateur nous donne toute la flexibilité et la polyvalence désirable pour la fabrication de nouvelles sortes de composants optiques basés sur l'utilisation des coupleurs comme des filtres, des démultiplexeurs, etc.

Evidemment, au moment de commencer les travaux, nos aspirations étaient beaucoup plus modestes, mais comme on dit, qui ne risque rien, n'a rien.

CHAPITRE 3: MODELE DU COUPLEUR

Avant de débiter la description du montage comme telle, nous allons tout d'abord faire un bref survol du modèle théorique du coupleur tel que proposé pour la première fois par Bures et al. [4]. Il sera alors plus facile de comprendre certains aspects du mécanisme de fabrication. Il est à noter qu'un modèle global n'a pas encore été proposé et que plusieurs phénomènes sont encore à démystifier. Par contre, certains comportements peuvent parfois bien s'expliquer intuitivement ou qualitativement sans aucune référence à des modèles théoriques précis. C'est une approche souvent utilisée lorsque la pratique précède la théorie comme c'est le cas ici.

Sans aller dans les détails, la lumière se propage dans un guide optique en accord avec les équations de Maxwell. Pour plus de détails voir Snyder [44] chapitres 11 à 14. En résumé, il existe un paramètre  $V$  sans dimension qui résume globalement les conditions de propagation dans un guide circulaire. Pour la lumière se propageant dans le coeur d'une fibre, nous avons:

$$V = V_{\text{coeur}} = V_{\text{co}} = \frac{2\pi}{\lambda} r_{\text{co}} \sqrt{n_{\text{co}}^2 - n_{\text{en}}^2} \quad \text{Eq. 3.1}$$

où  $\lambda$  = longueur d'onde dans le vide

$r_{\text{co}}$  = rayon du coeur du guide

$n_{\text{co}}, n_{\text{en}}$  = indice de réfraction du coeur et de l'enveloppe

La solution des équations de Maxwell nous conduit à une équation caractéristique reliant  $V$  et une autre variable  $U$  sans dimension représentant les propriétés modales d'une solution particulière de l'équation. La théorie nous indique que de  $V_{\text{co}}=0$  à  $V_{\text{co}}=2.405$  pour une fibre à saut d'indice à enveloppe de dimension infinie, seul un mode est guidé par la fibre ( $HE_{1,1}$ ) d'où le terme de fibre monomode. Maintenant si on tient compte d'un modèle plus réaliste où l'enveloppe a maintenant un diamètre fini avec un milieu d'indice  $n_{\text{ex}}$  à l'extérieur de l'enveloppe, la résolution

des équations nous indique qu'à partir de  $V_{co}=0$  jusqu'à environ  $V_{co}=1$  ( $V_{co}=0.8$  pour être plus précis), plus aucun mode n'est guidé par le coeur [20,45,63]. La lumière est alors irradiée à 100% vers l'extérieur du coeur et si les indices de l'enveloppe et du milieu extérieur le permettent, la lumière est maintenant guidée par l'enveloppe de la fibre.

Maintenant, abordons le cas du coupleur. Comme nous l'avons déjà dit, un coupleur est construit en deux étapes. Tout d'abord deux fibres sont fusionnées côte à côte et ensuite, on les étire jusqu'à ce que la lumière couple d'une fibre à l'autre. Par la suite, le transfert de lumière s'effectue de façon cyclique tant et aussi longtemps que l'étirement prend place. (Une condition limite de l'étirement sera couverte plus loin).

Nous allons maintenant étudier la propagation du mode fondamental  $HE_{11}$  à travers le coupleur. On peut se référer à la figure 3.1 pour visualiser l'évolution de la propagation du mode.

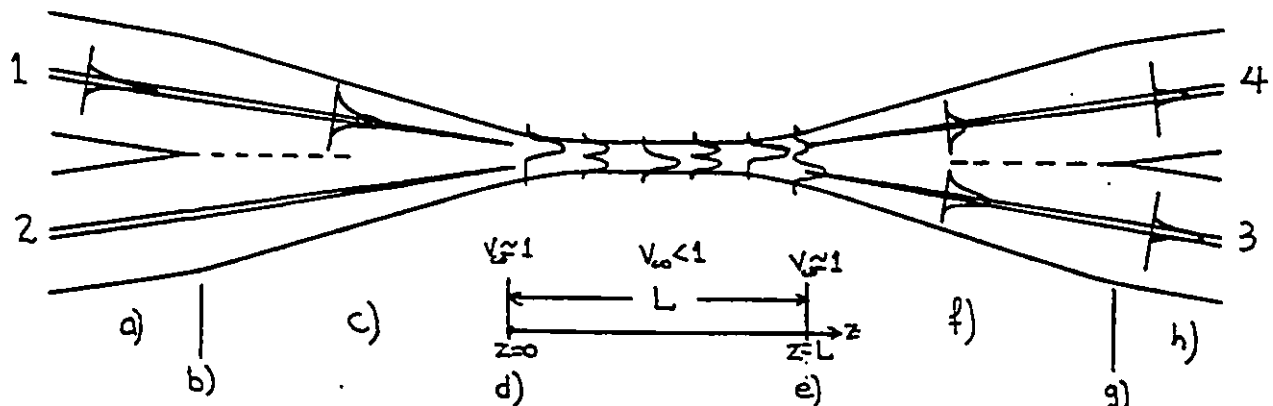


Fig. 3.1: Propagation du mode  $HE_{11}$  à travers les différentes zones d'un coupleur

Tout d'abord en a) se propage le mode fondamental  $HE_{11}$  presque entièrement contenu dans le coeur de la fibre d'entrée 1. En b), à cause de l'étirement effectué sur les fibres, le diamètre des deux fibres commence à diminuer. Comme cet étirement est appliqué uniformément à la fois sur le coeur et l'enveloppe pour chacune des fibres, le rapport des dimensions du coeur et de l'enveloppe demeure le même. Ainsi, au fur et à

mesure que le diamètre de la fibre diminue, le diamètre du coeur diminue dans la même proportion. D'après l'éq. 3.1, ceci a pour conséquence de diminuer la valeur de  $V_{co}$ . Une étude plus poussée des caractéristiques modales nous indiquerait que plus  $V_{co}$  diminue, plus le mode s'élargit présentant de plus en plus de lumière dans l'enveloppe et de moins en moins dans le coeur. C'est le cas observé en c).

Si nous poursuivons plus loin dans la région conique, il vient un moment, en d), où le diamètre du coeur est tel que  $V_{co}$  devient plus petit que 1. Il est bon de noter que, pour une fibre et une longueur d'onde données,  $V_{co}$  varie proportionnellement avec le diamètre du coeur. Et comme on l'a vu, lorsque  $V_{co}$  devient plus petit que 1, la lumière n'est plus guidée par le coeur mais par l'enveloppe de la fibre. Nous devons donc maintenant considérer  $V_{en}$  au lieu de  $V_{co}$  défini par:

$$V = V_{enveloppe} = V_{en} = \frac{2\pi}{\lambda} r_{en} \sqrt{n_{en}^2 - n_{ex}^2} \quad \text{Eq. 3.2}$$

Nous voyons que  $V$  (représenté par  $V_{en}$ ) devient alors subitement beaucoup plus grand que 1. En fait, le guide est maintenant constitué par les deux enveloppes fusionnées et par le milieu extérieur qui entoure le coupleur. La figure 3.2 représente la nouvelle structure du guide.

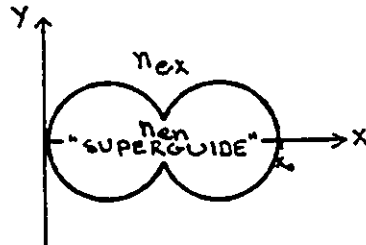


Fig. 3.2: Vue en coupe de la structure du superguide

Pour ces valeurs de  $V$ , le guide n'est désormais plus monomode et il y a couplage du mode guidé par le coeur  $HE_{11}$  à plusieurs modes de la nouvelle structure. L'étude des modes possibles de la

nouvelle structure est très difficile et seules des méthodes numériques en viennent à bout. (Ce genre de structure n'a pas de solution analytique).

Une fois que les modes permis par la nouvelle structure sont connus en fonction de  $V_{\infty}$ , l'utilisation d'intégrales de recouvrement nous permet de savoir quels sont les modes excités de la nouvelle structure guidante. Mais sans faire ces calculs fastidieux, deux publications de Stewart et Love [46-47], appliquées intuitivement au cas du coupleur, nous permettent de définir certains critères reliés à l'angle des épaules du coupleur limitant le couplage du mode  $HE_{11}$  vers des modes supérieurs de la nouvelle structure. La conversion vers des modes supérieurs est indésirable car plus les modes excités de la nouvelle structure sont d'ordres élevés, plus les pertes du coupleur sont élevées parce qu'ils ne peuvent être recapturés adéquatement par le cœur des fibres lorsque  $V_{\infty}$  redevient plus grand que 1 à nouveau en e) sur la figure 3.1. Nous reviendrons sur ce critère lorsque nous parlerons des coupleurs adiabatiques un peu plus loin. En supposant que ce critère est observé, seuls deux modes fondamentaux du nouveau guide ou du superguide sont excités. Nous appelons ces deux modes par les noms suivants: le supermode symétrique et le supermode antisymétrique. Les deux modes sont présentés à la figure suivante:

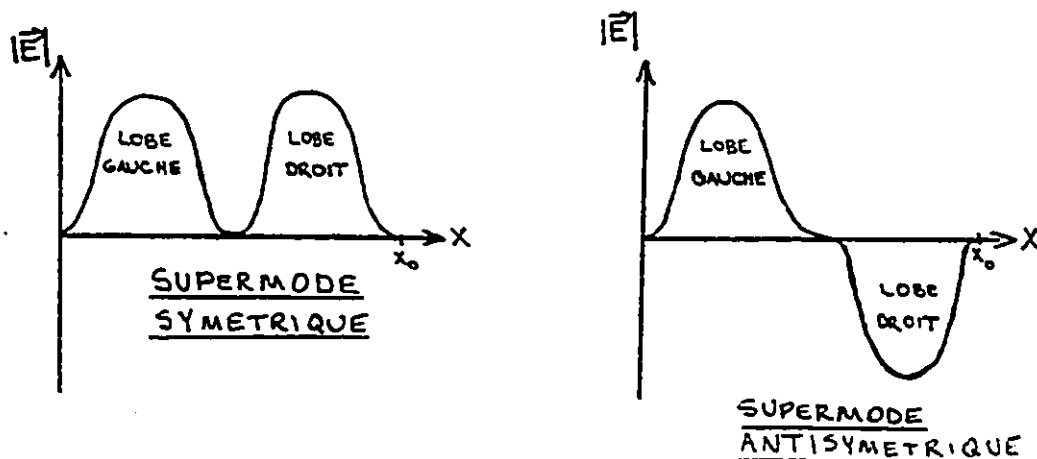


Fig. 3.3: Supermodes symétrique et antisymétrique du superguide

Bien que les représentations graphiques des supermodes à la Fig. 3.3 soient plutôt symboliques qu'exactes, il n'en demeure pas moins qu'elles sont assez près de la réalité et il n'en faut pas plus pour établir un modèle simple qui concorde bien avec la réalité.

Notons néanmoins que même si ces supermodes sont des solutions numériques, on peut tout de même établir un parallèle fort instructif par l'application d'une approximation nous permettant d'élaborer des solutions analytiques à un problème semblable.

L'approximation en question consiste à remplacer le guide de la Fig. 3.2 par un guide elliptique semblable comme à la Fig. 3.3 a).

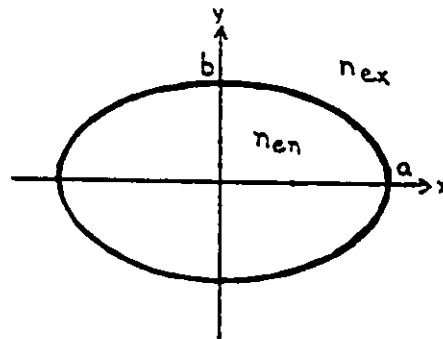


Fig. 3.3 a): Guide elliptique

Les modes de ce guide sont connus et peuvent être évalués analytiquement. Une analyse complète de cette structure est faite par Snyder et Zheng [48] et l'utilisation de ce type de structure pour la modélisation d'un coupleur est faite par les mêmes auteurs en [7]. Il est donc inutile de reprendre ici les détails de la solution et j'invite le lecteur à consulter ces deux publications.

Néanmoins, en quelques mots, les deux modes les plus fondamentaux

du guide de la figure 3.3 a) sont les modes  $LP_{01}$  et  $LP_{11}$  représentés à la figure 3.3 b).

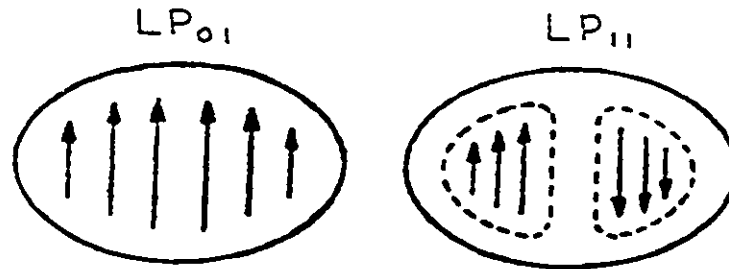


Fig. 3.3 b): Modes fondamentaux d'un guide elliptique

On voit immédiatement le parallèle avec les supermodes symétrique et antisymétrique qu'on associe respectivement au mode  $LP_{01}$  et  $LP_{11}$ . La Fig. 3.3 c) nous montre, dans les deux cas, comment l'excitation sur un côté peut résulter de l'interférence des deux modes fondamentaux.

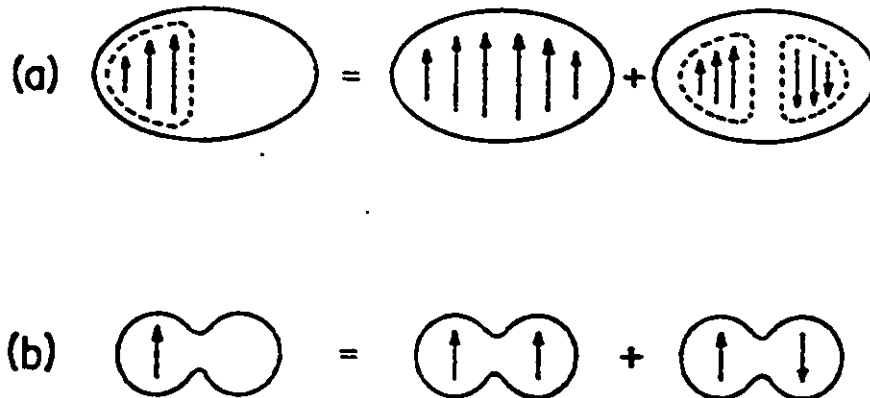


Fig. 3.3 c): Interférence entre les deux modes fondamentaux  
 a) Guide elliptique    b) Section d'un coupleur

Bien que des méthodes numériques devraient être utilisées, le papier de Snyder et Zheng [7] est d'autant plus intéressant parce qu'il nous indique la procédure à suivre pour l'évaluation de tous les paramètres d'intérêts (constante de propagation, coefficient de couplage, ...) dans le cas d'un guide de forme arbitraire. Il suffirait alors d'appliquer la marche à suivre au cas du guide présenté à la Fig. 3.2 et nous aurions en main tous les outils nécessaires pour une étude quantitative de nos résultats.

Ceci serait un travail fort intéressant mais cela dépasserait largement le cadre de cette thèse de maîtrise dont le but est avant tout de décrire un nouvel appareil contrôlé par ordinateur pour la fabrication de coupleurs à fibres optiques monomodes fusionnées.

Donc, prenant maintenant pour acquis l'existence des supermodes symétrique et antisymétrique ayant approximativement l'allure présentée à la figure 3.3, nous pouvons maintenant poursuivre l'analyse de l'évolution de la lumière dans le coupleur. Ainsi, à partir de d) à la figure 3.1, les supermodes symétrique et antisymétrique sont excités et la lumière n'est plus guidée par les coeurs. A cet endroit, la différence de phase accumulée entre ces deux supermodes est nulle et on obtient la résultante présentée à la figure 3.4.

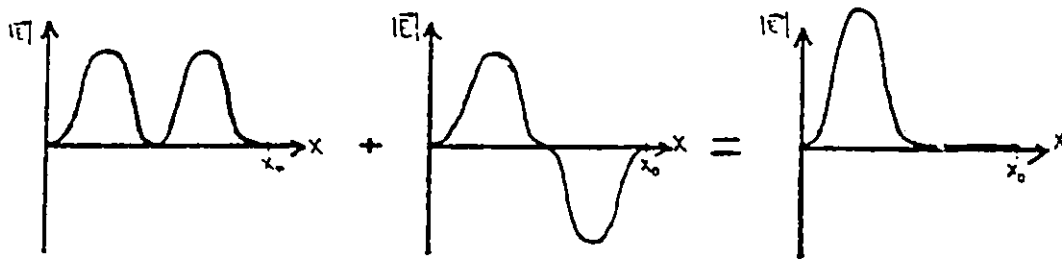


Fig. 3.4: Etat des supermodes à l'entrée du superguide

Comme on le voit, cela correspond bien à la situation initiale du coupleur où la lumière ne vient que d'une des deux entrées.

Maintenant, étant donné que les deux supermodes ont chacun leur propre constante de propagation, il se crée un déphasage progressif entre ceux-ci au fur et à mesure que nous avançons dans la région où  $V_{co} < 1$ . C'est la différence de phase accumulée entre ces deux supermodes à l'endroit où  $V_{co}=1$  à nouveau en e) qui détermine le coefficient de couplage à la sortie du coupleur.

Par exemple, appelons  $\beta_{sy}$  et  $\beta_{sa}$ , les constantes de propagation des supermodes symétrique et antisymétrique respectivement et  $L$ , la longueur du superguide entre les points  $V_{co}=1$  localisés à gauche et à droite du coupleur où la lumière est respectivement libérée et recapturée par le coeur des fibres. Cette zone située entre  $z=0$  et  $z=L$  est appelée zone de battement des supermodes.

Ainsi, lorsque la différence de phase accumulée est un multiple de  $2\pi$ , c'est-à-dire:  $(\beta_{sy}-\beta_{sa}) \cdot L = 2n\pi$   $n=1,2,\dots$ , les deux modes interfèrent comme à l'entrée du coupleur de la façon suivante:

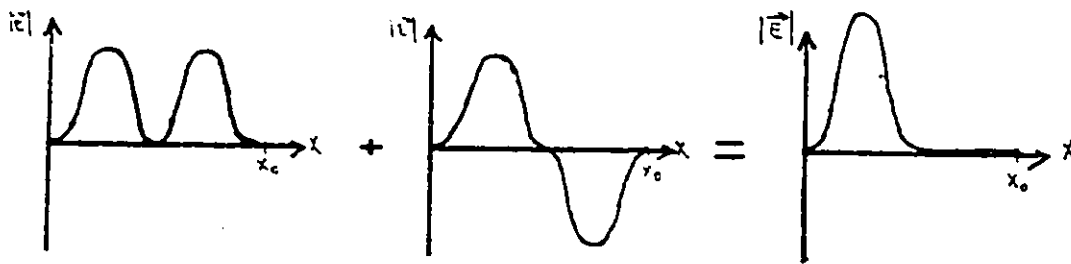


Fig. 3.5: Etat des supermodes à la sortie du superguide lorsque la différence de phase accumulée entre ceux-ci est un multiple de  $2\pi$

et le résultat est que toute la lumière demeure dans la branche principale (sortie 4). Le coefficient de couplage est alors de 0%. Le coefficient de couplage représente la fraction de la puissance lumineuse à la sortie qui est transférée à la fibre secondaire (sortie 3).

$$\text{Coefficient de couplage} = \frac{\text{Puissance sortie 3}}{\text{Puissance sortie 3} + \text{Puissance sortie 4}}$$

Lorsque  $(\beta_{ev} - \beta_{en}) \cdot L = (2n-1)\pi$   $n=1,2,\dots$ , les deux modes sont déphasés de  $180^\circ$  à la recapture par les coeurs et nous obtenons le résultat suivant:

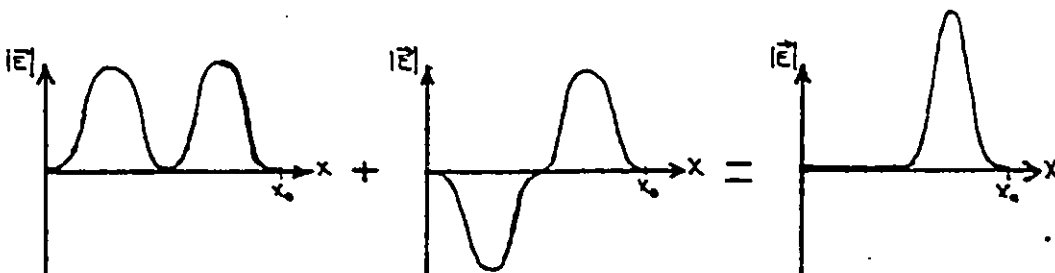


Fig. 3.6: Etat des supermodes à la sortie du superguide lorsque la différence de phase accumulée entre ceux-ci est un multiple impair de  $\pi$

D'où un coefficient de couplage de 100%.

Pour mieux visualiser ce qui se passe lorsque la différence de phase accumulée est un multiple impair de  $\pi/2$ , nous devons représenter les modes à l'aide de phaseurs. En fait, cette méthode permet de comprendre plusieurs autres aspects du couplage

comme un déphasage constant de  $\pi/2$  entre la lumière couplée (sortie 3) et celle non couplée à la fibre secondaire (sortie 4).

Selon cette méthode, chacun des modes est représenté de la façon suivante:

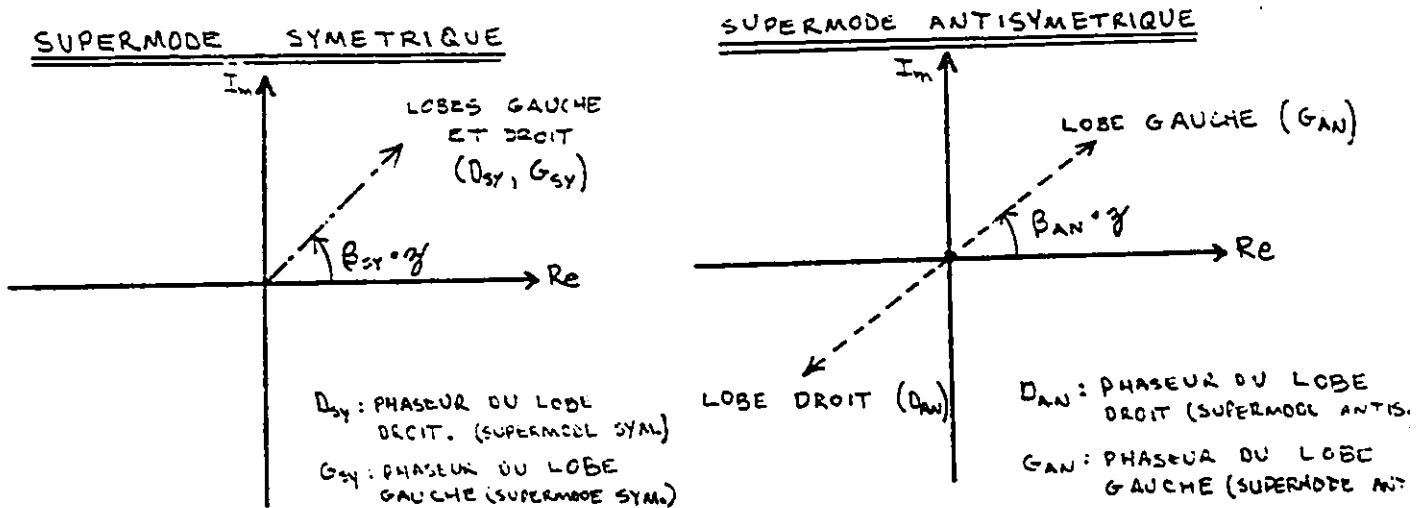


Fig. 3.7: Utilisation de phaseurs pour la représentation graphique des supermodes

L'orientation des phaseurs varie avec le produit  $\beta \cdot z$  où  $\beta$  représente la constante de propagation (graphiquement  $\beta$  représente aussi la vitesse de rotation des phaseurs) et où  $z$  représente la distance parcourue dans la zone de battement. L'amplitude des phaseurs est proportionnelle à l'amplitude du champ électrique pour chaque supermode. Les lobes gauche et droit sont représentés séparément dans le but d'identifier directement les résultats à la sortie du coupleur pour chaque fibre. Le lobe gauche est associé à la fibre principale (sortie 4) et le droit à la fibre secondaire (sortie 3). Dans le cas du supermode antisymétrique, les lobes gauche et droit sont opposés pour refléter le fait qu'ils sont déphasés de  $180^\circ$  l'un de l'autre (voir la représentation des modes). Ceci n'est évidemment pas le cas pour le supermode symétrique où les deux phaseurs sont superposés l'un à l'autre.

En effectuant la somme vectorielle pour les lobes gauche et droit séparément, nous obtenons deux vecteurs dont l'amplitude de chacun au carré est proportionnelle à la puissance optique pour le lobe correspondant et dont l'orientation angulaire représente la phase de l'onde optique à l'endroit étudié.

Evidemment, si l'endroit étudié est situé à la recapture de la lumière (à  $z=L$ ), les résultantes exprimeront la répartition réelle de la puissance à la sortie du coupleur. (lobe gauche = sortie 4 = fibre principale, lobe droit = sortie 3 = fibre secondaire).

Nous allons maintenant étudier le cas de plusieurs coupleurs avec différentes longueurs de couplage. Il est à noter que ceci est équivalent à étudier le cas d'un seul coupleur en voie de fabrication. Ainsi, au fur et à mesure que le coupleur est étiré, la longueur de la zone de battement  $L$  est augmentée, ce qui revient au même qu'aux cas de plusieurs coupleurs avec différentes longueurs de battement  $L$ . Donc, ce que nous allons tirer comme conclusion devrait pouvoir s'observer lors de la fabrication d'un coupleur.

Le tout premier cas que nous allons étudier est lorsque la longueur de battement  $L$  est égale à 0. C'est aussi le cas du coupleur au tout début de sa fabrication. Lorsque la distance parcourue par les supermodes dans la zone de battement est nulle, la phase de chacun des deux supermodes est aussi nulle et nous obtenons les phaseurs à leur position initiale comme à la figure 3.8 à la page suivante.

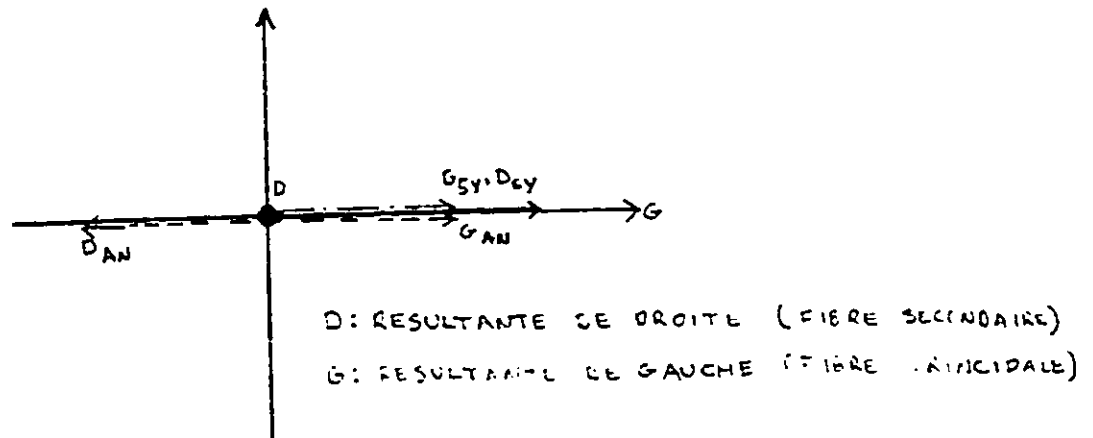


Fig. 3.8: Etat des phaseurs à la sortie du superguide de longueur L lorsque  $L=0$

En effectuant la somme vectorielle pour chacun des deux lobes, nous obtenons le résultat suivant: toute la lumière demeure dans la fibre principale (lobe gauche) et aucune lumière n'est couplée à la branche secondaire (lobe de droite). Ce qui est normal en début d'opération.

Si on étire davantage le coupleur, la longueur de la zone de battement,  $L$ , devient plus grande que  $G$ . Après un léger étirement, nous obtenons les phaseurs suivants à la recapture (à  $z=L$ ):

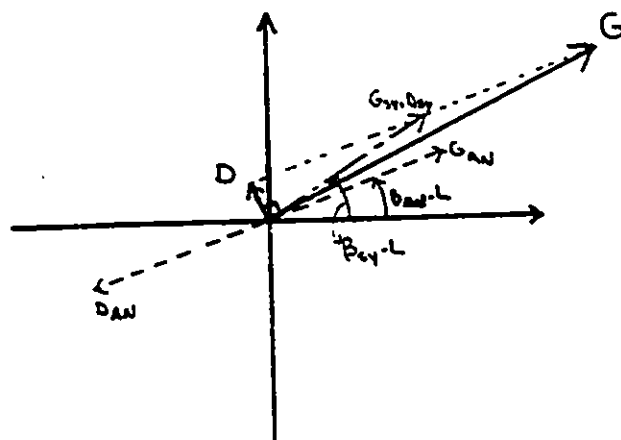


Fig. 3.9: Etat des phaseurs à la sortie du superguide lorsque  $L$  est légèrement supérieure à 0

Nous voyons en observant les résultantes pour les lobes gauche et droit que dès que  $L$  est plus grand que 0, il commence à y avoir de la lumière couplée dans la fibre de droite dont la résultante n'est maintenant plus nulle. Il est à noter que la façon que les phaseurs sont dessinés sous-entend que  $\beta_{ey} > \beta_{en}$ . Nous avons choisi ici  $\beta_{ey} \approx 1.5 \cdot \beta_{en}$ . Même si ce qui compte n'est que la différence absolue entre  $\beta_{ey}$  et  $\beta_{en}$ , donc la différence de phase absolue entre le supermode symétrique et le supermode antisymétrique, il s'avère néanmoins que  $\beta_{ey}$  est effectivement plus grand que  $\beta_{en}$  ( $\beta_{ey} \approx 1.2$  à  $1.3 \cdot \beta_{en}$  selon la géométrie) [48].

En étudiant le diagramme des phaseurs de plus près, on remarque que le phaseur résultant du lobe de droite est déphasé exactement de  $90^\circ$  par rapport à celui de gauche. En étudiant les autres cas, nous verrons que cela est toujours le cas. La lumière couplée dans la branche secondaire est toujours déphasée de  $90^\circ$  par rapport à la lumière dans la fibre principale peu importe la phase dans celle-ci. Ceci possède une importance capitale pour la fabrication de réflecteurs quasi-parfaits tels que décrits dans l'introduction (Fig. I.6).

Maintenant si on choisit un coupleur ayant une zone de battement plus longue ou de façon équivalente, si on étire davantage un coupleur en voie de fabrication, à un moment donné, nous obtenons les phaseurs suivants: (voir figure 3.10 à la page suivante).

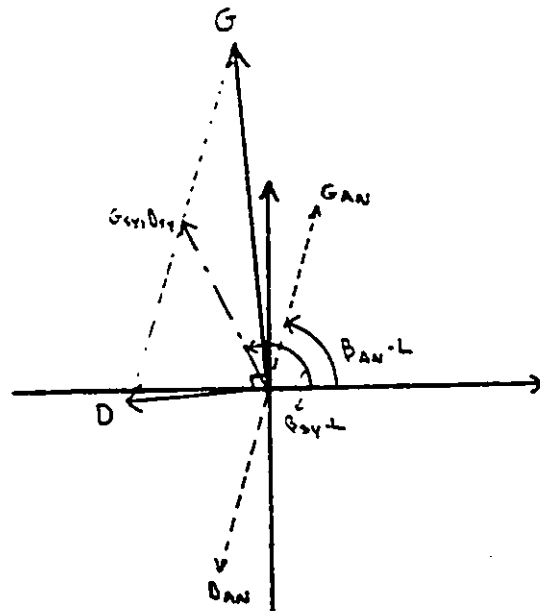


Fig. 3.10: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de 40° environ

Nous voyons maintenant que près de 30% de la lumière en amplitude est couplée dans la fibre de droite, ce qui donne un coefficient de couplage de 14% environ.

Les phaseurs suivants nous présente le cas du coupleur étiré jusqu'à 50% de couplage.

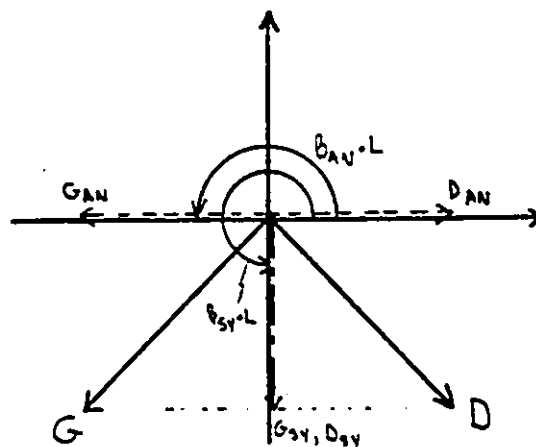


Fig. 3.11: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de 90°

Si nous poursuivons l'étirement, la zone de couplage s'allonge et l'écart de phase entre les supermodes symétrique et antisymétrique s'accroît graduellement ce qui permet un transfert de la lumière de plus en plus complet vers la fibre secondaire. A un moment donné, l'écart de phase est de  $180^\circ$  et nous obtenons les phaseurs suivants:

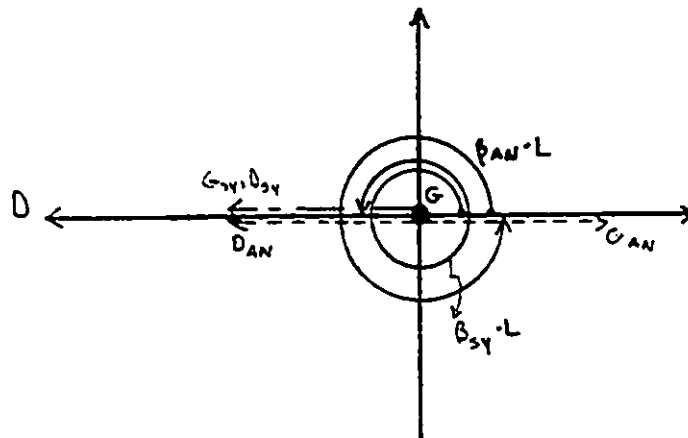


Fig. 3.12: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de  $180^\circ$

Nous voyons maintenant que toute la lumière est maintenant transférée dans la fibre secondaire et le coefficient de couplage est alors de 100%.

Si nous poursuivons l'étirement, la lumière se transfère à nouveau graduellement dans la fibre principale (lobe de gauche). Par exemple à 50% de couplage à nouveau, nous obtenons les phaseurs suivants déphasés de  $270^\circ$  (Fig. 3.13). A noter que les résultantes de gauche et de droite sont par contre toujours perpendiculaires et déphasées de  $90^\circ$ .

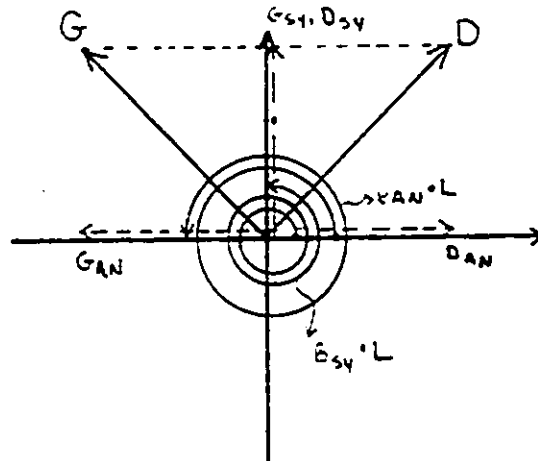


Fig. 3.13: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de  $270^\circ$

En poursuivant davantage l'étirement, nous retrouvons toute la lumière dans la fibre principale comme initialement et nous avons complété le premier cycle. La différence de phase entre les deux supermodes est alors de  $360^\circ$ .

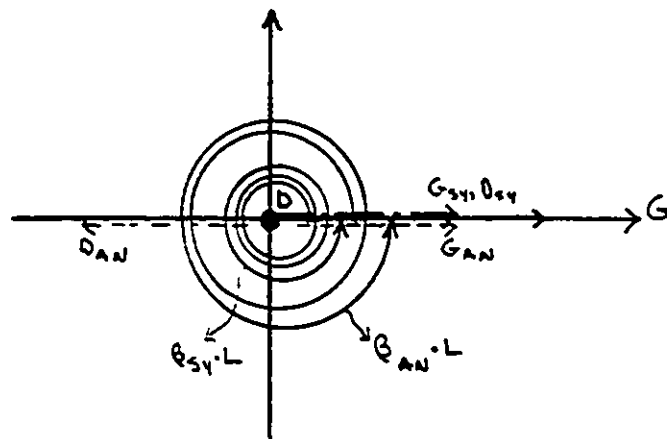


Fig. 3.14: Etat des phaseurs lorsque la différence de phase accumulée est de  $360^\circ$

Il est à noter que le fait que les phaseurs soient à leur position originale après le premier cycle est purement accidentel. Cette situation particulière est due au fait que  $\beta_{SY}/\beta_{AN} = 1.5$ . Si on avait choisi un autre rapport, les résultantes après un cycle auraient pu aussi bien être comme à la

figure suivante.

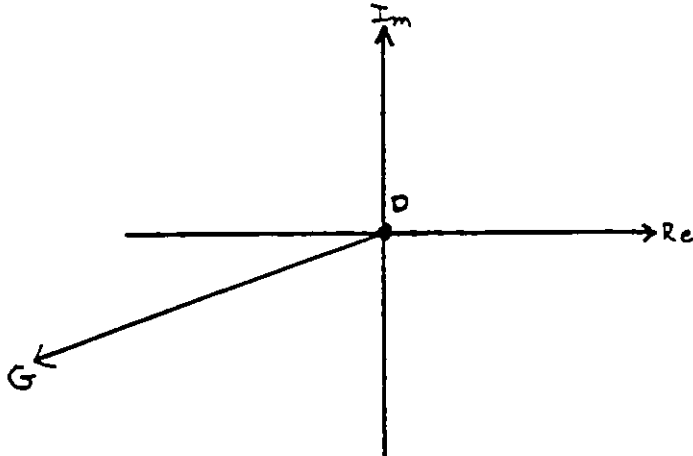


Fig. 3.15: Etat des phaseurs après 360° de déphasage accumulé entre les supermodes mais pour un différent rapport de  $\beta_{ay}/\beta_{an}$

En poursuivant l'étirement, nous débutons un second cycle et le tout recommence.

En fait, si nous observions l'évolution du coefficient de couplage en fonction de l'étirement, nous devrions obtenir un graphique de la forme suivante:



Fig. 3.16: Evolution théorique du coefficient de couplage en fonction de l'étirement

La première partie rectiligne, jusqu'à  $X_0$ , représente la distance qu'il faut étirer les deux fibres fusionnées pour que le diamètre des fibres devienne suffisamment petit pour que la lumière s'échappe du cœur des fibres (à  $V_{co}=1$ ). A partir de ce moment, les deux supermodes sont créés et le processus de battement commence à être observé.

Tous les résultats précédents correspondaient à l'état de la lumière à la sortie de la zone de battement (à  $z=L$ ). Mais le même phénomène s'observe aussi à l'intérieur même de la zone de battement en fonction de  $z$ , la distance parcourue par les supermodes. Il fut démontré expérimentalement [12,49] que le processus de battement existait bel et bien à l'intérieur de la zone de battement et nous obtenons le genre de résultat suivant: (voir aussi Fig. 3.1).

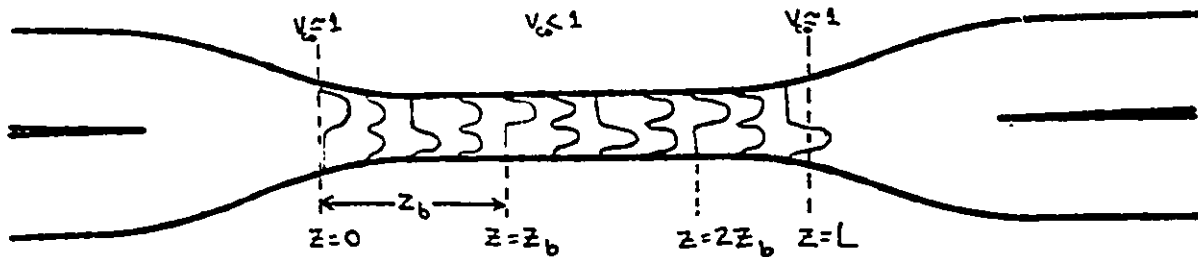


Fig. 3.17: Battement des supermodes à l'intérieur de la zone de battement

La longueur de battement est donnée par  $z_b = 2\pi / (\beta_{sy} - \beta_{an})$ . C'est la distance parcourue par les deux supermodes qui engendre un déphasage entre ceux-ci de  $360^\circ$ . Il existe une relation directe entre la longueur de la zone de battement  $L$  divisée par  $z_b$  et le nombre de cycles observés à la sortie du coupleur ( $N$ ). Nous avons en effet  $N=L/z_b$ . Ce résultat sous-entend par contre un diamètre constant de la zone de battement. Si le diamètre varie, comme c'est le cas ordinairement,  $\beta_{sy}$  et  $\beta_{an}$  varient aussi avec  $z$  et la différence de phase accumulée entre les deux supermodes dans la zone de battement prend la forme intégrale suivante:

$$\Delta\Phi = \int_{z=0}^{z=L} [\beta_{sy}(z) - \beta_{an}(z)] dz \quad \text{éq. 3.3}$$

La figure suivante nous présente le cas d'un coupleur avec un diamètre variable.

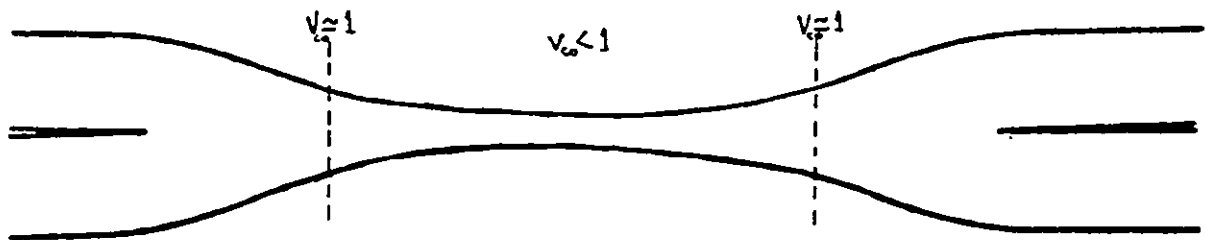


Fig. 3.18: Coupleur avec un diamètre variable le long de la zone de battement

Dans le cas particulier d'un diamètre constant, (ex. Fig. 3.17), l'équation 3.3 devient alors:

$$\Delta \phi = (\beta_{ev} - \beta_{en}) \cdot L \quad \text{Eq. 3.4}$$

Et, une fois que la différence de phase accumulée entre les deux supermodes est connue, un simple exercice de trigonométrie nous donne la formule suivante pour l'évaluation du coefficient de couplage:

$$\text{Coef. de couplage (\%)} = \sin^2(\Delta \phi / 2) \times 100 \quad \text{Eq. 3.5}$$

Maintenant, si la partie centrale du coupleur ("waist") devient de plus en plus fine pendant que celui-ci est étiré, on devrait alors observer une variation lente dans l'évolution cyclique du coefficient de couplage liée au diamètre central du coupleur qui va en diminuant. En effet, selon le modèle, plus le diamètre du "waist" est petit, plus  $v_{en}$  est petit et plus l'écart entre  $\beta_{ev}$  et  $\beta_{en}$  sera accentué ce qui causera une certaine "accélération" de la différence de phase entre les deux supermodes. Ainsi, nous devrions observer le même phénomène d'oscillation du coefficient de couplage mais accompagné d'une période allant en diminuant avec l'élongation du coupleur. De plus, à la limite, lorsque le diamètre devient suffisamment petit, le supermode antisymétrique ne devrait plus être guidé par le coupleur ne laissant que le supermode symétrique fondamental avec un coefficient de couplage

constant à 50% et avec des pertes augmentées de 50% (pertes correspondant à la puissance associée au supermode antisymétrique). L'évolution du coefficient de couplage devrait dans ce cas avoir la forme suivante:

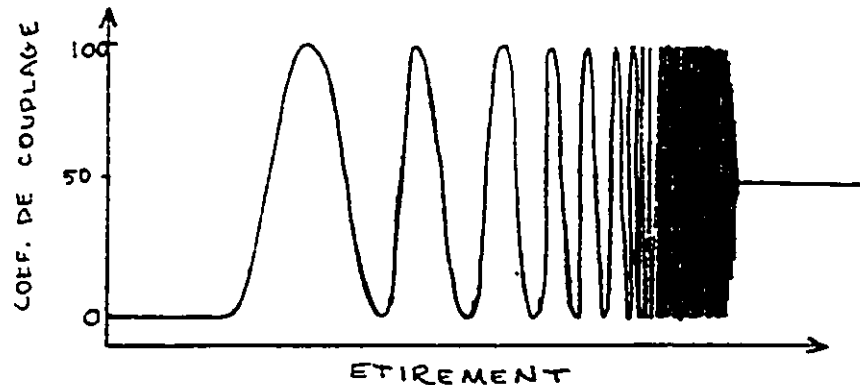


Fig. 3.19: Evolution théorique du coefficient de couplage en fonction de l'étirement pour un coupleur à diamètre variable

Nous reviendrons sur l'arrêt de propagation du supermode antisymétrique avec plus de détails un peu plus loin (voir Chapitre 8).

#### Principe de fonctionnement des capteurs:

Nous sommes maintenant en mesure de mieux comprendre le principe de fonctionnement de la plupart des capteurs basés sur l'utilisation de coupleurs à fibres optiques fusionnées. Nous voyons maintenant que tout ce qui est susceptible de modifier la différence de phase entre le supermode symétrique et le supermode antisymétrique causera une variation dans le coefficient de couplage du coupleur. Un photodétecteur amené à la sortie de chacune des deux fibres sera alors suffisant pour enregistrer les variations du coefficient de couplage et l'application d'une règle de conversion simple, suite à un calibrage, nous donnera directement le paramètre à mesurer.

Etant donné que ces deux supermodes réagissent différemment à une variation de température, à une flexion dans la fibre, à une variation de l'indice de réfraction du milieu extérieur, à une pression hydrostatique appliquée et à plusieurs autres perturbations extérieures, il est alors possible de construire un capteur pour l'évaluation de chacun de ces paramètres à l'aide de coupleurs.

#### Raffinement du modèle:

Pour raffiner davantage le modèle, il faudrait considérer une transition beaucoup plus graduelle des modes guidés par le cœur de la fibre aux supermodes guidés par les enveloppes fusionnées. Auparavant, nous considérions une transition subite aux alentours de  $V_{co}=1$ . En réalité, la transition est plus lente et débute avant  $V_{co}=1$  pour se terminer aux alentours de  $V_{co}=0.7$  [20,45,63]. Ainsi, la zone de battement est moins bien délimitée et les bornes de l'intégrale pour la différence de phase entre les deux supermodes (eq. 3.3) sont plutôt difficile à évaluer. Néanmoins, même si les limites réelles sont graduelles, le phénomène de battement des deux supermodes existe et le comportement prévu par le modèle s'avère très près de la réalité.

Finalement, comme nous l'avons dit, il se peut, sous certaines conditions, que d'autres supermodes, autres que ceux symétrique et antisymétrique, soient excités à  $V_{co}=1$  (ou à la zone de conversion pour le modèle plus raffiné). Dans ce cas, l'évolution du coefficient de couplage en fonction de l'étirement est plus compliquée et présente des variations plus rapides superposées aux variations lentes dues aux supermodes fondamentaux.

#### Comportement en longueur d'onde:

Les constantes de propagation des deux supermodes,  $\beta_{sy}$  et  $\beta_{an}$  varient, en plus, avec la longueur d'onde utilisée. Ceci

implique donc que lorsqu'une nouvelle longueur d'onde est utilisée dans un coupleur, la différence de phase entre les deux supermodes est aussi changée, modifiant automatiquement le coefficient de couplage du coupleur. Donc, celui-ci devrait aussi varier avec la longueur d'onde.

Si on reprenait le modèle des phaseurs, on devrait obtenir le même phénomène de variation cyclique du coefficient de couplage mais cette fois-ci avec la longueur d'onde. L'étude de spectre de transmission pourra confirmer la façon dont  $\beta_{xy}$  et  $\beta_{yx}$  varient avec la longueur d'onde mais si toutefois les variations étaient linéaires, le coefficient de couplage devrait varier sinusoïdalement.

\* \* \*

Ceci complète dans un premier temps les notions nécessaires à la compréhension des phénomènes de base concernant le comportement des coupleurs à fibres optiques monomodes fusionnées. Plus loin, certains nouveaux éléments seront rajoutés pour expliquer de nouveaux comportements ou des propriétés observées sur nos coupleurs.

**PARTIE II: MONTAGE EXPERIMENTAL ET ANALYSE DES RESULTATS**

CHAPITRE 4: MONTAGE EXPERIMENTAL

Nous allons maintenant passer au coeur du sujet, à savoir la description du montage expérimental suivi, dans les prochains chapitres, de l'analyse de résultats obtenus avec ce montage.

Le but premier du montage était de permettre, pour la première fois à des fins expérimentales, la fabrication automatique de coupleurs à fibres optiques monomodes fusionnées à l'aide d'un système assisté par ordinateur.

En se laissant une grande flexibilité et un contrôle serré sur plusieurs paramètres simultanément, nos intentions demeuraient tout d'abord dans la fabrication de coupleurs avec d'excellentes caractéristiques (faibles pertes, plusieurs cycles, etc...) et une fois cette tâche accomplie, notre but était d'étudier l'influence de certains paramètres ou d'observer de nouvelles propriétés en poussant à l'extrême certaines conditions. Comme on le verra, la maîtrise et la souplesse permises par le montage nous ont permis de mieux comprendre certains comportements et de vérifier certains éléments théoriques venant confirmer la validité du modèle.

Pour permettre de bien saisir certains détails du montage, je me permets de rappeler que la fabrication d'un coupleur à fibres monomodes fusionnées comporte essentiellement deux étapes: la première étape consiste à fusionner les fibres ensemble latéralement sur une distance variant de 0.5 à 3 cm et la seconde consiste à étirer les fibres fusionnées tout en les chauffant légèrement. Le profil final du coupleur correspond à celui utilisé pour le modèle avec ses différentes zones (voir Fig. 3.1). Dans un chapitre ultérieur, nous viendrons étudier l'influence du profil sur certaines caractéristiques du coupleur comme, par exemple, les pertes.

La figure suivante nous donne un schéma bloc du montage.

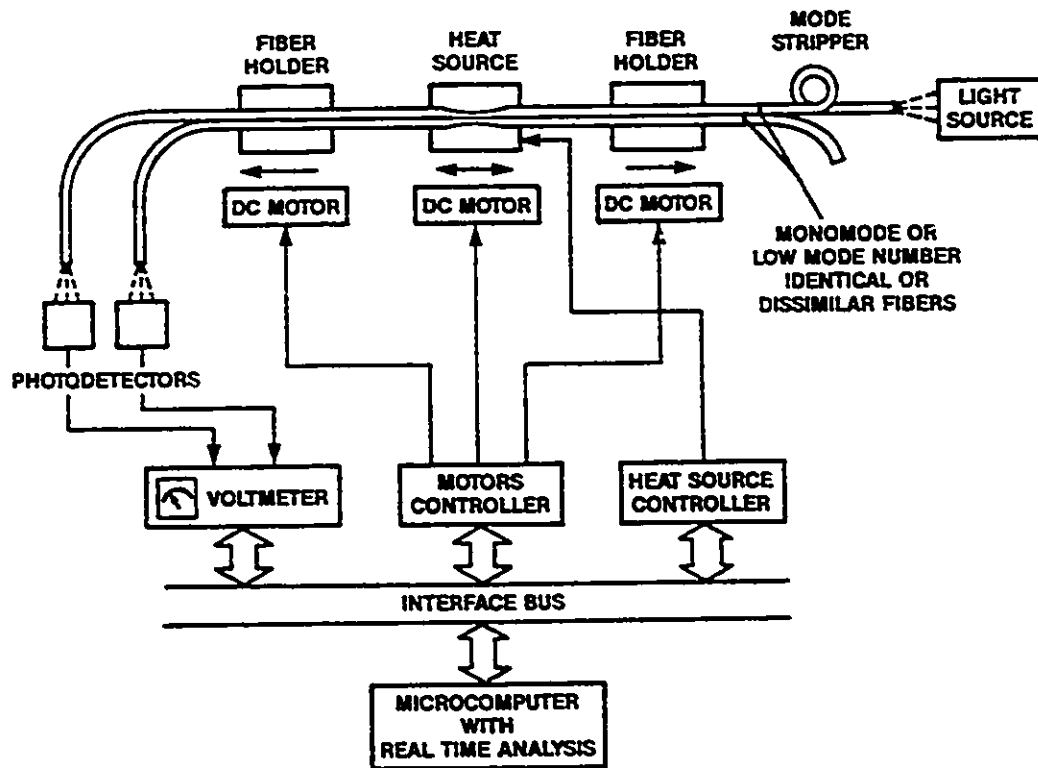


Fig. 4.1: Schéma bloc du montage expérimental

Le système est séparé en six sections.

#### 4.1- Section: Chauffage et torche

Cette section est composée de la source de chaleur servant à fusionner les fibres et à les tenir chaudes pendant l'étirement ou les autres manipulations. La source de chaleur est une micro-torche avec une pointe #4 utilisant de l'hydrogène et de l'oxygène comme combustible. L'utilisation de ces deux gaz comporte plusieurs avantages: flamme très chaude même avec de faibles débits de gaz, résidus de combustion très propres (vapeur d'eau principalement), mixage des gaz facile, etc. Les débits de gaz sont contrôlés par deux valves électromagnétiques à réponse rapide contrôlées par ordinateur. Les valves sont de la

compagnie Omega, modèle FMA-115 (0-500 sccm) pour l'hydrogène et FMA-113 (0-100 sccm) pour l'oxygène. Bien que la température de la flamme ne soit pas mesurée comme telle (elle pourrait l'être facilement par l'utilisation d'un thermocouple et d'un voltmètre), on peut la varier très facilement en modifiant les débits de gaz à la torche. Pour varier la température tout en conservant le même type de flamme, les débits d'hydrogène et d'oxygène sont modifiés dans la même proportion tandis que pour modifier la forme de la flamme, (flamme plus large, plus effilée, plus longue, etc.), on modifie un des débits indépendamment de l'autre.

La pression exercée par la flamme sur les fibres est très importante lors de la fusion. C'est pourquoi la torche est positionnée horizontalement comme à la figure suivante:

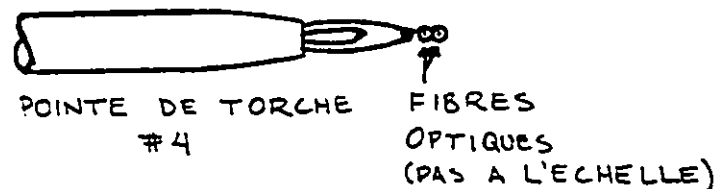


Fig. 4.2: Positionnement de la torche p/r aux fibres

La température nécessaire pour permettre l'étirement est de beaucoup inférieure à celle nécessaire à la fusion. De plus, la pression exercée par la flamme doit être diminuée à l'étirement pour éviter l'apparition de déformations lorsque les fibres deviennent plus minces lors de l'étirement. Pour satisfaire ces deux conditions simultanément, nous avons utilisé une méthode très simple qui consiste tout simplement à couper l'arrivée d'oxygène au moment de l'étirement. Les profils de flammes de même que les paramètres utilisés sont présentés à la figure 4.3 de la page suivante:

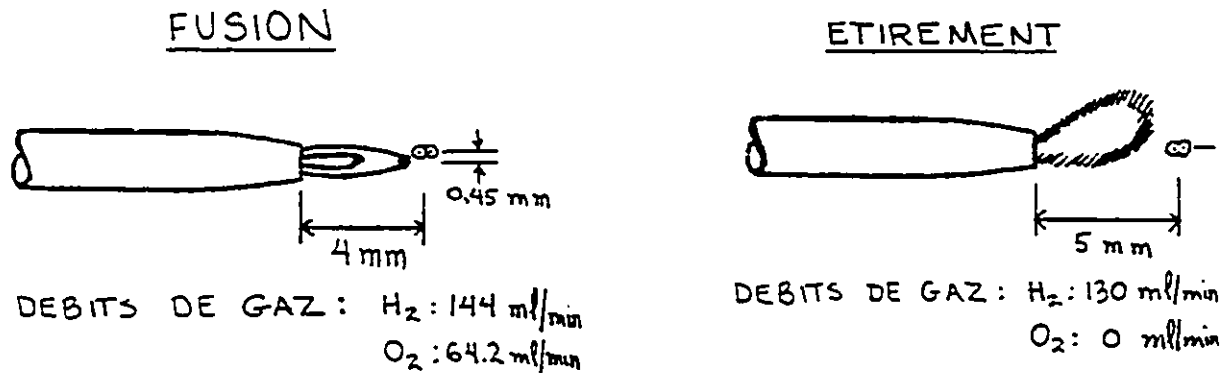


Fig. 4.3: Profil de la flamme à la fusion et à l'étirement

#### 4.2- Section: Support et maintien des fibres

Cette section doit assurer une installation facile et précise des fibres avant le début de la fabrication du coupleur.

L'installation des fibres est sans contredit, l'étape la plus délicate de la fabrication puisque tout le restant est contrôlé par ordinateur. Le maintien des fibres est assuré par deux supports à succion, un de chaque côté de la torche situés à environ 4 cm chacun de celle-ci. Etant donné que pour une fibre monomode, une déformation moindrement importante se traduit par la création de modes supérieurs non propagés par la fibre (donc des pertes), nous avons décidé de ne pas torsader les fibres lors de l'installation. Evidemment, cela rend beaucoup plus difficile l'étape de la fusion puisque la pression exercée par la flamme cherche à séparer les fibres si elles ne sont pas parfaitement côte à côte ou si la tension dans les deux fibres n'est pas exactement la même. Nous reviendrons plus loin sur cette question. Les deux schémas suivants présentent comment la création de déformations importantes est induite par la fusion de fibres torsadées.

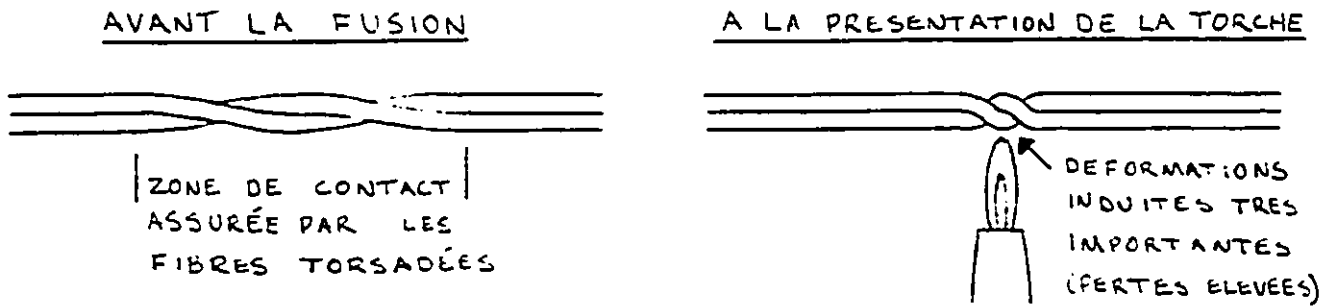


Fig. 4.4: Création de déformations lors de la fusion de fibres torsadées

Les fibres sont donc installées parallèlement d'un bout à l'autre. Pour assurer un bon contact des fibres sur toute la longueur à fusionner, nous avons utilisé un système avec une pompe à succion avec lequel les fibres sont automatiquement positionnées côte à côte. Les deux schémas suivants illustrent le principe utilisé.

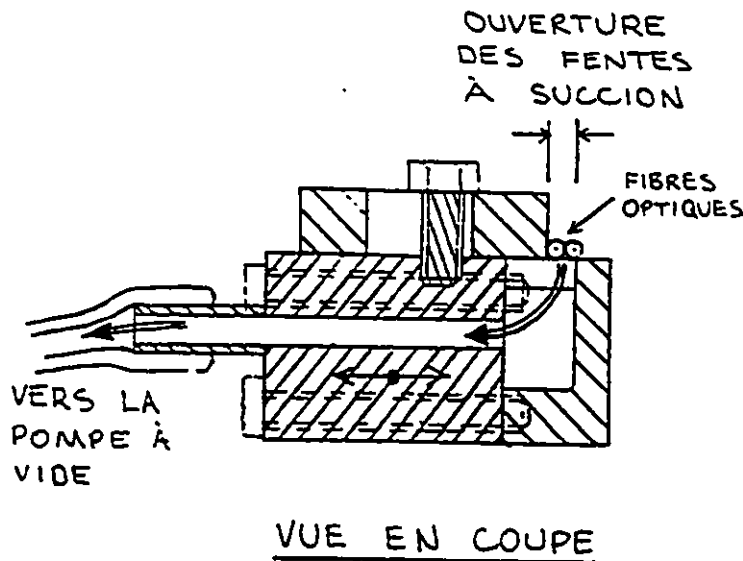


Fig. 4.5 a)

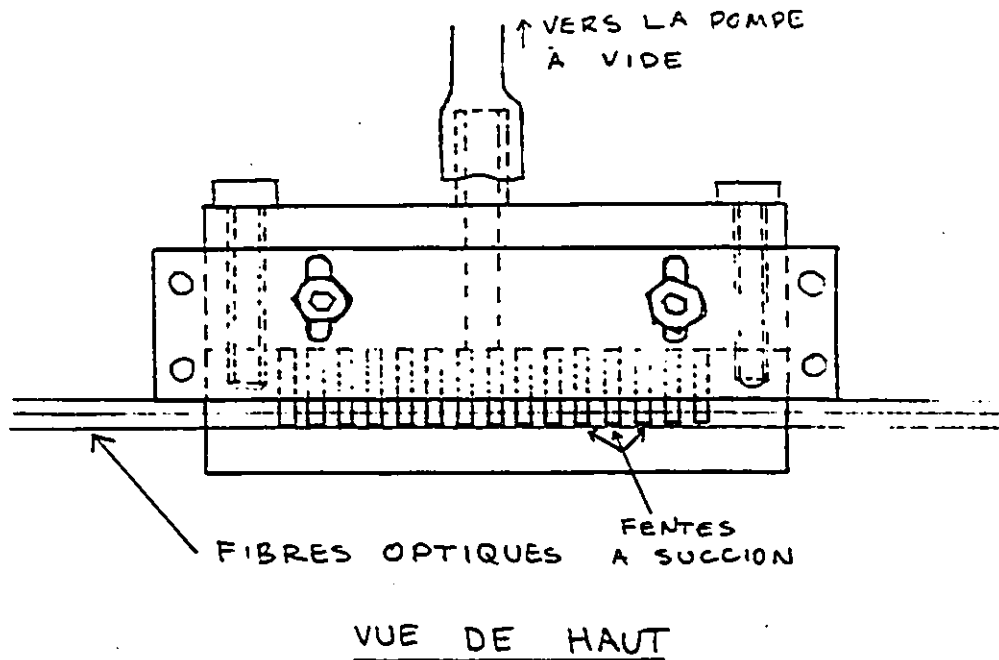


Fig. 4.5 b)

Fig. 4.5: Vue en coupe [4.5a)] et de haut [4.5b)] des supports à suction utilisés pour le maintien des fibres

La largeur des fentes à suction pouvant être variée par une vis micrométrique (non présentée sur les schémas), nous pouvons amener plusieurs fibres côte à côte sans problème. Le support a, de plus, été utilisé avec des fibres de diamètres différents sans présenter aucune complication. La prochaine photographie présente un des supports à suction tel que nous les avons conçus et fabriqués.

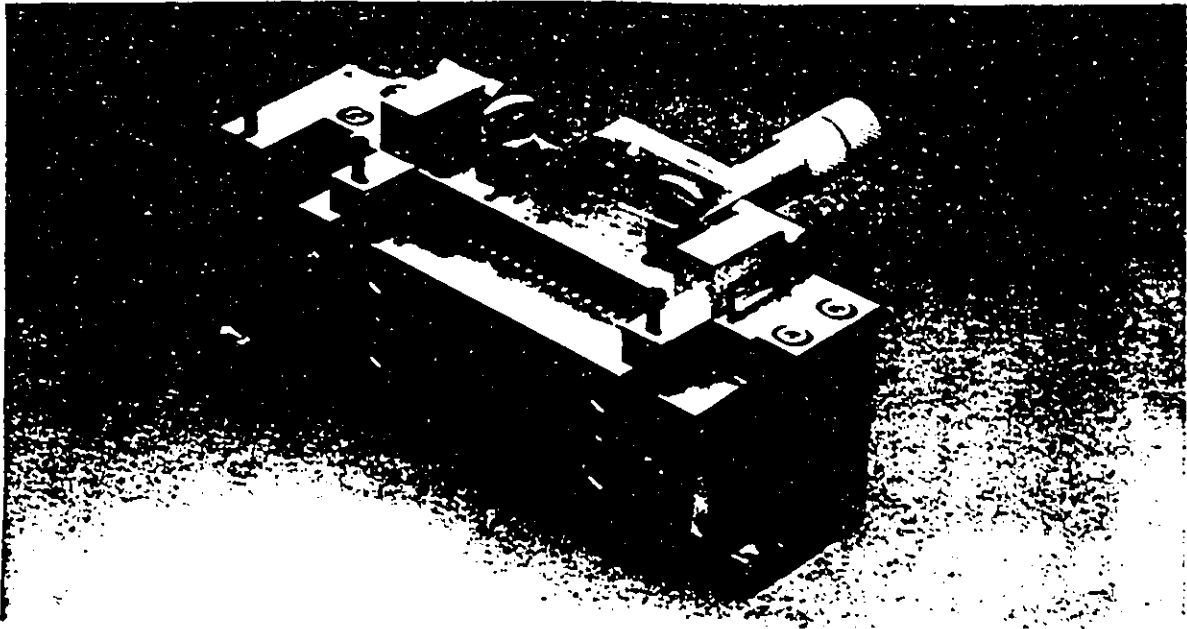


Fig. 4.6: Photographie d'un support à suction tel que conçu et fabriqué au CRC

A la prochaine figure, vous avez une photographie illustrant la disposition des supports à suction et de la torche.

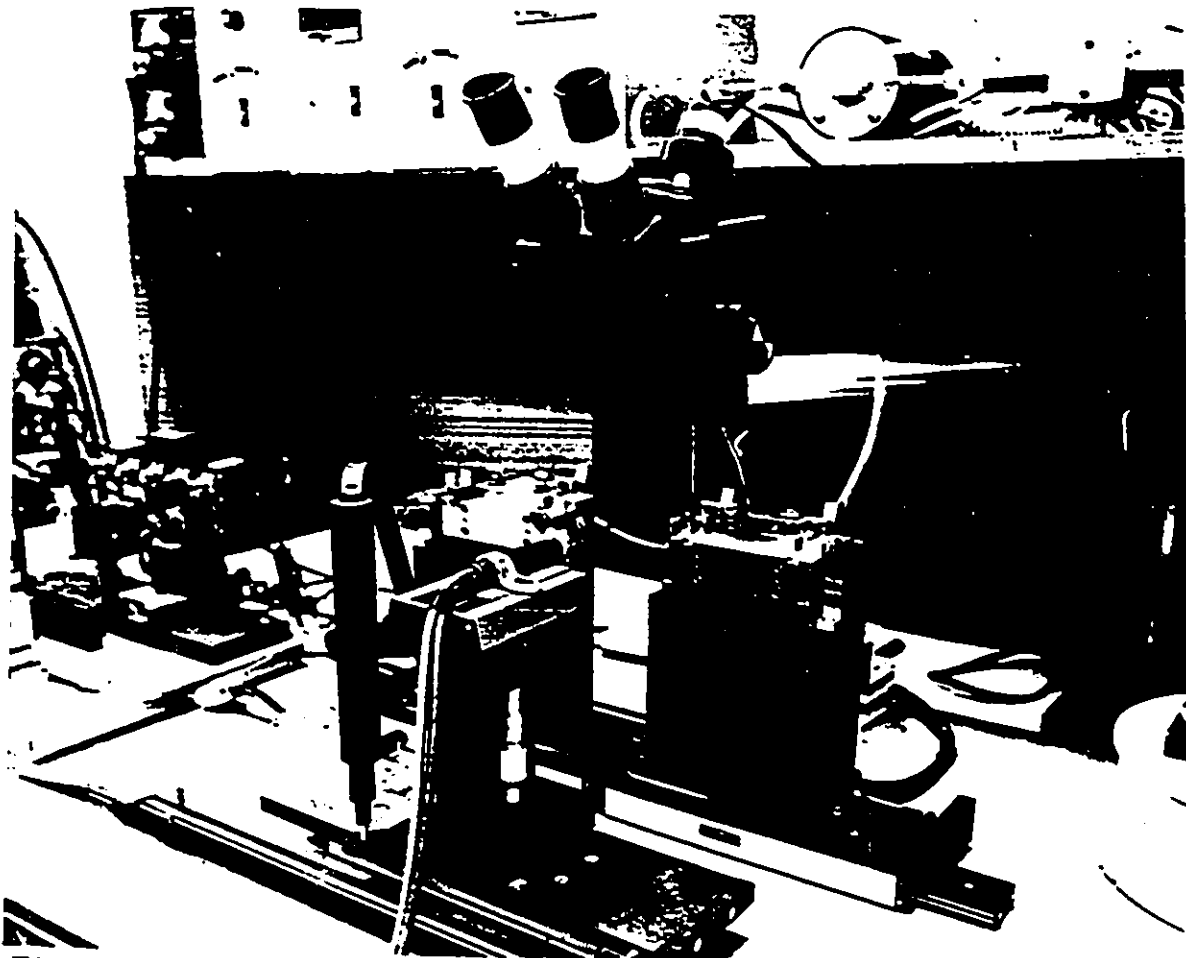


Fig. 4.7: Photographie du coeur du montage avec les supports à suction et la torche

Le système à succion constitue un excellent support pour le maintien des fibres puisqu'il tient très bien les fibres côte à côte sans toutefois empêcher les fibres de glisser sur le support lorsqu'il le faut. C'est le cas par exemple en début d'expérience lorsque la torche se rapproche des fibres. Si le synchronisme n'est pas parfait, lorsque les moteurs d'étirement débutent leur opération, il se peut que la torche ne soit pas encore assez près des fibres et que celles-ci ne soient pas encore assez chaudes pour qu'elles puissent être étirées sous l'action des moteurs. On doit alors permettre aux fibres de glisser sur les supports.

L'établissement d'une tension égale dans les deux fibres est d'une importance capitale. Si cette tension n'est pas égale, les deux fibres se sépareront sous la pression de la flamme au moment de la fusion ou une déformation importante s'installera et le coupleur sera définitivement manqué. Les schémas suivants présentent deux situations courantes dans le cas de tensions inégales.

Manque de tension dans une fibre qui baisse ou monte sous la pression de la flamme.

Trop de tension dans la fibre du bas qui fait recourber celle du haut après le début de la fusion une fois que la tension est relâchée sous la chaleur de la flamme.



Fig. 4.8: Exemples de situations découlant de tensions inégales dans les fibres

Pour s'assurer d'une tension égale dans les deux fibres, nous

avons développé une technique suite à de nombreux essais. Dans un premier temps, les deux fibres sont dégainées sur une distance d'environ 35 cm par une solution de chloroforme. Elles sont ensuite nettoyées à la main avec une solution d'éthanol puis la partie dégainée est installée sur les supports à succion de chaque côté sans prendre de soins particuliers. Par la suite, un des deux leviers de maintien intérieur situé sur les supports à succion est abaissé sur les fibres pour les fixer en place d'un côté. La pompe à succion est alors éteinte et les fibres se dégagent alors des supports. En prenant et faisant glisser lentement les fibres entre le pouce et l'index vers le côté libre, on établit une tension égale dans les deux fibres et finalement, après avoir repositionné les fibres au-dessus des fentes de succion, on baisse l'autre levier de maintien intérieur sur les fibres. On a finalement décidé de laisser la pompe éteinte parce que la fibre qui est collée sur la paroi latérale du support semble être maintenue plus fortement donnant lieu à une tension inégale dans les fibres en début d'expérience. La pression exercée par les leviers de maintien sur les fibres peut être variée de telle sorte que les fibres puissent glisser plus ou moins facilement sur les supports à succion en début d'étirement lorsque la fibre n'est pas assez chaude pour pouvoir s'étirer sous l'action des moteurs d'étirement.

#### 4.3- Section: Etirement et déplacement

Cette section permet les mouvements d'étirement et de compression des fibres de même que tous les mouvements nécessaires pour le positionnement de la torche.

Pour les mouvements d'étirement et de compression des fibres, des plates-formes de translation avec roulements à billes sont installées sous chacun des deux supports à succion où sont installées les fibres. Un moteur DC de haute précision de Newport Corporation (précision  $\pm 100\text{nm}$ ) et un système de ressorts assurent les déplacements individuels de chacune des deux plates-formes.

Deux autres moteurs DC de haute précision assurent les déplacements de la torche. Le premier assure les déplacements verticaux tandis que le second assure les déplacements latéraux le long des fibres. Les déplacements permettant l'ajustement de la distance entre la pointe de la torche et les fibres sont effectués manuellement par une vis micrométrique. Le croquis suivant illustre les mouvements contrôlés par ordinateur.

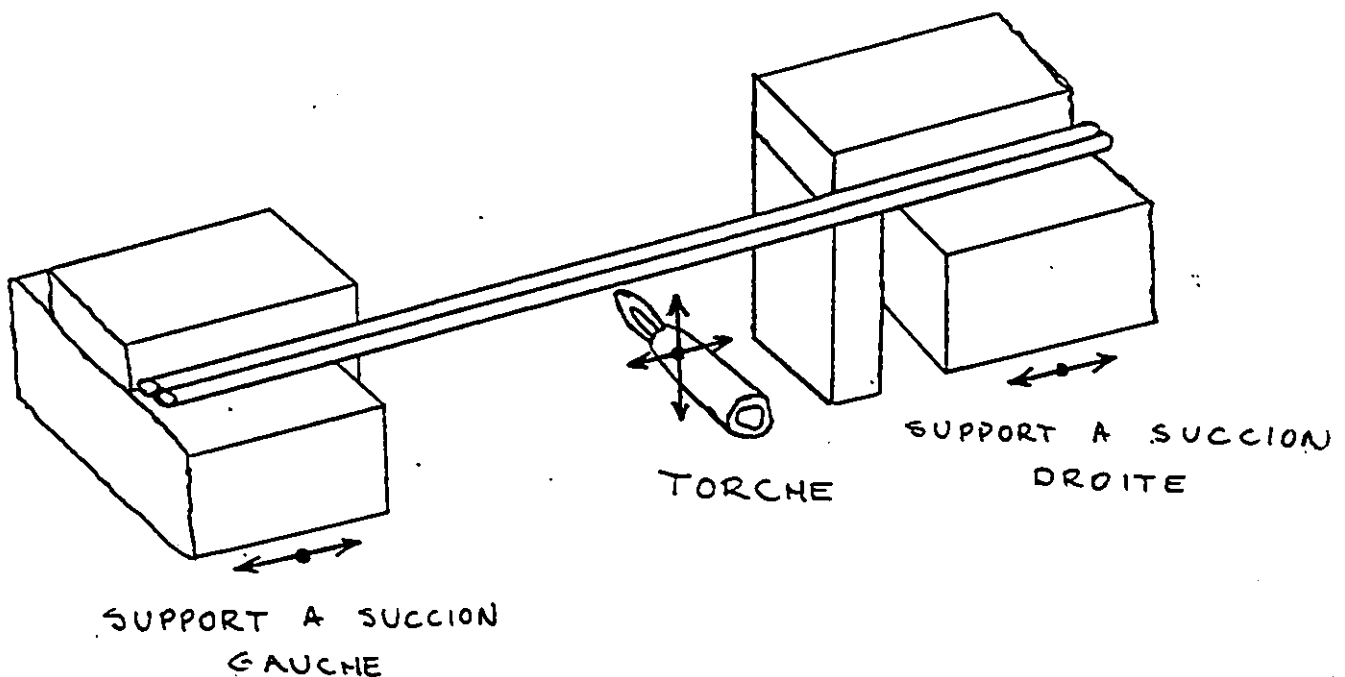


Fig. 4.9: Description schématique des mouvements contrôlés par l'ordinateur

Le contrôleur des moteurs DC est commandé par ordinateur. Les vitesses permises par les moteurs vont de 0 à 0,4000 mm/sec et les élongations maximales sont toutes de 4" sauf pour les mouvements verticaux de la torche qui sont de 1".

Le contrôleur de moteurs possède plusieurs modes de fonctionnement. Celui utilisé pour la fabrication des coupleurs est le mode "Programme" par lequel toutes les instructions de déplacements sont envoyées à l'avance au contrôleur qui ne les exécutera que lorsque l'ordinateur le lui demandera. De cette

façon, l'ordinateur est libéré du contrôle des moteurs pendant les expériences ce qui permet l'exécution de d'autres tâches comme l'acquisition et la représentation en temps réel des données (histogramme de fabrication).

Les vitesses réelles utilisées seront présentées à la procédure de fabrication un peu plus loin.

#### 4.4- Section: Emission de lumière

Puisqu'on veut que l'état du coefficient de couplage soit connu pendant la fabrication du coupleur, il nous faut émettre de la lumière dans une des deux fibres à l'entrée du coupleur. De façon à pouvoir coupler un maximum de lumière dans la fibre, nous avons décidé d'utiliser une source laser comme source lumineuse.

Bien que toute une gamme de longueurs d'onde soit disponible entre 0,78 et 1,55  $\mu\text{m}$  (zone généralement utilisée pour les fibres optiques), nous avons choisi d'utiliser une longueur d'onde dans le visible (0.633  $\mu\text{m}$ : He-Ne lumière polarisée) pour nous permettre de bien observer ce qui se passe et pour faciliter les alignements. Un atténuateur variable et une lame demi-onde peuvent être insérés entre le laser et l'objectif de microscope servant à focaliser la lumière dans la fibre dans le but respectivement d'éviter les réflexions dans le laser pour diminuer le bruit et d'étudier les effets de la polarisation.

Evidemment, la plupart des fibres ne sont plus monomodes à cette longueur d'onde (2 ou 3 modes sont excités) mais ce problème est corrigé par l'utilisation d'un éliminateur de modes supérieurs (mode stripper) qui ne nous laisse que le mode fondamental ( $HE_{1,1}$ ) dans la fibre. L'éliminateur de modes supérieurs est très simple à réaliser: il suffit d'enrouler un tour de fibre autour d'une tige de 3 à 5 mm de diamètre. Les modes supérieurs s'échappent alors dans l'enveloppe puis sont éliminés par absorption ou radiation.

Une monture à fibre optique a aussi été spécialement conçue et fabriquée pour faciliter l'installation et l'interchangeabilité de la fibre au devant de l'objectif et aux photodétecteurs à la sortie.

#### 4.5- Section: Photodétection

A la sortie du coupleur, chacune des deux fibres sont amenées au devant d'un photodétecteur à grande surface ( $0.25$  à  $1 \text{ cm}^2$ ). Encore une fois, le choix du photodétecteur dépend de la longueur d'onde utilisée. Il faut aussi pouvoir varier la distance du bout de la fibre au photodétecteur pour pouvoir accommoder différentes ouvertures numériques liées à différentes sortes de fibres. La figure suivante nous présente les deux situations possibles:

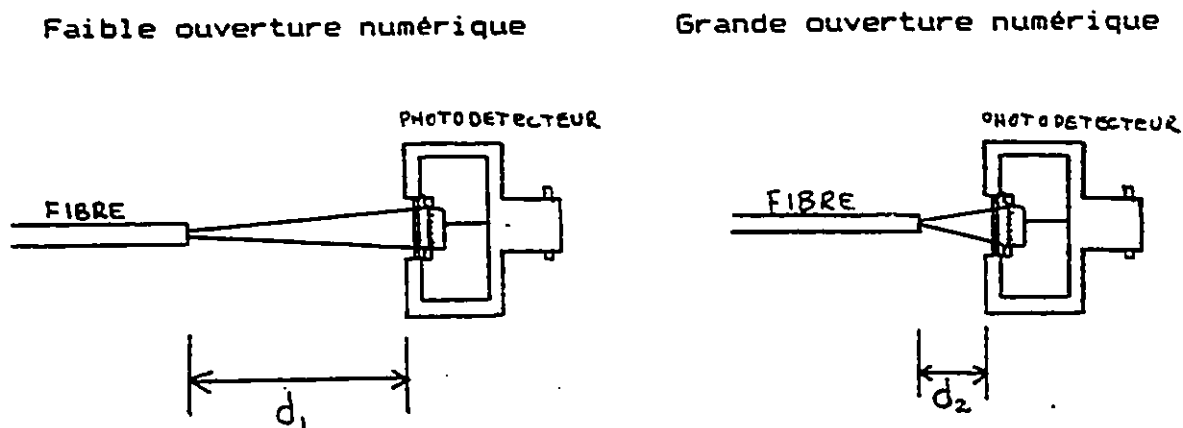


Fig. 4.10: Positionnement du photodétecteur pour différents types de fibres

Encore une fois, un support à photodétecteurs a dû aussi être spécialement fabriqué pour:

1- s'assurer qu'un minimum de lumière extérieure se rende au photodétecteur (fonctionnement dans l'obscurité quasi-totale pour diminuer le bruit),

2- faciliter l'installation rapide et précise de la fibre au devant du photodétecteur et,

3- permettre de varier et de mesurer la distance du bout de la fibre au détecteur tout en laissant le tout dans l'obscurité quasi-totale. Cette dernière caractéristique est peu courante et définitivement très utile.

Chacun des photodétecteurs est réuni à sa propre source d'alimentation et une tension proportionnelle à la puissance optique reçue est mesurée par un voltmètre contrôlé par ordinateur. Le taux d'échantillonnage permis dépend de la rapidité de l'ordinateur et de son interface et va dans notre cas de 1 à 20 lectures par seconde.

Pour s'assurer d'une évaluation adéquate du coefficient de couplage (puissance sortie A/[puissance sortie A + puissance sortie B]), la lecture de la puissance optique de chacune des fibres doit être exécutée simultanément. Ceci implique l'utilisation d'autant de voltmètres que de fibres utilisées dans le coupleur (habituellement deux), tous déclenchés ("triggered") en même temps.

Tout récemment, nous avons fait l'acquisition d'un voltmètre très rapide (55000 lectures/sec avec 7 canaux) directement branché sur l'ordinateur sans interface. Sa rapidité est telle qu'il permet une lecture séquentielle des photodétecteurs à l'aide du "scanner" du voltmètre, tout en maintenant une erreur négligeable dans l'évaluation du coefficient de couplage due à une lecture non simultanée. Les capacités de traitement et de représentation des données par l'ordinateur permettent actuellement un maximum de 100 lectures/sec pour deux photodétecteurs.

Longueur de fibre nécessaire

En résumé, le système, tel qu'installé présentement, requiert les longueurs de fibres suivantes:

|  | <u>Fibre principale</u> | <u>Fibre secondaire</u> |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Source à Support 1                         | 1m                      | ---                     |
| Support 1 à support 2<br>(supports inclus) | 0.35m dégainée          | 0.35m dégainée          |
| Support 2 à photodétecteur                 | 1m                      | 1m                      |

Les distances de chaque côté des supports (1m) sont requises pour permettre l'élimination naturelle des modes supérieurs parasites causés par la source et par le coupleur. Présentement, la zone dégainée des fibres s'étend légèrement au-delà des supports à succion pour s'assurer que les fibres sont bel et bien côte à côte à l'endroit à fusionner. Ceci possède l'inconvénient de rendre le coupleur difficile à être empaqueté à cause de la longueur de fibre dégainée qui est très vulnérable, et qui doit être protégée. Un support auxiliaire, à installer entre les deux supports à succion est présentement à l'essai pour permettre une zone dégainée de 3 ou 4 cm seulement, ce qui faciliterait de beaucoup l'empaquetage éventuel. Le support sert à ramener côte à côte la zone dégainée des fibres pour la fusion et sert ensuite pour le maintien des fibres. Un schéma de principe de ce support auxiliaire est présenté à la figure suivante:

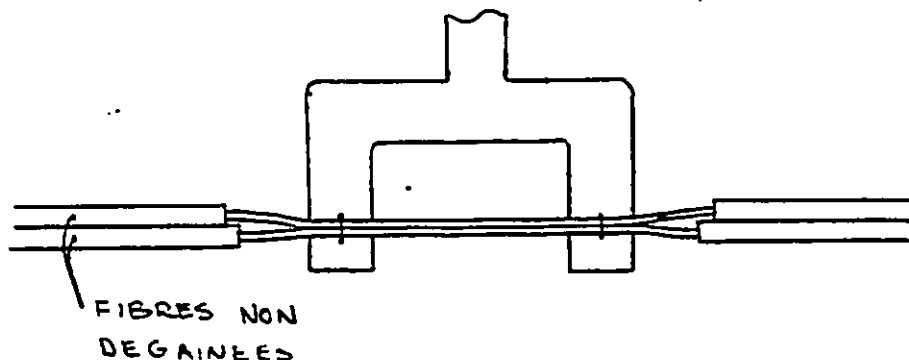


Fig. 4.11: Utilisation d'un support auxiliaire pour diminuer la longueur de fibre dégainée nécessaire

#### 4.6- Section: Contrôle

La section contrôle est constituée d'un ordinateur HP9836 muni d'une interface HP13 (ou IEEE-488) servant à contrôler tous les équipements périphériques et du voltmètre rapide HP9840A. La photo suivante nous présente un aperçu de la section contrôle.

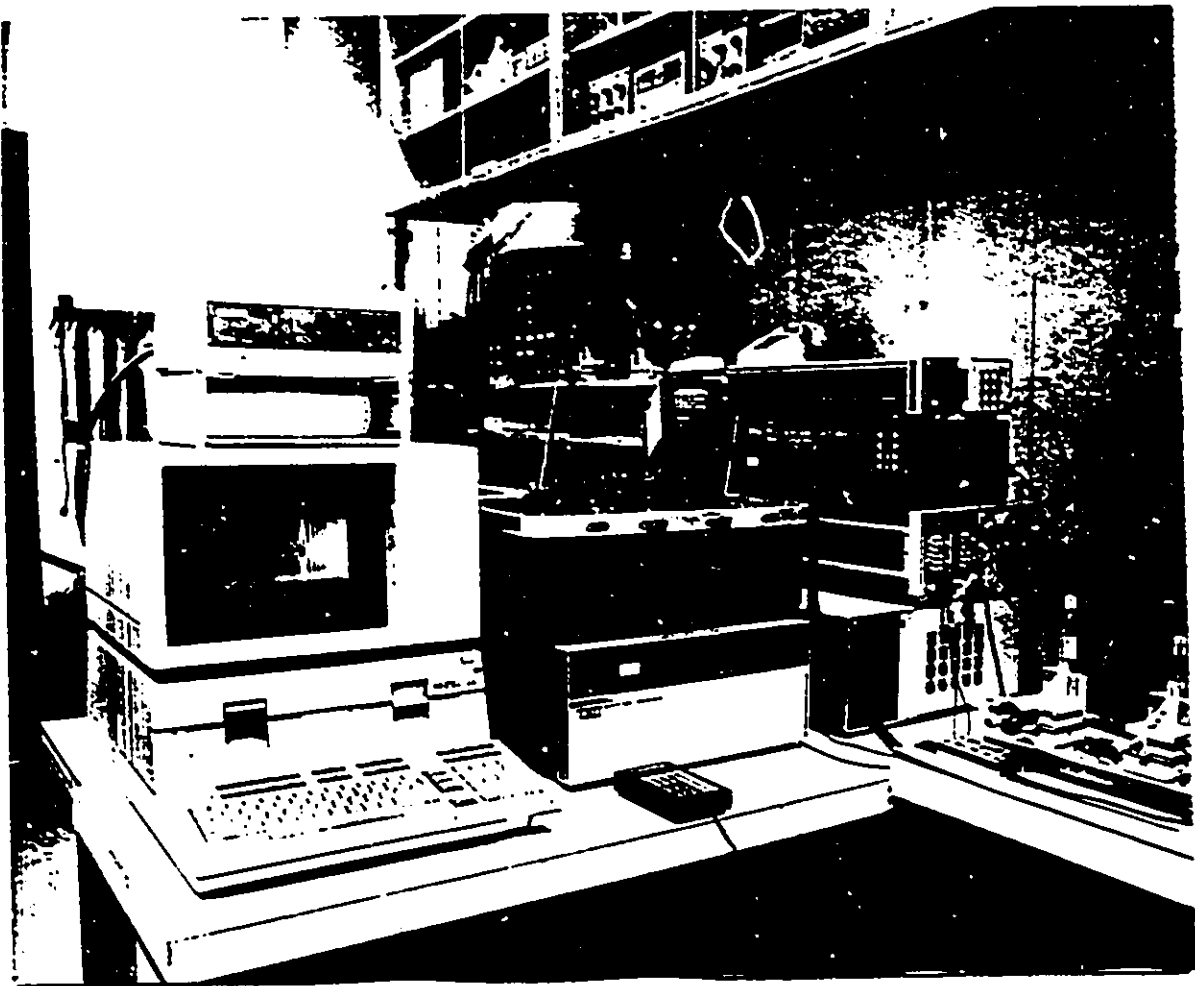


Fig. 4.12: Section contrôle du montage

Tout le contrôle est basé sur l'exécution par l'ordinateur d'un programme d'environ 4800 lignes écrit en HP BASIC 5.1 qui est réputé être un des langages les plus performants pour le contrôle

et l'acquisition de données. Le programme est entièrement "user friendly" et les seules manipulations sont celles de l'installation des fibres. Le programme comme tel est fourni à l'Annexe A et la figure 4.13, à la page suivante, nous présente un schéma bloc très concis des différentes opérations ou options fournies par le programme.

#### 4.7- Processus de fabrication

L'algorithme présenté à la figure 4.13, résume les principaux points du programme. Nous allons maintenant suivre les étapes de la fabrication d'un coupleur avec certains détails supplémentaires.

Tout d'abord, après avoir choisi la fabrication automatique, on choisi le type de composants que l'on veut fabriquer. Présentement, cinq choix sont permis:

- Coupleur à deux fibres
  - Coupleur à deux fibres avec application de pression hydrostatique
  - Coupleur à trois fibres
  - "Taper"\*
  - "Taper"\* avec pression hydrostatique appliquée
- \* Un "taper" (ou fibre effilée) correspond à effectuer directement l'opération d'étirement mais sur une seule fibre seulement. Donc, pas besoin d'opération de fusion au préalable. Le comportement des "tapers" et leur étude ne font pas l'objet de cette thèse et ne seront pas reconsidérés par la suite.

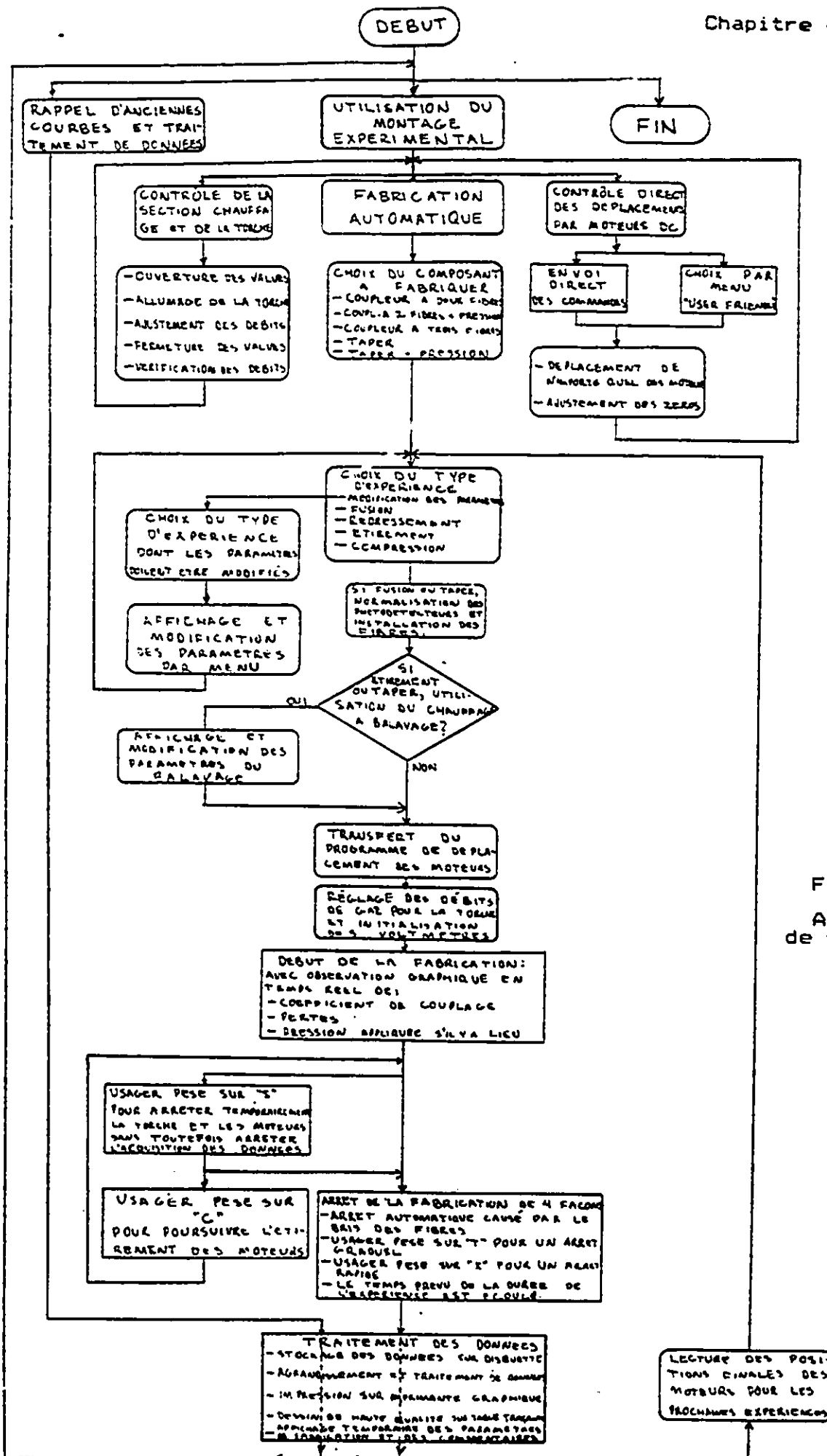




Fig. 4.13: Algorithme de fabrication

Une fois que ce choix est fait, nous devons décider du type d'expérience. Quatre possibilités sont offertes:

1- Fusion: Une flamme chaude (hydrogène 144 ml/min, oxygène 64.2 ml/min) est appliquée sur le côté des deux fibres pour les fusionner ensemble ce qui forme le superguide (avant , après ). Pour récupérer l'expansion thermique des fibres chauffées, les moteurs vont les étirer très lentement ( $\approx 0.01$  mm/sec). Pendant que les fibres sont chauffées, la torche se déplace vers la droite pour élargir la zone fusionnée (vitesse usuelle de la torche à la fusion: 0.155 mm/sec). Lorsque la zone fusionnée est jugée suffisamment longue (entre 10 et 20 mm), on arrête l'expérience en utilisant les options X ou T. (Ces options seront décrites plus loin).

Habituellement, une bonne fusion ne crée aucune déformation sur les fibres et les pertes restent très près de 0%. Evidemment, puisque les fibres ne sont à peu près pas étirées (environ 0.6 mm au total), les supermodes ne sont pas excités et la lumière demeure inaffectée dans la fibre principale (mode  $HE_{11}$  d'un bout à l'autre de la région fusionnée). Le coefficient de couplage reste ainsi à 0% sur toute l'opération.

2- Redressement: Le redressement correspond à repasser à sens inverse une flamme beaucoup moins chaude (hydrogène 130 ml/mm, oxygène 0 ml/mm) d'un bout à l'autre de la zone fusionnée pour éliminer toutes déformations qu'aurait pu causer la fusion. Pour la même raison d'expansion thermique, les fibres sont étirées très lentement, à la même vitesse que pour la fusion. En général, même si une déformation est disparue après le redressement, elle va réapparaître au moment de l'étirement après quelques centaines de cycles. Néanmoins, pour un coupleur de 1 ou 2 cycles (comme ceux disponibles commercialement), le redressement peut être très utile.

3- Etirement: Cette expérience sert à étirer des fibres déjà fusionnées avec une flamme moins chaude et qui applique moins de pression sur les fibres qu'à la fusion (hydrogène 130 ml/mm, oxygène 0 ml/mm). Habituellement, la torche est amenée au centre de la région fusionnée avant le début de l'étirement pour ensuite demeurer immobile pendant cette expérience. Avec les moteurs qui étirent les fibres à la même vitesse (0,02mm/s chacun: total 0.04 mm/sec) et la torche qui demeure immobile au centre de la région fusionnée, on s'assure de la fabrication d'un coupleur symétrique de part et d'autre du centre longitudinal du coupleur. Evidemment, si la torche a une vitesse de déplacement latéral non nulle, les épaulés du coupleur deviennent asymétriques ce qui peut être désirable dans certaines situations.

Tout récemment, nous avons rajouté une nouvelle option pour les expériences d'étirement et de "taper". C'est le chauffage à balayage. Selon cette technique, la torche n'est plus immobile pendant l'étirement mais a plutôt un mouvement de va-et-vient. Cette technique est utilisée dans le but de diminuer les pertes et sera décrite dans la section traitant des coupleurs adiabatiques. (Section 6.2.3)

Pendant l'étirement, l'évolution du coefficient de couplage en fonction de l'élongation du coupleur est surveillé de près à l'écran de l'ordinateur. Cette courbe, l'histogramme de fabrication du coupleur, demeure la principale caractéristique du coupleur. Plusieurs seront analysées par la suite.

4- Flexion: Comme on le verra par la suite, la flexion sert à modifier le coefficient de couplage final d'un coupleur dont la fabrication vient d'être terminée [58]. A la flexion, la torche est éteinte et le déplacement des moteurs d'étirement est renversé pour comprimer le coupleur. La forme prise par le coupleur après une flexion est la suivante:



Fig. 4.14: Flexion appliquée sur un coupleur

Comme on l'a vu dans le modèle, une flexion appliquée à un coupleur cause un déphasage entre les supermodes symétrique et antisymétrique causant une variation du coefficient de couplage. Cette expérience sert justement à vérifier cette partie du modèle.

Pour chacune de ces expériences, il y a, comme on l'a vu, beaucoup de paramètres pouvant être modifiés. Le tableau suivant donne la liste des paramètres utilisés par défaut s'ils ne sont pas modifiés par l'utilisateur au préalable.

|   | <u>Fusion</u> | <u>Redressement</u> | <u>Etirement</u> | <u>Flexion</u> |
|---|---------------|---------------------|------------------|----------------|
| Débit hydrogène (ml/min)  | 144           | 130                 | 130              | 0              |
| Débit oxygène (ml/min)  | 64.2          | 0                   | 0                | 0              |
| Distance de la torche aux fibres (mm)   | 4             | 5                   | 5                | 0              |
| Hauteur d'utilisation de la torche p/r aux fibres (mm)                              | -0.45         | 0                   | 0                | 0              |
| Hauteur de la torche p/r aux fibres initiant le départ des moteurs d'étirement (mm) | 1.5           | 1.5                 | 1.5              | 0              |
| Dimension pointe de torche  | #4            | #4                  | #4               | --             |
| Vitesse d'étirement combinée (mm/sec)   | 0.01          | 0.01                | 0.04             | -0.01          |
| Vitesse latérale de la torche (mm/sec)  | 0.155         | -0.155              | 0                | 0              |
| Vitesse de descente de la torche (mm/sec)   | 0.4           | 0.4                 | 0.4              | 0              |
| Temps entre chaque point (sec)  | 0.5           | 0.5                 | 0.05             | 0.5            |
| Durée maximale de l'expérience (min)  | 5             | 6                   | 8                | 2              |

Paramètres du chauffage à balayage:

Voir Section 6.2.3

Caractéristiques courantes:

|                             |     |     |          |      |
|-----------------------------|-----|-----|----------|------|
| Longueur de la fusion (mm)  | 10  | -   | -        | -    |
| Elongation de la fibre (mm) | 0.6 | 0.6 | 6 à 150  | -0.5 |
| Durée de l'expérience (min) | 1   | 1   | 1.5 à 80 | 0.75 |

Une fois que le type d'expérience a été choisi, le processus de fabrication automatique débute comme tel. Dans le cas de la fusion, la première étape est celle de la normalisation des photodétecteurs. Etant donné que chaque fibre à la sortie du coupleur possède son propre photodétecteur, on doit être en mesure de caractériser la réponse de chacun de ceux-ci individuellement.

Deux types de normalisation sont disponibles, entrée manuelle des coefficients ou évaluation automatique de ceux-ci. D'habitude, l'entrée manuelle est utilisée seulement lorsqu'une normalisation automatique a été faite auparavant et que les coefficients sont connus d'avance et n'ont pas besoin d'être réévalués.

Normalement, les fibres sont installées pendant des étapes spécifiques de la normalisation et les coefficients de normalisation qui y sont évalués sont par la suite utilisés pour la fusion mais aussi pour toutes les autres expériences qui sont faites avec les mêmes fibres.

Les coefficients de normalisation à évaluer sont les suivants:

Zéro: Ce coefficient correspond à la tension lue en millivolt pour chaque photodétecteur en l'absence de fibre. Cette valeur est soustraite de chaque valeur lue par la suite sur le photodétecteur.

Filtre à la sortie: Un filtreur de mode éliminant les modes supérieurs peut être installé sur chaque fibre à la sortie du coupleur. Ce coefficient représente donc le pourcentage de transmission du filtre et sert à compenser le signal lu comme si aucun filtre n'était présent. Par exemple, si le filtre installé a un pourcentage de transmission de 80% ou si la valeur donnée manuellement est de 80%, le facteur de compensation qui est, en réalité, le vrai paramètre utilisé par le programme, sera de  $100/80=1.25$ . Donc, chaque valeur lue sur le photodétecteur sera

multipliée par 1.25 avant d'être traitée. Habituellement, par contre, ce filtre n'est pas utilisé pour permettre une évaluation véritable du coefficient de couplage du coupleur. Dans ce cas, ce coefficient doit être mis égal à 100.

Facteur d'inter-normalisation: Ce facteur sert à rendre équivalentes les valeurs lues sur tous les photodétecteurs. Pour l'évaluation de ce facteur, la même source lumineuse est utilisée pour chaque détecteur et les valeurs lues, soustraites de leur zéro respectif, sont alors comparées. Par exemple, si pour la même source, trois détecteurs donnent les lectures suivantes après soustraction de leur zéro respectif: détecteur A = 0.80V, B = 0.90V, C = 1.05V, alors, en pourcentage, les facteurs d'inter-normalisation à donner manuellement seraient les suivants:

Détecteur A: 80%  
 Détecteur B: 90%  
 Détecteur C: 105%

Par contre, lorsque l'évaluation de ces coefficients est faite automatiquement, un des détecteurs est arbitrairement mis à 100% et les autres sont ajustés en conséquence. Par exemple, si le détecteur B sert de référence alors les facteurs d'inter-normalisation qui seront affichés seront les suivants:

Détecteur A =  $80/90 \times 100 = 88.8\%$   
 Détecteur B =  $90/90 \times 100 = 100.0\%$   
 Détecteur C =  $105/90 \times 100 = 116.6\%$

En réalité, tout comme pour les filtres à la sortie, les facteurs utilisés et conservés par le programme pour la compensation ne sont pas ces valeurs mais plutôt des coefficients par lesquels on multiplie les valeurs lues pour obtenir les valeurs normalisées. Par exemple, les valeurs sauvegardées dans le cas manuel seraient:

Détecteur A =  $100/80 = 1.250$   
 Détecteur B =  $100/90 = 1.111$   
 Détecteur C =  $100/105 = 0.952$

et pour le cas automatique:

Détecteur A =  $100/88.8 = 1.125$   
 Détecteur B =  $100/100 = 1.000$   
 Détecteur C =  $100/116.6 = 0.857$

Ici on peut alors se demander pourquoi les deux modes de normalisation aboutissent-ils à des coefficients différents? En réalité, il existe un facteur de proportionnalité de 1.11 entre le premier et le second groupe et puisque le coefficient de couplage est une mesure relative, le facteur de proportionnalité disparaîtra sous la division:

$$A/(A+B+C) = 1.11A/(1.11A+1.11B+1.11C)$$

Maintenant, pour montrer comment sont utilisés ces coefficients de normalisation, nous allons simuler l'évaluation du coefficient de couplage et des pertes tel que cela est fait à chaque cycle de prise de mesure pendant la fabrication d'un coupleur à deux fibres.

- Coefficients de normalisation:

|             | <u>Zéro</u> | <u>Filtre (% trans.)</u> | <u>Facteur d'inter-normalisation (%)</u> |
|-------------|-------------|--------------------------|--|
| Détecteur A | Zéro_A      | Filtre_A                 | Norm_A                                   |
| Détecteur B | Zéro_B      | Filtre_B                 | Norm_B                                   |

- Puissance initiale lue dans la fibre principale (fibre A par exemple) juste avant le début d'une fusion ou d'un "taper" avec le filtre à la sortie installé: Init\_A.

- Lecture brute des photodétecteurs:

Détecteur A : X  
Détecteur B : Y

- Calcul des puissances optiques normalisées:

Tension\_A : (X - Zéro\_A) \* [100/Filtre\_A] \* [100/Norm\_A]  
Tension\_B : (Y - Zéro\_B) \* [100/Filtre\_B] \* [100/Norm\_B]  
Tension\_TOT: (Init\_A - Zéro\_A) \* [100/Filtre\_A] \* [100/Norm\_A]

- Calcul des paramètres présentés graphiquement sur l'écran de l'ordinateur:

Coefficient de couplage (%):  $\frac{\text{Tension B}}{\text{Tension A} + \text{Tension B}} \times 100$

Pertes (%):  $\frac{\text{Tension TOT} - (\text{Tension A} + \text{Tension B})}{\text{Tension TOT}} \times 100$

Par la suite, les derniers préparatifs sont en branle: option du chauffage à balayage pour le cas spécifique de l'étirement, transfert du programme de déplacements des moteurs vers le contrôleur de moteurs (ces programmes sont fournis à l'Annexe B), allumage et réglage des débits de gaz de la torche, initialisation des voltmètres et positionnement des moteurs prêts pour le départ de l'expérience.

Une fois que tout est prêt, l'utilisateur débute l'expérience. La torche, initialement à 6.5 mm au-dessus de sa position d'utilisation, se met à descendre à vitesse maximale (0.4 mm/sec). Lorsqu'elle est rendue à la hauteur du départ des moteurs d'étirement (ce qui n'est pas encore la position finale d'utilisation de la torche), la vitesse de descente est modifiée à celle choisie par l'utilisateur et en même temps les moteurs commencent à étirer les fibres et le système d'acquisition de données débute son opération par la représentation graphique du coefficient de couplage et des pertes en fonction de l'élongation des fibres.

Les moteurs d'étirement doivent partir avant que la torche ait atteint sa position finale d'utilisation parce qu'avant même d'atteindre cette position, les fibres sont déjà suffisamment chaudes pour présenter l'effet d'expansion thermique qui doit être récupéré dès le départ.

Une fois que l'expérience est débutée, quatre options sont offertes à l'utilisateur.

i) Attendre que le temps maximum permis pour l'expérience soit écoulé et que l'expérience se termine d'elle-même. A ce moment là, la torche se relève automatiquement à la vitesse choisie et l'étirement des fibres est arrêté seulement lorsque la torche a dépassé la hauteur critique discutée plus haut. Par la suite, la torche continue à monter à vitesse maximale jusqu'à 6.5 mm au-dessus de la position d'utilisation de la torche. L'acquisition des données est alors arrêtée et la flamme est éteinte.

ii) L'utilisateur pèse sur la touche "T" pour "terminer" avant le temps maximal permis. La torche se relève alors de la même façon qu'avec l'arrêt automatique décrit en i).

iii) L'utilisateur pèse sur la touche "X" pour un arrêt rapide. La flamme est alors immédiatement éteinte et les moteurs sont tous arrêtés. L'acquisition des données s'arrête quelques secondes plus tard et par la suite la torche est remontée à 6.5 mm au-dessus de sa position d'utilisation. L'option "X" est présentement à l'étude pour pouvoir être utilisée dans le but d'arrêter la fabrication automatiquement à un coefficient de couplage donné après un nombre prédéterminé de cycles.

La technique utilisée est de prédire à l'avance la variation du coefficient de couplage à être observée pendant que l'option "X" sera exécutée en fonction du nombre de cycles déjà présents. Ayant cette information, l'expérience peut être arrêtée à l'avance de telle sorte que la variation du coefficient de couplage pendant l'arrêt vienne le stabiliser au pourcentage de couplage désiré. Cette technique est présentement à l'essai et les premiers résultats sont déjà très encourageants: le coefficient de couplage se stabilise rapidement à moins de 5% du coefficient désiré.

iv) L'utilisateur pèse sur la touche "S" pour un arrêt temporaire. La torche se relève alors de la même façon qu'en i) sauf que la flamme n'est pas éteinte, que l'acquisition de données se poursuit et que la position d'attente de la torche est à 3.5 mm au-dessus de la position d'utilisation de la torche au lieu de 6.5 mm. Lorsque "S" est utilisé, l'utilisateur a, par la suite, le choix entre "C" pour continuer l'étirement (la torche baisse alors comme en début d'expérience et l'étirement se poursuit), "T", "X" ou arrêt automatique pour terminer l'expérience sans poursuivre l'étirement.

Si le coupleur en voie de fabrication venait à se briser, une erreur de division par zéro pourrait se produire lors de l'évaluation du coefficient de couplage. Cette erreur est alors identifiée par le programme et l'expérience s'arrête comme avec l'option X.

Une fois que la fabrication du coupleur est terminée, plusieurs possibilités sont alors offertes à l'utilisateur. Il peut soit:

- 1- Imprimer l'histogramme de fabrication présenté à l'écran de l'ordinateur sur imprimante graphique.
- 2- Stocker les courbes sur disquette avec les paramètres de fabrication utilisés et des commentaires additionnels.
- 3- Rappeler à l'écran les paramètres utilisés pour la fabrication.
- 4- Agrandir une région particulière de l'histogramme en spécifiant les bornes désirées de l'élongation. A noter que les mêmes choix sont alors offerts pour la portion de courbe agrandie.
- 5- Dessiner sur une table traçante ("plotter") l'histogramme de fabrication. L'utilisation de cette sous-routine sert entre autres pour la présentation de résultats en publications scientifiques.
- 6- Terminer la fabrication. Lorsque ceci est fait, la position finale des moteurs est alors lue pour les expériences ultérieures comme un étirement, une flexion, etc. Il est à noter que les moteurs d'étirement reprennent leur position initiale seulement avant le début d'une fusion ou d'un "taper", avant l'installation des fibres. Dans tous les autres cas, les moteurs demeurent à leur position finale atteinte après l'expérience.

Si l'expérience qui se termine est une fusion, l'utilisateur peut alors faire immédiatement un étirement, un redressement ou une flexion avec les mêmes fibres, bien que le dernier choix se fait d'habitude après un étirement.

Si la fabrication du coupleur comme telle est terminée, il peut alors l'installer sur un support pour que son comportement en longueur d'onde soit ensuite analysé ou pour d'autres tests.

Plus tard, les données stockées sur disquettes peuvent être rappelées pour exactement le même genre de traitement que celui suivant une fabrication.

Techniquement parlant, l'ordinateur utilisé peut supporter jusqu'à 32700 points par vecteur (pertes, coefficient de couplage, élongation) ce qui donne beaucoup de latitude. Mais certaines expériences d'étirement durent longtemps (avec le chauffage à balayage par exemple) et ces vecteurs sont alors trop petits. Pour poursuivre ce type d'expérience, il est possible d'initier un second étirement immédiatement après le premier. La normalisation est conservée et l'histogramme se poursuit là où il avait été arrêté.

Une analyse plus approfondie du programme serait ici inutile et j'invite le lecteur à consulter les Annexes A et B pour plus de détails.

\* \* \*

Au prochain chapitre, nous allons analyser un premier histogramme de fabrication et nous allons en tirer certaines caractéristiques et observations.

CHAPITRE 5: ANALYSE D'UN HISTOGRAMME DE FABRICATION

Un histogramme de fabrication représente l'évolution du coefficient de couplage et des pertes pendant la fabrication du coupleur. A titre d'exemple, les deux graphiques suivants représentent parmi les premiers histogrammes de fabrication obtenus avec le montage. Le second graphique représente une région agrandie de la première courbe de 10.2 à 11.4 mm d'élongation.

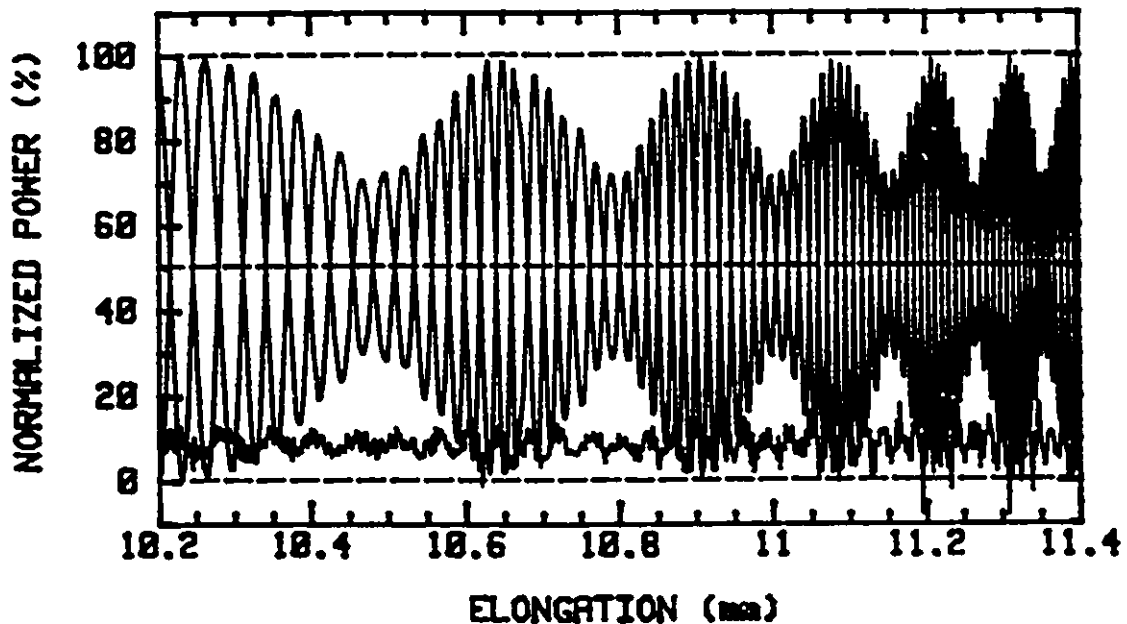
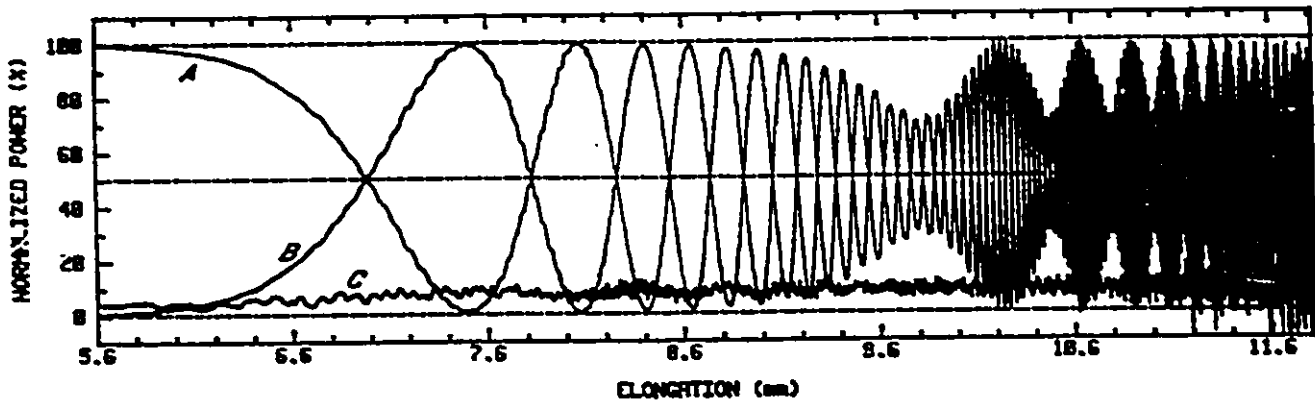


Fig. 5.1 : Histogramme de fabrication et portion agrandie de 10.2 à 11.4 mm. Description des courbes:  
 A: Complément du coefficient de couplage,  
 B: Coefficient de couplage, C: Pertes

Chacun des histogrammes que nous construisons présente habituellement trois courbes pour un coupleur à deux fibres. La première courbe (A), celle qui commence à 100%, représente le complément du coefficient de couplage tel qu'il a été présenté à la section précédente. Cette courbe représente le pourcentage de la lumière à la sortie du coupleur qui demeure dans la fibre principale. La seconde courbe (B), celle qui part à 0% puis se rend à 100% représente le coefficient de couplage comme tel. C'est la proportion de la lumière qui est transférée dans la fibre secondaire. Enfin, la troisième courbe (C), celle qui demeure près de 0%, représente les pertes réelles du coupleur. Les courbes sont définies par les règles suivantes:

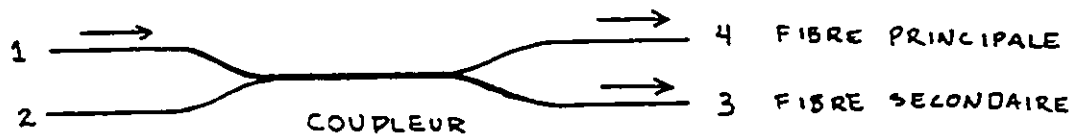


Fig. 5.2 : Notation utilisée pour la numérotation des fibres d'entrée et de sortie

Courbe A: Complément du coefficient de couplage:

$$\frac{\text{Puissance sortie 4}}{\text{Puissance sortie 3} + \text{Puissance sortie 4}} \times 100$$

Courbe B: Coefficient de couplage:

$$\frac{\text{Puissance sortie 3}}{\text{Puissance sortie 3} + \text{Puissance sortie 4}} \times 100$$

(Note: Courbe A = 100 - Courbe B)

Courbe C: Pertes:

$$\frac{\text{Puissance initiale} - (\text{Puissances: sortie 3} + \text{sortie 4})}{\text{Puissance initiale}} \times 100$$

Analysons maintenant ces histogrammes de fabrication.

A- Tout d'abord, les pertes initiales sont très près de 0%. Cela indique que la fusion, dont l'histogramme n'est pas présenté ici, a généré très peu de pertes comme il se doit. Voici l'allure typique d'un histogramme de fabrication pour la fusion:

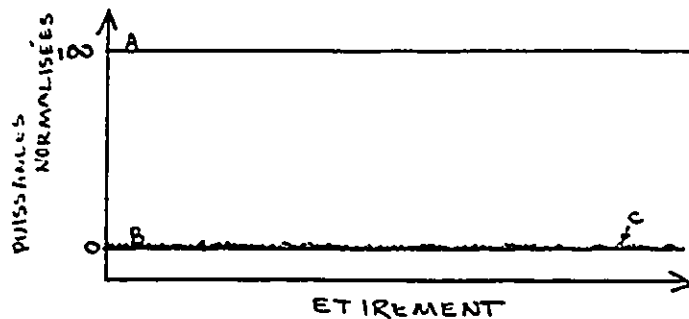


Fig. 5.3 : Histogramme de fabrication typique observé lors d'une fusion

Le coefficient de couplage demeure à 0% puisque le coupleur n'est pratiquement pas étiré à la fusion et que la lumière demeure en permanence dans la fibre principale. Comme on peut le constater, un histogramme de fabrication à la fusion représente peu d'intérêt et ne sera plus présenté par la suite.

B- Nous remarquons que la lumière a commencé à coupler à la fibre secondaire à partir de 5.6 mm d'étirement seulement. Si on se rappelle le modèle, cela correspond à l'étirement du coupleur nécessaire pour que le diamètre du coeur de la fibre principale devienne suffisamment petit pour que la lumière puisse s'échapper du coeur ( $V_{co}=1$ ) et former les deux supermodes (voir Fig. 3.1).

C- Par la suite, la lumière se met à coupler d'une fibre à l'autre tel que prévu par le modèle. La période des cycles correspond à l'élongation nécessaire pour que la différence de phase entre le supermode symétrique et antisymétrique augmente de  $360^\circ$ .

D- Aux alentours de 9.8 mm d'élongation, nous nous situons au premier creux d'une enveloppe de modulation qui se répète très périodiquement tout au long de la fabrication (voir agrandissement). Cette modulation n'était pas prévue par le modèle et voici comment elle s'explique:

L'existence de cette modulation est essentiellement due au caractère biréfringent du coupleur. L'observation de la section d'un coupleur, comme à la prochaine figure, révèle très clairement deux axes orthogonaux de symétrie:

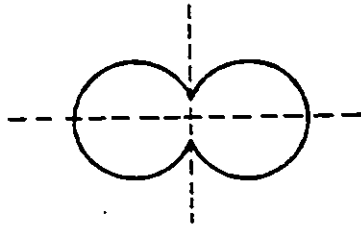


Fig. 5.4 : Observation des deux axes orthogonaux associés à la structure biréfringente d'un coupleur

Ainsi, un élément supplémentaire est à rajouter au modèle. C'est celui de l'état de la polarisation de la lumière. Le modèle basé sur les supermodes symétrique et antisymétrique est encore valide sauf que nous devons considérer l'existence de ces supermodes pour chacun des axes principaux de la structure biréfringente. Pour identifier ces deux axes, nous utiliserons la notation suivante:

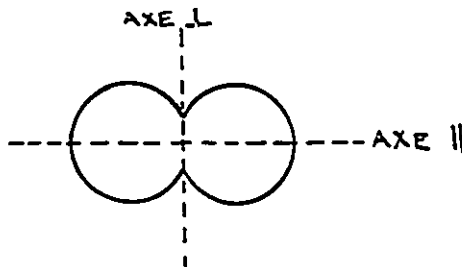


Fig. 5.5 : Identification pour fin de notation des axes orthogonaux d'un coupleur

Comme la dimension selon l'axe  $\perp$  est toujours plus petite que celle selon l'axe  $\parallel$ , les deux supermodes selon l'axe  $\parallel$  seront plus fondamentaux que leur contrepartie  $\perp$  c'est-à-dire par exemple que le supermode antisymétrique de l'axe  $\perp$  sera atténué avant le supermode antisymétrique selon l'axe  $\parallel$  lorsque les dimensions du coupleur sont diminuées suffisamment par un étirement.

Donc le modèle, pour être plus réaliste, doit considérer l'existence de quatre supermodes au lieu de deux. Etant donné que les deux axes principaux de la structure sont orthogonaux, ce qui se passe selon un des axes est totalement indépendant de ce qui se passe selon l'autre axe.

Nous avons donc les supermodes suivants: le supermode symétrique de l'axe  $\parallel$  interagissant avec le supermode antisymétrique du même axe et, indépendamment, le supermode symétrique de l'axe  $\perp$  interagissant avec le supermode antisymétrique de l'axe  $\perp$ . Ces deux paires de supermodes vont chacune contribuer à une variation cyclique du coefficient de couplage qui s'additionneront à la sortie du coupleur. C'est ce qui explique le phénomène de modulation en amplitude observé sur presque tout histogramme de fabrication. Etant donné que la dimension selon l'axe  $\parallel$  est plus grande que selon l'axe  $\perp$ , le coefficient de couplage associé à l'axe  $\parallel$  aura une fréquence plus petite que celui associé à l'axe  $\perp$ . Ceci peut se vérifier intuitivement par l'observation directe de n'importe quel histogramme de fabrication: plus le coupleur est étiré, plus sa section est petite et plus la fréquence d'oscillation du coefficient de couplage est élevée. Donc, puisque l'axe  $\perp$  a une dimension toujours plus petite, son coefficient de couplage variera plus rapidement que pour l'axe  $\parallel$ . (Explicitement  $(\beta_{ev} - \beta_{en})_{\parallel} < (\beta_{ev} - \beta_{en})_{\perp}$  mais rappelons que  $\beta_{ev\parallel} > \beta_{ev\perp}$  et  $\beta_{en\parallel} > \beta_{en\perp}$ ).

Ainsi, lorsque le coefficient de couplage de l'axe  $\parallel$  est en phase avec l'axe  $\perp$ , nous nous trouvons à un maximum de l'enveloppe et lorsque les deux coefficients de couplage sont déphasés de  $180^\circ$ , nous nous trouvons à un minimum.

Mais nous pouvons dire mieux que cela. Si en plus de se situer à un minimum de l'enveloppe où les deux polarisations sont déphasées de  $180^\circ$ , on se situe à l'endroit précis d'un maximum ou d'un minimum du coefficient de couplage dans ce creux d'enveloppe (comme à 9.8 mm exactement), le coupleur sépare alors les polarisations entre les deux fibres de sortie. A cette position, nous avons par exemple les distributions de puissance optique suivante:

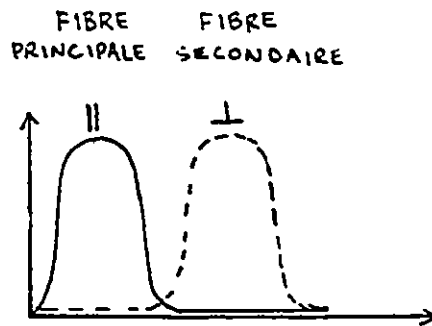


Fig. 5.6 : Répartition de la lumière entre les fibres de sortie dans le cas d'un coupleur qui sépare les polarisations

A l'opposé, à un extrêmu du coefficient de couplage dans un maximum de l'enveloppe où les polarisations sont en phase, nous avons les répartitions suivantes par exemple:

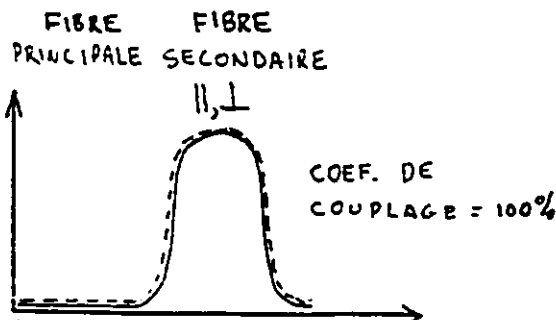


Fig. 5.7 : Répartition de la lumière entre les fibres de sortie dans le cas d'un coupleur insensible à la polarisation

Le coupleur est alors totalement insensible à la polarisation de la lumière.

Ces deux caractéristiques peuvent être très pratiques pour certains montages ou certaines expériences.

La profondeur de l'enveloppe de modulation (ici de 50% à la Fig. 5.1) n'est pas une propriété du coupleur bien que celle-ci varie d'un histogramme à l'autre. Elle dépend plutôt de l'état de la polarisation de la lumière à l'entrée du coupleur. Si à l'entrée, la lumière est polarisée selon un des axes du coupleur, seuls les supermodes selon cet axe seront excités et aucune modulation n'est observée. (Comme dans le cas présenté au modèle Fig. 3.19, p.43).

Si à l'autre extrême, la lumière est polarisée à  $45^\circ$  par rapport aux axes principaux, les supermodes de chacun des axes sont excités à part égale et une modulation de 100% est observée. L'histogramme suivant nous présente le cas d'une modulation à près de 100%.

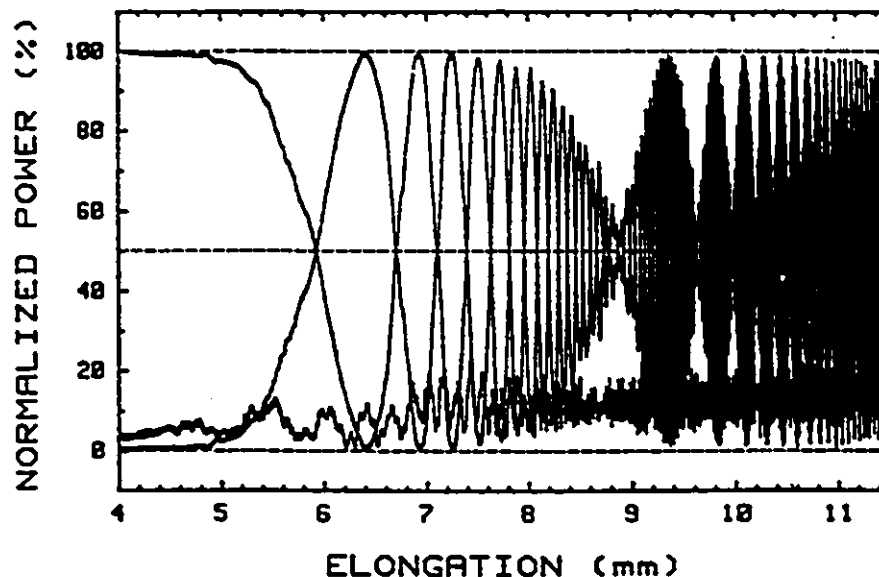


Fig. 5.8: Histogramme d'un coupleur avec 100% de modulation

Le cas de la figure 5.1 est un cas intermédiaire avec un angle de polarisation à 25° environ d'un des axes principaux. Ainsi, la profondeur de la modulation va avec l'amplitude des supermodes pour chacun des axes qui, elle-même, dépend de la projection de la lumière polarisée selon les axes du coupleur. Les figures suivantes en donnent un exemple:

Extrêma du coefficient de couplage

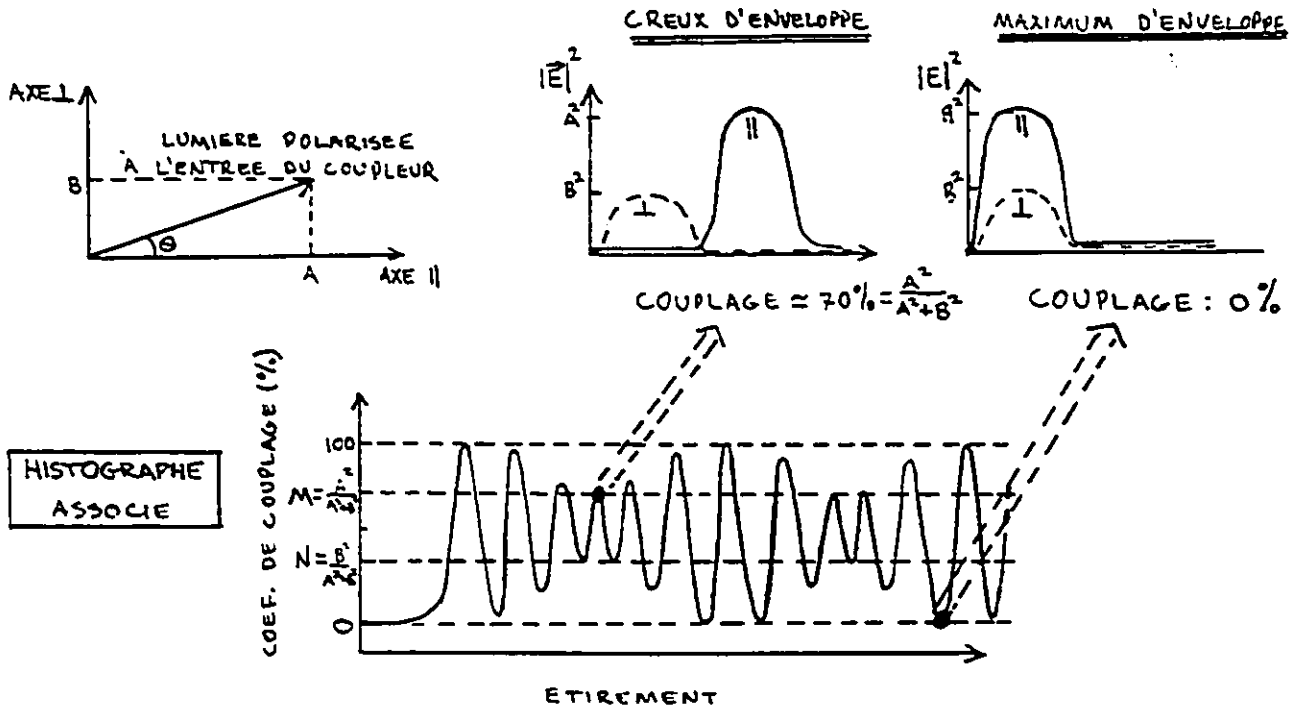


Fig. 5.9 : Exemple de l'influence de l'angle de polarisation sur un histogramme de fabrication

Un angle de la polarisation  $\theta$  peut facilement être évalué par la relation  $\theta = \text{tg}^{-1}(\sqrt{N/M})$  mais étant donné que:

$$0 \leq N \leq 50 \leq M \leq 100,$$

$\theta$  sera toujours entre 0° et 45°. On ne peut donc dire par cette formule si la lumière est principalement polarisée selon l'axe II ou I.

Il est à noter que lorsque la lumière n'est pas polarisée, les deux axes ont nécessairement la même puissance et la modulation va automatiquement à 100%. C'est le cas pour l'analyse en longueur d'onde qui utilise une lampe blanche non polarisée à filament de tungstène.

Vous aurez l'occasion d'observer différents pourcentage de modulation dans les prochains histogrammes.

Maintenant, pour vérifier nos hypothèses sur la polarisation, nous avons fabriqué un coupleur et nous avons arrêté temporairement l'étirement dans un creux de modulation là où le coupleur est supposé être le plus sensible à la polarisation. Cela est arrivé après 11.2mm d'élongation sur l'histogramme suivant:

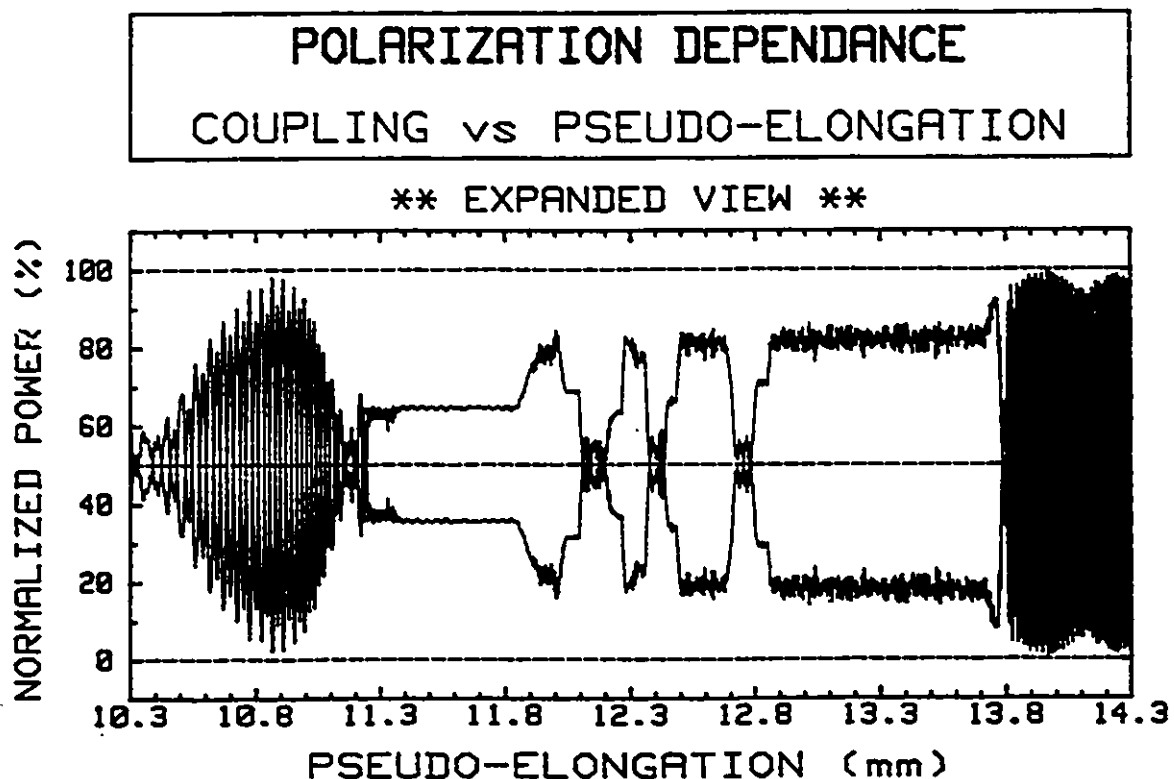


Fig. 5.10: Influence de la polarisation sur le coefficient de couplage d'un coupleur dont la fabrication est arrêtée dans un creux de modulation. L'étirement de 11.2 à 13.8mm correspond en fait à la rotation d'une lame demi-onde

Entre 11.2 et 13.8 mm\*, nous avons ensuite utilisé une lame demi-onde pour tourner l'axe de polarisation de la source laser jusqu'à ce qu'on obtienne un maximum de couplage. Selon le modèle, la lumière à l'entrée du coupleur devrait alors être polarisée selon un des axes principaux du coupleurs seulement. Nous avons ensuite reparti l'étirement. Selon le modèle, encore une fois, si la lumière est polarisée selon un des axes principaux, on ne devrait plus observer de modulation. En regardant l'histogramme, on remarque effectivement que la modulation a grandement diminué (de presque 100% à environ 10%).

Nous voyons donc qu'un coupleur, dont la fabrication est terminée dans un creux de polarisation, peut facilement être utilisé pour détecter des changements de polarisation avec une précision de l'ordre du degré.

- \* Les variations de 11.2 à 13.8 mm sont dues à la rotation de la lame demi-onde et n'ont rien à voir avec l'étirement. L'axe des X devrait en réalité être coupé à 11.2 pour repartir à 13.8 mm d'où le nom de "pseudo-élongation" pour l'axe des X.

E- Par l'observation de l'histogramme de fabrication à la figure 5.1, on peut clairement observer que la période des cycles va en diminuant. Selon le modèle, cela indique que la section transversale du coupleur diminue en dimension pendant qu'il est étiré car si le coupleur avait conservé une section constante (comme à la figure 3.17),  $\beta_{xy}$  et  $\beta_{xz}$  seraient demeurés constants, ce qui aurait donné des cycles de période constante, ce qui n'est pas le cas ici.

D'autre part, le fait que la profondeur de la modulation demeure constante et que le nombre de cycles du coefficient de couplage par cycle de modulation demeure malgré tout à peu près constant,

indique que l'étirement a un effet à peu près équivalent sur chacune des deux polarisations (voir D ci-dessus) ce qui implique que la section transversale du coupleur conserve les mêmes rapports de dimensions pendant que celui-ci est étiré.

Nous avons pu noter, de plus, une tendance très claire dans l'évolution de la période des cycles du coefficient de couplage avec l'étirement. Le graphique suivant nous donne le logarithme naturel de la période des cycles en fonction de l'étirement.

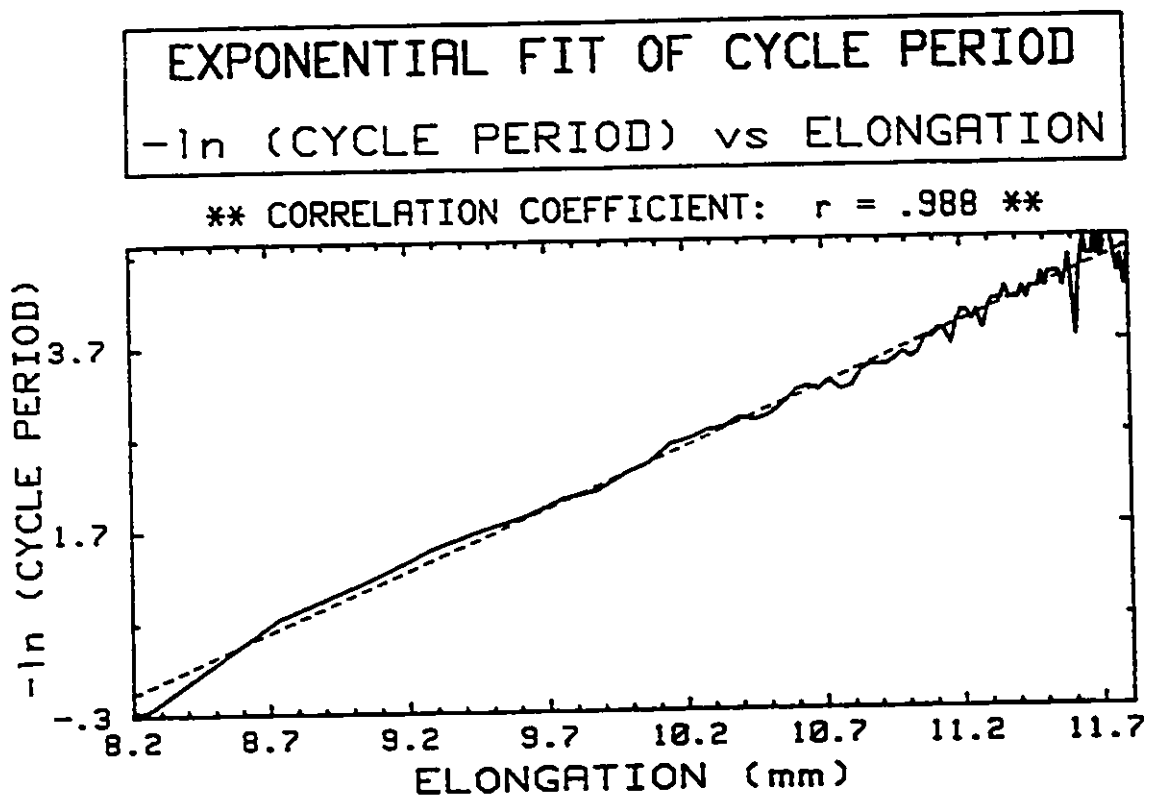


Fig. 5.11: Variation exponentielle de la période des cycles en fonction de l'élongation du coupleur

Un "fitting" exponentiel nous a permis d'établir la relation suivante avec un coefficient de corrélation de 0.988:

$$\text{période des cycles (mm)} = e^{-1.3274x} + 10.9622$$

où X représente l'étirement en mm.

Ceci laisse entrevoir une variation exponentielle du diamètre central du coupleur en fonction de l'étirement.

Pour pousser plus loin dans cette direction, la prochaine étape serait d'évaluer la forme et les dimensions de la section transversale du coupleur en son point le plus petit en fonction de l'étirement et de là, par des méthodes numériques, évaluer  $\beta_{xy\parallel}$ ,  $\beta_{xy\perp}$ ,  $\beta_{yx\parallel}$  et  $\beta_{yx\perp}$ , pour finalement calculer la période du coefficient de couplage en fonction de l'étirement avec l'aide des constantes de propagation. Cet exercice serait néanmoins plutôt fastidieux et ne sera pas traité ici.

F- Finalement, il y a un point difficile à apprécier par l'observation comme telle des histogrammes de fabrication, c'est la question de répétabilité des résultats. Il est difficile pour l'instant d'établir un taux de répétabilité précis puisque nous n'avons fait aucune étude spécifique en ce sens étant donné la vocation non commerciale du montage. On peut néanmoins en tirer des observations fort intéressantes.

L'installation des fibres sur les supports à succion constitue actuellement la seule manipulation à être faite par l'utilisateur, le restant de la fabrication étant totalement contrôlé par l'ordinateur. Cette opération représente ainsi la seule source possible de divergence dans les résultats. Notons par contre qu'une procédure d'installation simple à implémenter et hautement répétable a été judicieusement identifiée (voir section 4.2: Support et maintien des fibres) ce qui fait que les variations dans la procédure d'installation ont pu être réduites au maximum.

En fait, mis à part la préparation et le nettoyage des fibres qui sont deux opérations très simples, l'établissement d'une tension égale dans les deux fibres lors de l'installation constitue l'élément clef menant à un système totalement répétitif.

Actuellement, avec la procédure identifiée, un usager entraîné aura un taux de répétabilité à près de 75 à 85%. Des efforts sont présentement en cours pour l'identification d'une procédure sans intervention humaine qui assurerait à tout coup une tension égale dans les deux fibres, ce qui aurait pour conséquence de monter à près de 100% le taux de répétabilité. Il n'en demeure pas moins qu'avec un taux de répétabilité de 75 à 85%, le système affiche déjà de très bonnes performances.

\* \* \*

Dans la prochaine section, nous allons maintenant étudier les différents types de coupleurs que nous avons fabriqués avec le montage.

## CHAPITRE 6: CATEGORIES DE COUPLEURS

Nous allons maintenant étudier les différentes catégories de coupleurs que nous avons identifiées.

### 6.1: COUPLEURS COMPACTS

L'histogramme présenté à la section précédente et repris ci-dessous, représente un coupleur compact.

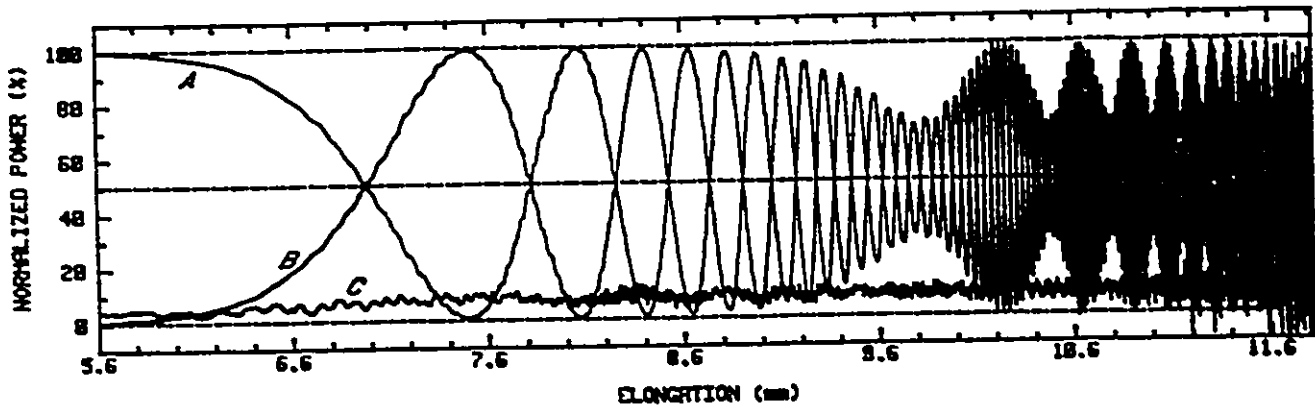


Fig. 6.1: Histogramme de fabrication d'un coupleur compact

L'histogramme d'un coupleur compact se caractérise par un couplage débutant très tôt (dans ce cas-ci, après 5.6 mm d'élongation seulement) et présentant déjà beaucoup de cycles après 10 à 15 mm d'élongation seulement. Le coupleur présenté ici n'a que 100 cycles environ pour une élongation de 11.7 mm approximativement mais nous avons fabriqué des coupleurs compacts de plus de 1000 cycles après 15 mm d'élongation seulement d'où le terme compact. L'utilité d'un grand nombre de cycles sera discuté lors de l'analyse en longueur d'onde. Dû à sa faible longueur, il est de plus très pratique pour l'emballage et la vente. Généralement, par contre, il présente des pertes relativement élevées (ici de 10 à 20% ou 0.5 à 1db) qui se maintiennent d'un bout à l'autre de l'histogramme. Comme on le verra par la suite, ces pertes sont liées à un profil présentant des angles d'épaules assez élevés. La prochaine figure nous

situe les épaules et le "waist" d'un coupleur.

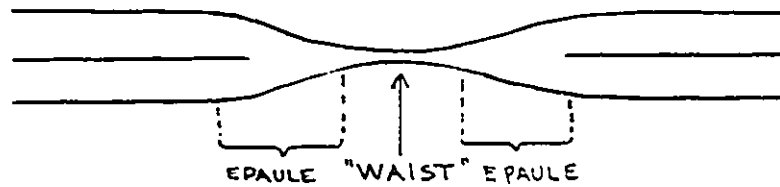


Fig. 6.2: Localisation sur le coupleur des épaules et du "waist"

Ainsi, pour qu'un coupleur présente plusieurs centaines de cycles en une quinzaine de millimètres d'élongation seulement, il faut que le "waist" devienne très petit avec peu d'élongation ce qui implique nécessairement des angles d'épaules élevés. Maintenant, le fait que des angles d'épaules élevés occasionnent des pertes plus élevées sera couvert à la prochaine catégorie de coupleur.

Finalement, un coupleur compact est habituellement fabriqué par une torche ne se déplaçant pas à l'étirement, ce qui permet de conserver un profil symétrique.

## 6.2: Coupleurs adiabatiques, processus de pertes et chauffage à balayage

### 6.2.1: Coupleurs adiabatiques:

L'histogramme suivant présente un coupleur adiabatique.

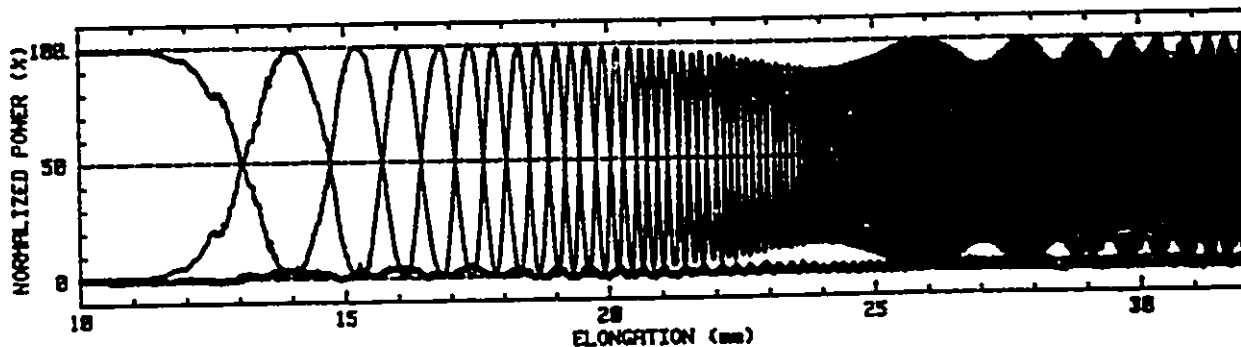


Fig. 6.3 : Histogramme de fabrication d'un coupleur adiabatique

L'histogramme d'un coupleur adiabatique se caractérise par un couplage débutant assez tard (ici 11.5 mm) avec un grand nombre de cycles si l'utilisateur le permet lors de la fabrication (facilement de 2000 à 3000 cycles). Il est habituellement 3 à 4 fois plus long qu'un coupleur compact pour le même nombre de cycles mais présente des pertes beaucoup plus faibles (de 1 à 2% ou 0.05 à 0.1db). Le profil d'un coupleur adiabatique présente des angles d'épaules plus faibles, ce qui permet des pertes plus basses.

### 6.2.2: Processus de pertes

Voyons maintenant ce qui cause les pertes dans un coupleur et la relation avec les angles d'épaules. Notons que cette section constitue en fait un ajout au modèle théorique décrit au chapitre 3 mais puisque le coupleur adiabatique est particulièrement concerné par ces notions de pertes et d'angles d'épaules, il semble plus approprié de traiter cette question dans cette section sur les coupleurs adiabatiques, ce qui allège à la fois la description du modèle au chapitre 3.

Avant d'entrer dans les détails, je peux résumer ce qui se passe. Les épaules du coupleur débutent bien avant que  $V_{co}=1$  (lieu où le cœur ne peut plus guider la lumière et où les supermodes de l'enveloppe sont créés). Voir la figure suivante.

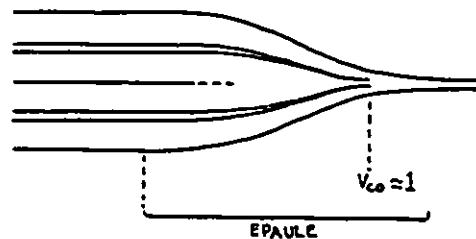


Fig 6.4: Perturbation du mode  $HE_{11}$  dans l'épaule du coupleur avant qu'il soit converti en supermode à  $V_{co} \approx 1$

Lorsque le mode  $HE_{11}$  arrive au coupleur, il perçoit l'épaule comme une perturbation. En effet, le guide devient plus petit et a un angle par rapport à sa direction initiale. Il y a alors conversion d'énergie vers des modes supérieurs comme le mode  $HE_{12}$ .

Note: Le mode  $HE_{12}$  est le mode le plus près du mode  $HE_{11}$  avec le même type de symétrie cylindrique. Ces deux modes ( $HE_{11}$  et  $HE_{12}$ ), présentés à la figure suivante, sont des modes essentiellement associés à des structures cylindriques, comme une fibre étirée et n'ont rien à voir avec les coupleurs (qui comportent deux fibres).

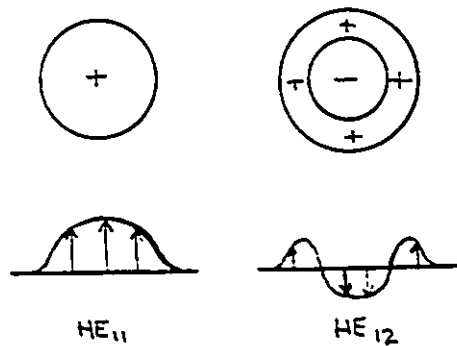


Fig. 6.5: Distribution du champ électrique pour les modes  $HE_{11}$  et  $HE_{12}$

Ces modes supérieurs sont par la suite irradiés du cœur qui ne peut plus les guider pour former des supermodes d'ordre supérieur qui sont éventuellement convertis en pertes lorsque le diamètre du superguide (les deux fibres fusionnées) devient suffisamment petit. La figure suivante nous donne un aperçu de ce qui se passe.

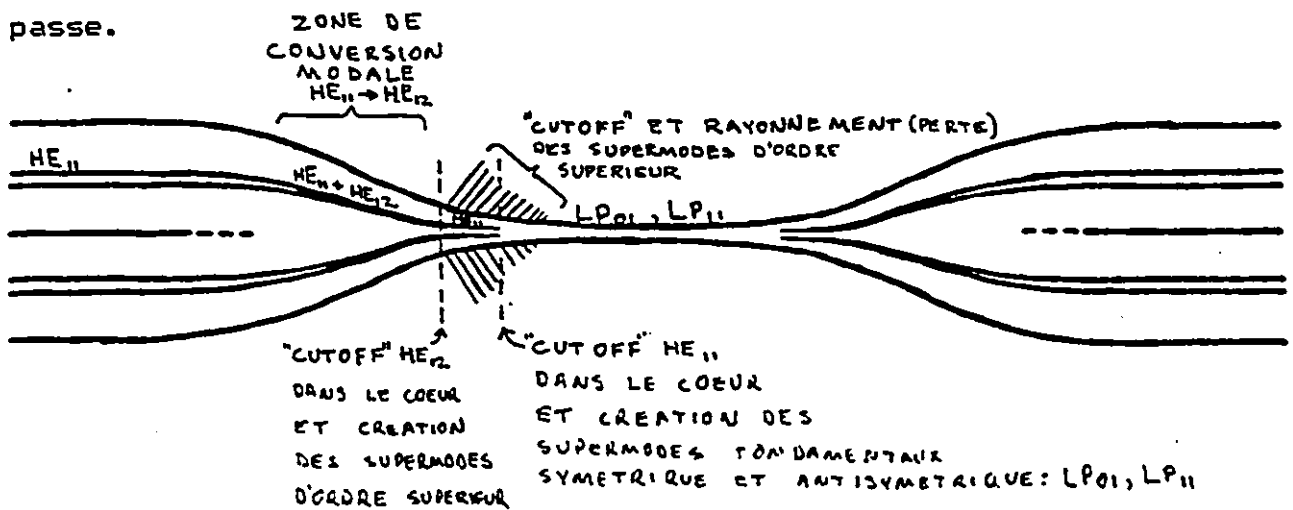


Fig. 6.6: Conversions modales à l'intérieur d'un coupleur

Les supermodes d'ordre supérieur sont convertis en pertes avant même que le diamètre du coupleur soit suffisamment petit pour engendrer la création des supermodes fondamentaux. C'est pourquoi ils ne contribuent généralement pas au couplage de la lumière observé sur un histogramme de fabrication (ils sont éliminés avant que le couplage débute sur l'histogramme).

Les pertes d'un coupleur sont donc associées au pourcentage de conversion du mode  $HE_{11}$  vers des modes supérieurs (principalement le  $HE_{12}$ ). On comprend de cette façon que plus l'angle des épaules est élevé, plus la perturbation est forte et plus les pertes liées à la conversion de mode sont élevées.

Pour cette raison, un coupleur avec de faibles pertes est appelé coupleur adiabatique pour exprimer le fait qu'il y a peu de conversion d'énergie vers des modes supérieurs.

Un coupleur adiabatique doit donc nécessairement avoir des angles d'épaules faibles. Pour arriver à cette fin, nous avons développé une technique de chauffage à balayage qui simule une flamme plus large. Nous y reviendrons un peu plus loin.

Techniquement, la conversion de puissance optique du mode  $HE_{11}$  au mode  $HE_{12}$  par un guide perturbé selon l'axe des Z, est donnée par la théorie des modes couplés. Selon cette théorie [60], nous avons la formule suivante:

Conversion de puissance de  $HE_{11}$  à  $HE_{12}$  =

$$\frac{|K|^2}{|K|^2 + (\Delta\beta/2)^2} \sin^2 \left( \sqrt{|K|^2 + (\Delta\beta/2)^2} z \right) \quad \text{éq. 6.1}$$

où  $\Delta\beta = \beta_{HE_{11}} - \beta_{HE_{12}}$  = différence entre les constantes de propagation des deux modes.

$K$  = coefficient de couplage =  $C_{12}$

Dans le cas d'une fibre en "taper" comme à l'entrée du coupleur, le coefficient de couplage est donné par [20,61]:

$$K \approx \frac{-1}{r_{co}} \frac{dr_{co}}{dz} \quad \text{éq. 6.2}$$

où  $r_{co}$  est le rayon du coeur

$z$  est l'axe longitudinal du coupleur (n'est pas associé avec le  $z$  utilisé pour exprimer la longueur parcourue dans la zone de battement discutée au Chap. 3: Modèle).

Si par exemple, un maximum de 10% de pertes est acceptable, nous devons avoir dans le pire cas, (d'après 6.1)

$$\frac{|K|}{|K|^2 + (\Delta\beta/2)^2} \leq 0.1$$

Ceci implique  $|K| \leq \Delta\beta/6 \approx \Delta\beta/2\pi$

et avec l'éq. 6.2, nous obtenons:

$$\left| \frac{dr_{co}}{dz} \right| \leq r_{co} \frac{\Delta\beta}{2\pi} \quad \text{éq. 6.3}$$

Cette formule nous fournit donc un angle maximum de l'épaule du coupleur de telle sorte à obtenir un maximum de 10% de pertes par conversion de mode. Ce résultat correspond au critère d'adiabaticité discuté par Stewart and Love [46] par lequel un coupleur est adiabatique si la relation 6.3 est observée. D'après cette définition, un coupleur avec moins de 10% de pertes serait donc nécessairement adiabatique.

Prenons maintenant un autre cas. Si un coupleur présente moins de 2.5% de pertes, nous devons avoir:

$$\frac{|K|}{|K|^2 + (\Delta\beta/2)^2} < 0.025$$

ou encore  $|K| < \Delta\beta/4\pi$

Ce qui implique:  $\left| \frac{dr_{co}}{dz} \right| < \frac{r_{co}}{2} \frac{\Delta\beta}{2\pi}$

Donc, pour passer de 10% à 2.5% de pertes, le coupleur doit avoir des angles d'épaules diminués de moitié.

Maintenant, il ne reste qu'à évaluer  $\Delta\beta$  pour les modes  $HE_{11}$  et  $HE_{12}$ . Ici, il nous faut considérer deux régions séparément. Du début des épaules jusqu'à  $V_{co} \approx 1$ , nous parlons de modes guidés par le coeur. Pour l'évaluation de  $\Delta\beta$ , nous utiliserons les approximations d'enveloppe infinie ('infinite cladding') et de faible guidance ('weakly guiding') c'est-à-dire que l'indice du coeur est légèrement plus élevé que celui de l'enveloppe. (Ex:  $n_{co}=1.4526$ ,  $n_{en}=1.4483$ ). La seconde fibre n'a absolument rien à voir ici, la conversion se passe uniquement dans l'épaule de la fibre principale. Dans ces conditions,  $\Delta\beta$  est donné par [44, éq. 11.49].

$$\Delta\beta = \frac{\lambda}{4\pi} \frac{(W_{HE_{11}}^2 - W_{HE_{12}}^2)}{r_{co}^2 n_{en}} \quad \text{Où } \begin{array}{l} r_{co} = \text{rayon du coeur} \\ W = \text{paramètre modal de} \\ \text{l'enveloppe} \end{array}$$

Lorsque  $V_{co}$  est faible et dans le cas de faible guidance,  $W_{HE_{11}}$  est donné approximativement par [44, éq. 14-19].

$$W_{HE_{11}} = 1.1428 V_{co} - 0.996$$

Le mode  $HE_{12}$  lui est très près du "cutoff" et par conséquent  $W_{HE_{12}} \approx 0$ . [44, sect. 12-9].

$$\text{Donc, jusqu'à } V_{co} \approx 1, \quad \Delta\beta = \frac{\lambda (1.1428 V_{co} - 0.996)^2}{4\pi r_{co}^2 n_{en}} \quad \text{éq.6.4}$$

De  $V_{co} \approx 1$  en amont du coupleur jusqu'à  $V_{co} \approx 1$  en aval, nous devons parler de modes guidés par l'enveloppe communément appelés supermodes. Dans le cas d'un coupleur, les modes fondamentaux de cette région ne sont plus des modes du type  $HE_{11}$  et  $HE_{12}$  généralement associés à une seule fibre mais plutôt des supermodes  $LP_{01}$  et  $LP_{11}$  associés au superguide [48,62]. Ces deux supermodes ont été appelés auparavant supermode symétrique et antisymétrique (voir modèle). La distribution du champ électrique pour ces supermodes est la suivante: (voir Fig. 6.7).

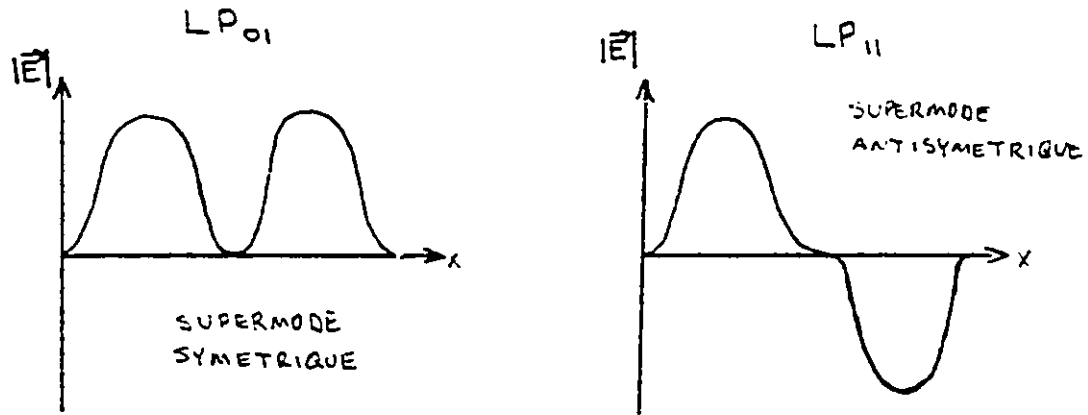


Fig. 6.7: Distribution du champ électrique pour le supermode symétrique et le supermode ant. symétrique

De la même façon, ces supermodes seront perturbés à leur tour par un angle dans l'enveloppe de la fibre et il y aura conversion vers des supermodes supérieurs. Etant donné que les angles de l'enveloppe dans cette région sont assez faibles, nous ne commettrons qu'une faible erreur si nous considérons, en première approximation, que chaque supermode est constitué par la juxtaposition côte à côte de deux modes  $HE_{11}$ . Chacun de ces modes est alors sujet à une conversion individuelle vers le mode  $HE_{12}$  selon les mêmes mécanismes que ceux décrits pour les modes guidés par le coeur aux pages précédentes.

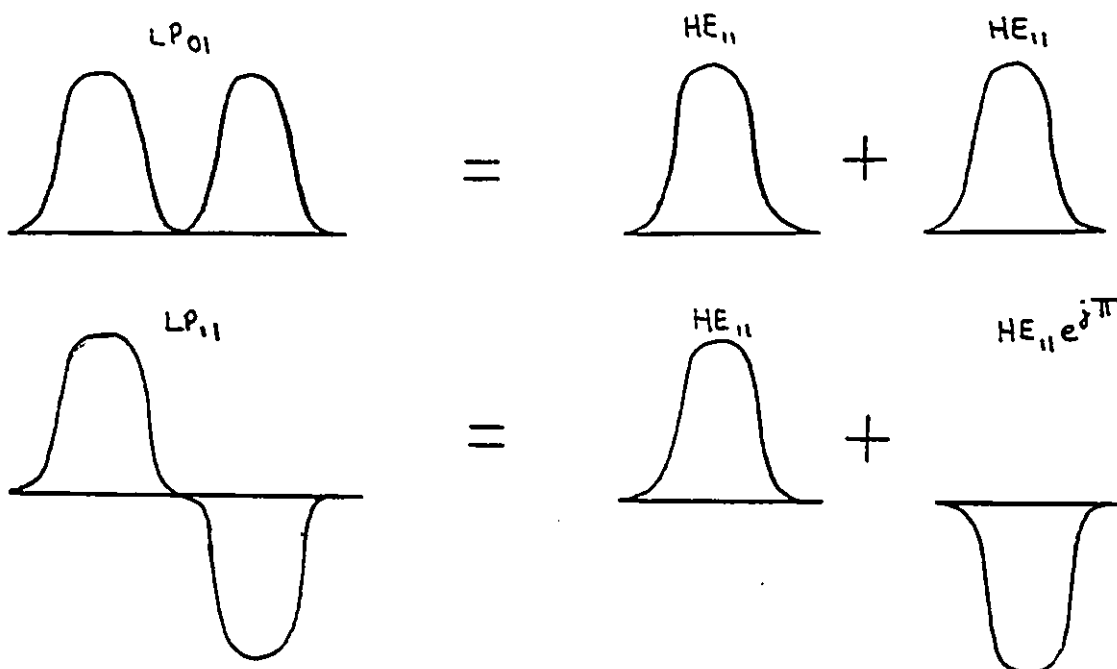


Fig. 6.8: Décomposition des supermodes fondamentaux en modes d'enveloppe  $HE_{11}$  juxtaposés

L'évaluation du  $\Delta\beta$  est alors quelque peu différente de celle donnée précédemment. En effet, dans le cas précédent, nous parlions de modes guidés par le coeur de la fibre avec une enveloppe de dimension infinie comme approximation. Maintenant, les modes  $HE_{11}$  que nous parlons ici sont des modes guidés par l'enveloppe toute entière qui devient le coeur du guide et la nouvelle enveloppe est maintenant constituée par le milieu entourant le coupleur (dans notre cas, c'est de l'air). Il n'empêche néanmoins que nous appelons toujours ces modes par  $HE_{11}$  et  $HE_{12}$  car nous parlons toujours de guides cylindriques (en fait deux guides cylindriques côte à côte considérés séparément avec leur propre mode pour chacun). Dans cette condition, nous ne pouvons plus parler de faible guidance car l'indice de l'air  $n_{air} (\approx 1)$  est ici très différent de celui de l'enveloppe (ex:  $n_{en} = 1.4483$ ) et  $V$  devient aussi subitement très grand. Pour un des guides du superguide, nous définissons: (voir eq. 3.2).

$$V_{en} = V_{enveloppe} = \frac{2\pi r_{en}}{\lambda} \sqrt{n_{en}^2 - n_{air}^2}$$

Lorsque  $V_{co} = 1$ , ( $=2\pi/\lambda \cdot r_{co} \sqrt{n_{co}^2 - n_{en}^2}$ ), pour une fibre monomode standard (avec  $n_{air}=1$ ,  $n_{en}=1.4483$ ,  $n_{co}=1.4526$ ,  $r_{co}=4\mu m$  et  $r_{en}=62.5\mu m$ ),  $V_{en} \approx 150$ .

Dans ces conditions,  $\Delta\beta$  est donné par [44, eq.: 11.49].

$$\Delta\beta = \frac{\lambda (U_{HE_{12}}^2 - U_{HE_{11}}^2)}{4\pi r_{en}^2 n_{en}} \quad U = \text{paramètre modal du coeur (qui est ici l'enveloppe)}$$

Lorsque  $V_{en}$  est grand, [44: Snyder p. 253]:

$$\text{et } \begin{aligned} U_{HE_{11}} &\approx 2.405 \exp(-1/V_{en}) \\ U_{HE_{12}} &\approx 5.520 \exp(-1/V_{en}) \end{aligned}$$

ce qui donne finalement pour la seconde région:

$$\Delta\beta = \frac{\lambda (5.520^2 - 2.405^2) \exp(-2/V_{en})}{4\pi r_{en}^2 n_{en}} \quad \text{éq. 6.5}$$

Nous avons maintenant tous les éléments qu'il faut pour faire une analyse de l'adiabaticité de nos coupleurs.

Pour arriver à cette fin, nous allons nous servir du critère d'adiabaticité (éq. 6.3). Pour chaque coupleur analysé, nous allons tracer trois courbes.

- Courbe 1: Profil du coupleur :  $\left| \frac{dr_{co}}{dz} \right|$  Vs  $\frac{r_{co}(z)}{r_{co}(0)}$
- Courbe 2: Asymptote du coeur :  $r_{co} \frac{\Delta\beta}{2\pi}$  Vs  $\frac{r_{co}(z)}{r_{co}(0)}$   
(du début de l'épaule jusqu'à  $V_{co} \approx 1$ ),  $\Delta\beta$ =éq 6.4
- Courbe 3: Asymptote de l'enveloppe:  $r_{co} \frac{\Delta\beta}{2\pi}$  Vs  $\frac{r_{co}(z)}{r_{co}(0)}$   
(de  $V_{co} \approx 1$  en amont à  $V_{co} \approx 1$  en aval),  $\beta$ =éq 6.5

Si le critère d'adiabaticité est observé, la courbe 1 doit alors être située au-dessous des courbes 2 et 3. C'est ce que nous allons vérifier.

Les paramètres de la fibres que nous utilisons habituellement sont les suivants:

|                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| Marque et modèle      | : CORNING, Télécommunications |
| Diamètres             | : Coeur : 8 $\mu$ m           |
|                       | : Enveloppe: 125 $\mu$ m      |
| Indice de réfraction: | : Coeur : 1.4526              |
|                       | : Enveloppe: 1.4483           |

Comme on l'a vu dans la section de la fabrication du coupleur, la fibre est légèrement étirée au moment de la fusion avant l'étirement. A cause de ceci, les diamètres initiaux sont légèrement inférieurs aux valeurs ci-dessus.

Avec ces paramètres,  $V_{co} \approx 1$  correspond à  $r_{co}(z)/r_{co}(0) = 0.23$ . Donc, la courbe 2 doit être utilisée pour comparaison avec la courbe 1 pour  $r_{co}(z)/r_{co}(0) \geq 0.23$  et la courbe 3 doit l'être pour  $r_{co}(z)/r_{co}(0) \leq 0.23$ .

Pour vérifier cette théorie, nous avons analysé deux coupleurs construits avec le même rouleau de fibre. Un avec des pertes de 10% et l'autre avec des pertes de 2.5% environ. Comme on l'a vu, par définition, le coupleur avec des pertes de 10% devrait être juste à la limite du critère d'adiabaticité tandis que celui avec

des pertes de 2.5% devrait être confortablement sous cette courbe. Nous devrions observer de plus que l'angle maximum des épaules du coupleurs avec des pertes de 2.5% devrait être de la moitié de celui avec des pertes de 10%.

A la page suivante, vous trouverez les histogrammes des coupleurs utilisés avec leurs profils associés et le "fitting" utilisé.

Coupleur A: Coupleur compact. Perte moyenne de 10%. Chauffage à balayage pas utilisé.

Histogramme:

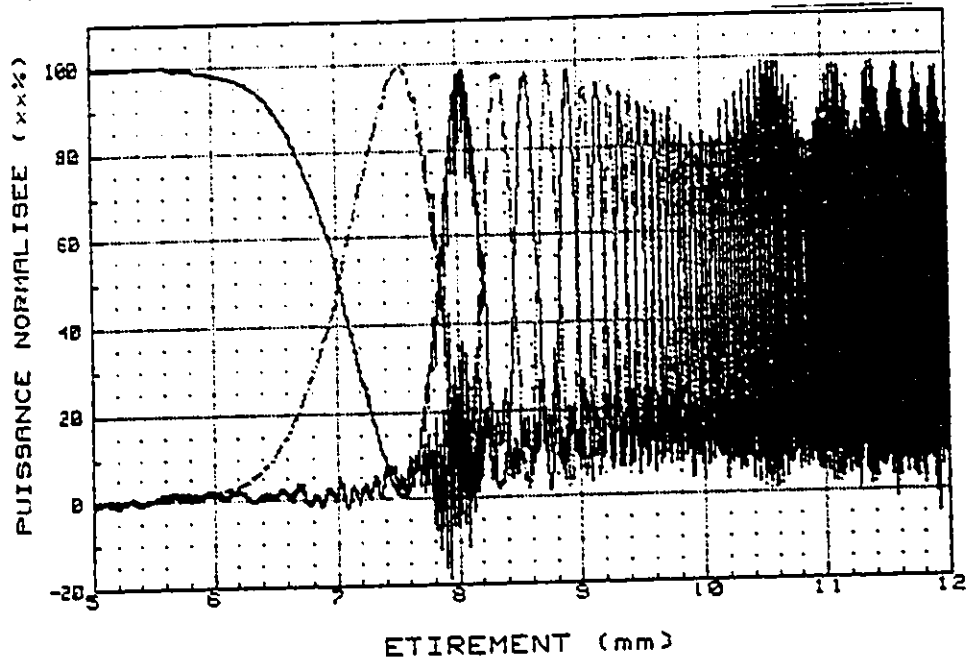


Fig. 6.9: Histogramme de fabrication d'un coupleur compact étudié pour le critère d'adiabaticité

Profil du coupleur et "fitting" utilisé:

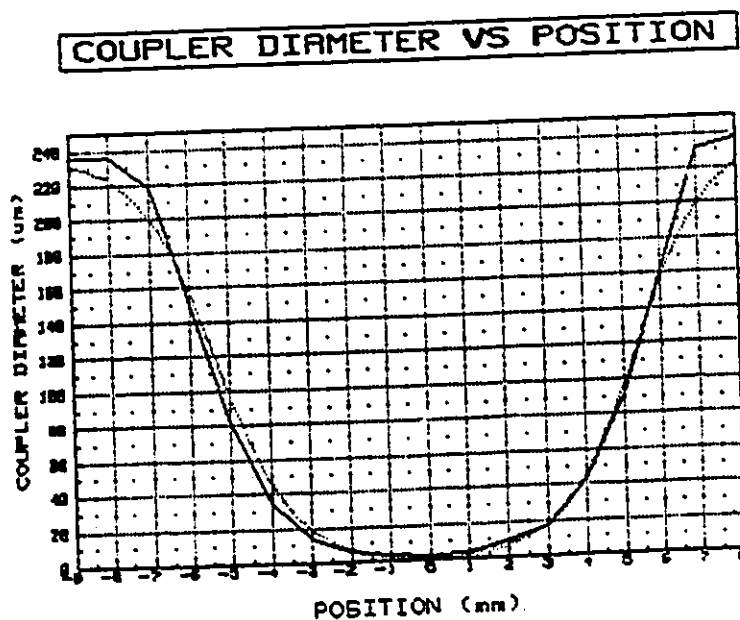


Fig. 6.10: Profil d'un coupleur compact (diamètre du coupleur selon l'axe // vs position longitudinale)

Coupleur B: Coupleur adiabatique, perte moyenne de 2.5%.  
Chauffage à balayage de 3 mm utilisé.

Histogramme:

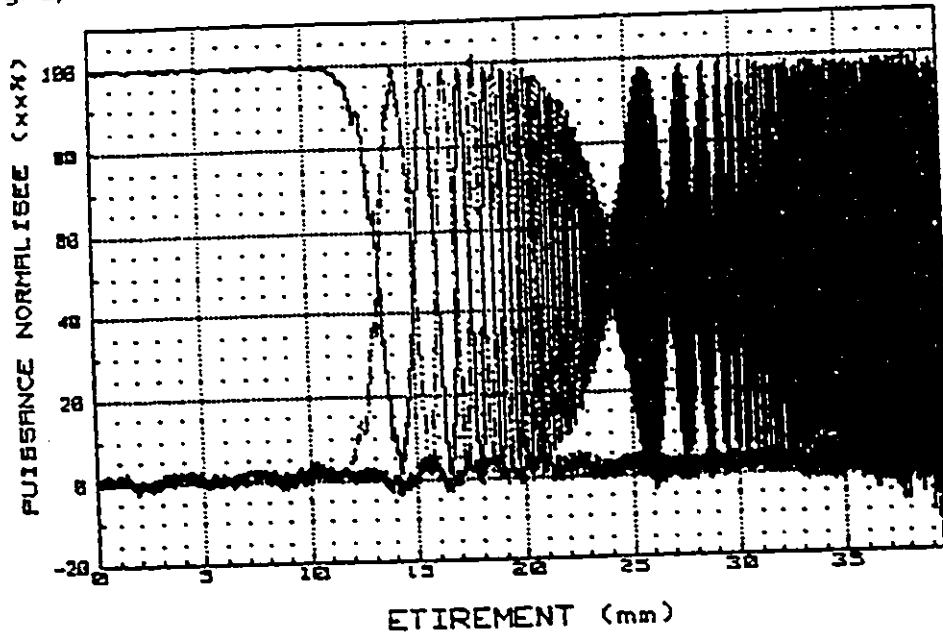


Fig. 6.11: Histogramme de fabrication d'un coupleur adiabatique étudié pour le critère d'adiabaticité

Profil du coupleur et "fitting" utilisé

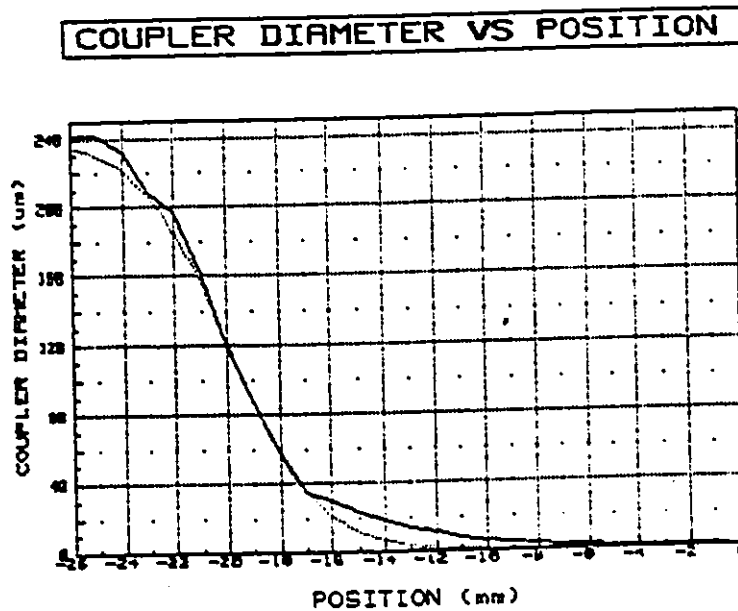


Fig. 6.12: Profil d'un coupleur adiabatique. "Fitting" pour une épaulement seulement

Et voici les courbes 1, 2 et 3 décrites précédemment et présentées selon deux types de graphique: le graphe Lin - Lin pour une observation plus détaillée de la proximité des courbes et le graphe Log - Lin pour une vision plus générale du comportement de celles-ci.

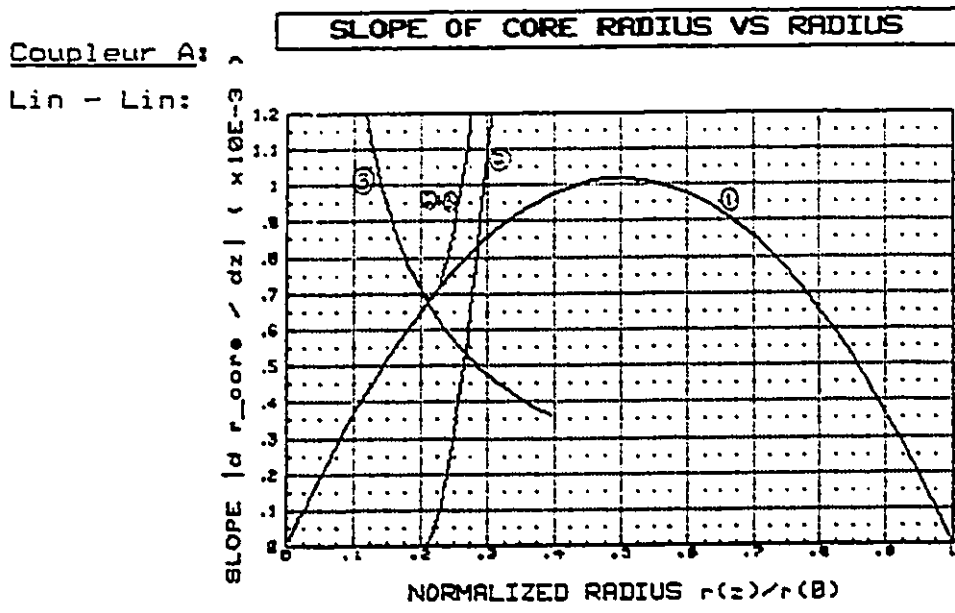


Fig. 6.13: Analyse de l'adiabaticité d'un coupleur compact. Les courbes 1, 2 et 3 sont décrites à la page 96

Log - Lin:

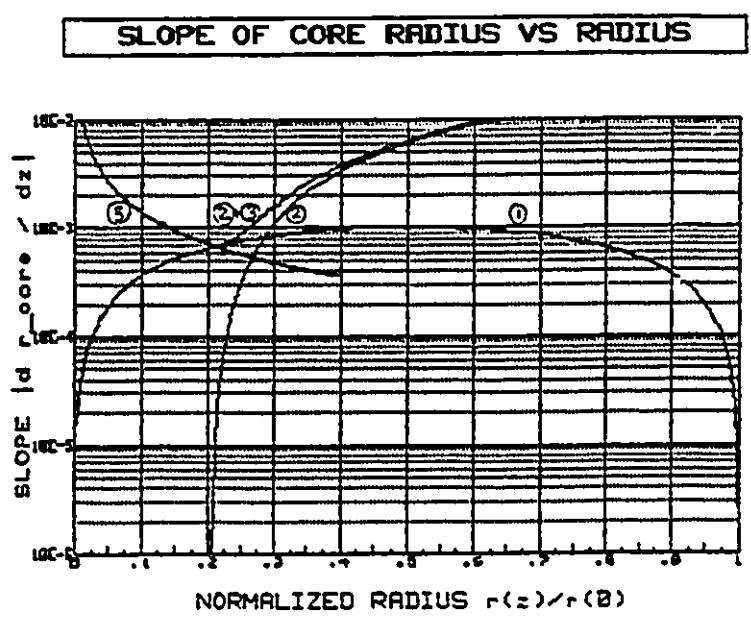


Fig. 6.14: Représentation Log-Lin du graphe 6.13

Coupleur B:

Lin - Lin:

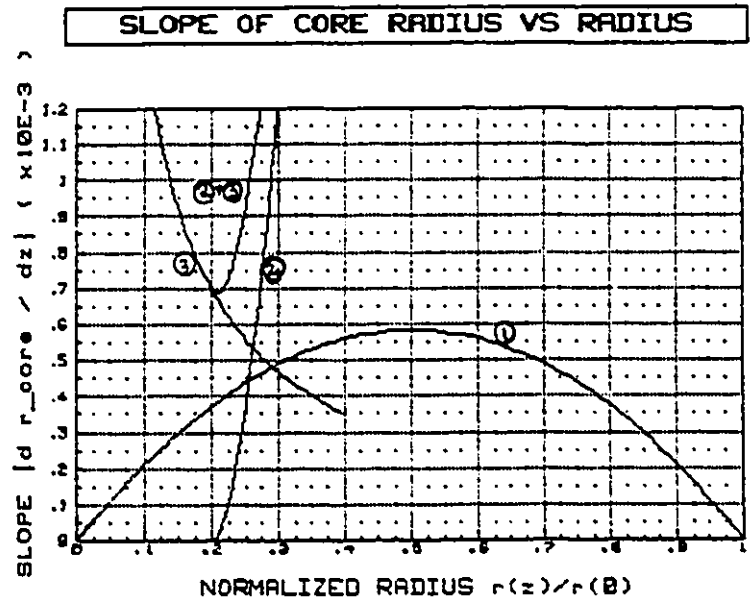


Fig. 6.15: Analyse de l'adiabaticité d'un coupleur adiabatique

Log - Lin:

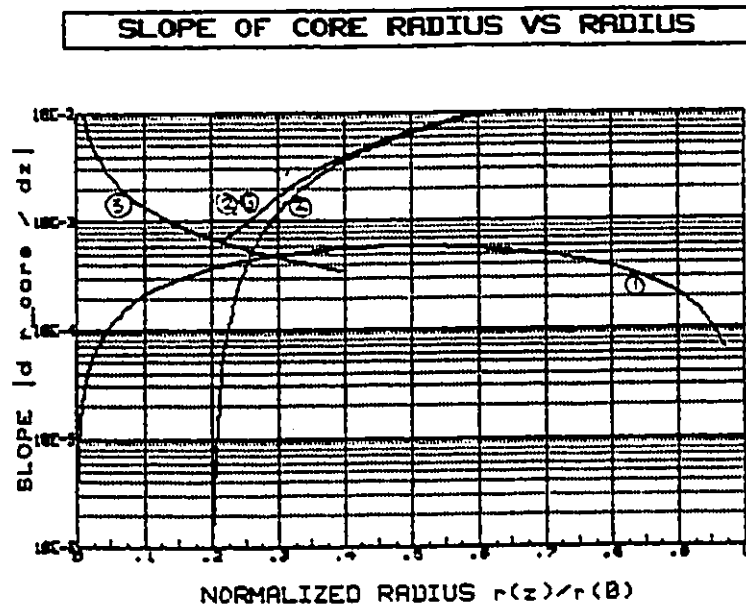


Fig. 6.16: Représentation Log-Lin du graphe 6.15

Nous voyons que toutes nos prédictions sont remplies avec une précision plutôt surprenante. Profil du coupleur A touchant la courbe d'adiabaticité et angle maximum de A presque le double de celui de B. Ceci confirme la validité de nos hypothèses en ce qui concerne l'origine des pertes dans nos coupleurs. On pourrait donc prédire les pertes d'un coupleurs juste en contrôlant ses angles d'épaules (en l'absence de déformations causées par des problèmes de fabrication).

Maintenant, une dernière remarque au sujet des pertes. Comment peut-on expliquer que les pertes soient habituellement constantes d'un bout à l'autre de l'histogramme? Ceci est très simple. Comme on l'a vu, les pertes sont principalement associées à une conversion de mode ayant lieu dans les épaules du coupleur. Or, lorsque la lumière commence à coupler d'une fibre à l'autre, donc lorsque le diamètre des fibres est suffisamment petit pour arriver à  $v_{co} \approx 1$  (diamètre des fibres  $\approx 29\mu\text{m}$ ) et que les supermodes sont créés, le coupleur est déjà étiré de plusieurs millimètres, ce qui implique que la zone où les épaules du coupleur sont les plus abruptes, est déjà rendue à l'extérieur de la zone chauffée comme à la figure suivante:

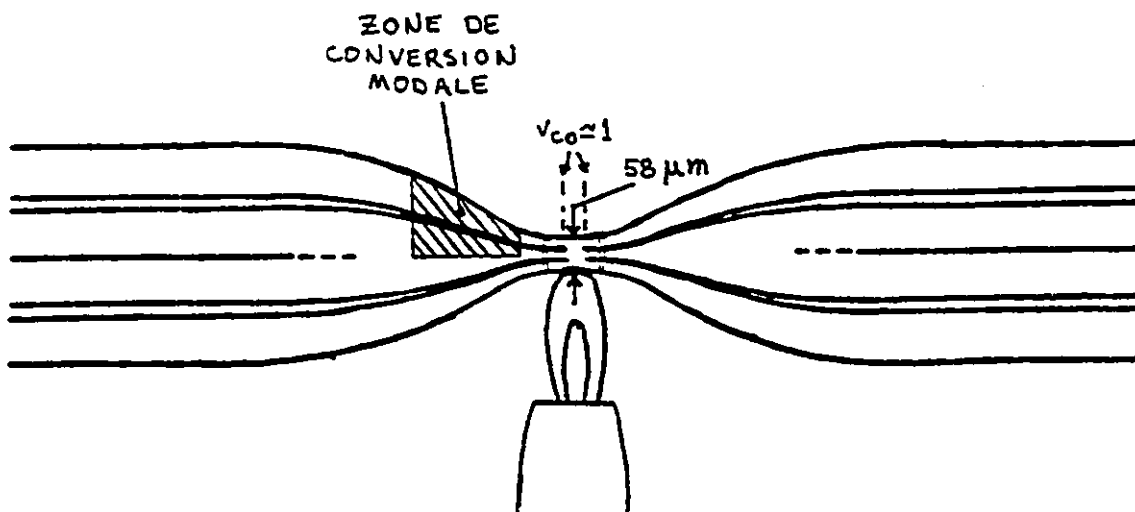


Fig. 6.17: Localisation de la zone chauffée p/r à la zone de conversion modale.

Etant donné que la conversion de mode produisant les pertes a principalement lieu dans cette région spécifique et que celle-ci n'est plus modifiée puisque la torche ne s'y rend plus, on doit donc s'attendre à ce que le pourcentage de conversion demeure inchangé et que les pertes demeurent constantes même si l'étirement se poursuit. Et c'est ce que les histogrammes semblent montrer généralement.

Pour approfondir dans le sujet, il existe plusieurs bons articles traitant de la conversion de mode et des pertes associées à cette conversion (voir [64-67]).

### 6.2.3: Chauffage à balayage

Pour obtenir des angles d'épaules faibles et donc de faibles pertes, nous avons développé une nouvelle technique de chauffage appelée chauffage à balayage (Brush Technique). Cette technique est utilisée pour la fabrication de nos coupleurs adiabatiques.

Avec cette technique, la torche a un mouvement de va-et-vient le long de la zone fusionnée au lieu de demeurer immobile comme pour les coupleurs compacts.

De cette façon, une flamme plus large est simulée ce qui implique une zone chauffée plus large et par le fait même des angles d'épaules moins abrupts.

La longueur de balayage, la position horizontale de départ de la torche de même que la vitesse de balayage sont tous des paramètres modifiables par l'utilisateur.

L'option du balayage n'est offert que pour l'étirement et est présenté à l'utilisateur juste avant l'allumage de la torche. La valeur des paramètres par défaut sont les suivants:

Longueur de balayage : 3mm (0 à 30 mm permis)  
 Vitesse de balayage : 0.4mm/sec (0 à 0.4 mm/sec permis)  
 Position initiale de la torche: Dépend de la fusion

Pour donner un exemple, le coupleur A de la section 6.2.2 avec des pertes de 10% a été fabriqué sans balayage à l'étirement tandis qu'un balayage de 3 mm a été utilisé pour le coupleur B avec des pertes de 2.5% environ.

Evidemment, plus la longueur de balayage est large, plus la zone "chauffée" par simulation est large et plus les fibres doivent être étirées pour obtenir un diamètre donné pour le coupleur. Ceci implique que le couplage débute plus tard et que l'étirement nécessaire par cycle est augmenté. Les coupleurs adiabatiques sont donc beaucoup plus longs que les coupleurs compacts et prennent ainsi plus de temps à fabriquer mais les pertes sont plus faibles. Les quatre histogrammes suivants démontrent l'utilisation du chauffage à balayage. A remarquer la valeur des pertes qui se tient dans tous les cas très près de 0%.

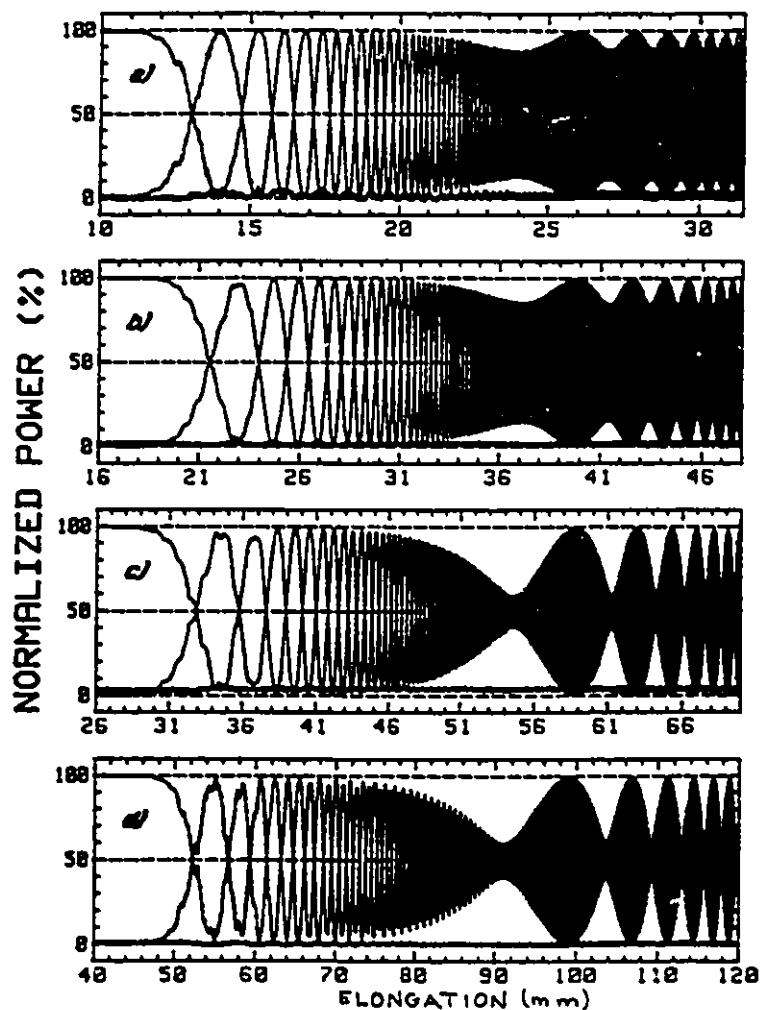


Fig. 6.18: Quatre histogrammes démontrant l'utilisation du chauffage à balayage. Longueurs de balayage: a) 2mm, b) 5mm, c) 8mm et d) 13mm

Le premier histogramme a été fait avec une longueur de balayage de 2mm, le second: 5mm, le troisième: 8mm et le quatrième: 15mm. On remarque très bien les tendances prédites plus haut: le couplage débute de plus en plus tard (10, 16, 26 et 40 mm respectivement) et pour approximativement le même nombre de cycles, l'étirement nécessaire a été de plus en plus grand (21, 32, 44 et 60 mm). D'autre part, le chauffage à balayage ne semble déranger en rien l'allure générale de nos courbes ce qui laisse présager que le modèle s'applique aussi bien lorsque le chauffage à balayage est utilisé. Je rappelle que la profondeur de modulation n'est pas une propriété du coupleur comme tel. Elle dépend plutôt de l'orientation de la lumière polarisée en rapport avec les axes principaux du coupleur. (voir chap. 5, remarque D).

### 6.3: Coupleurs asymétriques à fibres dissimilaires

Jusqu'à maintenant, nous avons parlé de coupleurs fabriqués à l'aide de fibres identiques. Dans le but de pousser plus loin notre compréhension des coupleurs, nous avons fabriqué des coupleurs avec des fibres identiques à la base mais pour lesquels une des deux fibres était attaquée chimiquement de telle sorte que son diamètre extérieur initial était diminué.

La solution d'attaque chimique utilisée était une solution d'acide fluorhydrique très corrosive (HF).

A titre d'expérience, nous avons fabriqué un coupleur avec une fibre non-attaquée de 125 $\mu$ m de diamètre et une fibre venant du même rouleau mais attaquée chimiquement pour diminuer son diamètre de 125 à 121 $\mu$ m et voici l'histogramme que nous avons obtenu (Fig. 6.19):

**DISSIMILAR-ETCH FIBER COUPLER**  
**COUPLING AND LOSS vs ELONGATION**

\*\* FIBER DIAMETERS: 125 AND 121  $\mu\text{m}$  \*\*

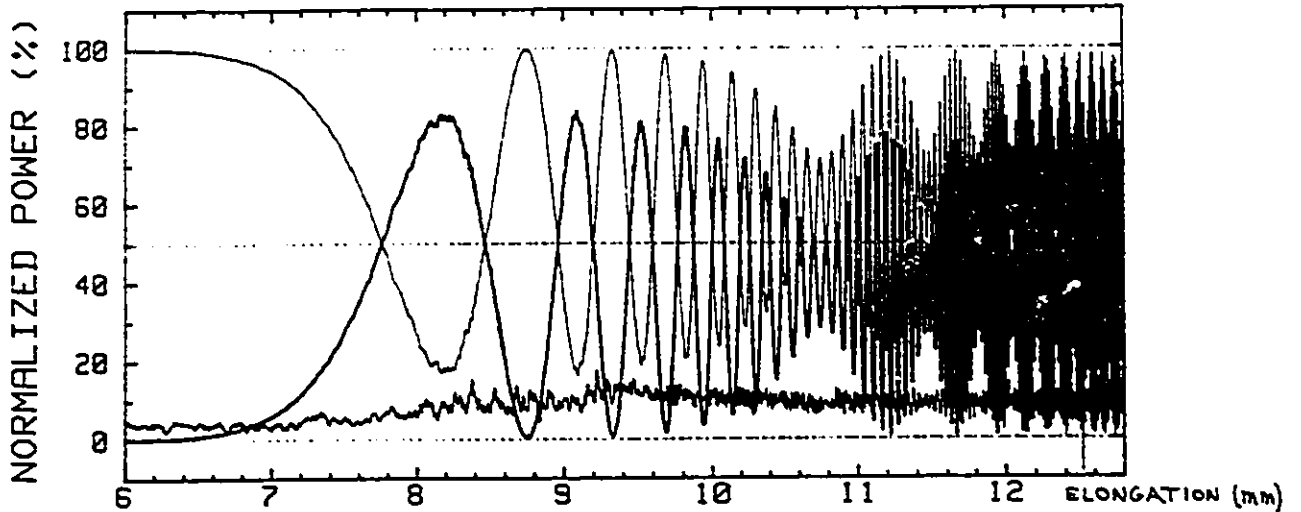


Fig. 6.19: Histogramme d'un coupléur asymétrique à fibres dissimilaires

Voici une section agrandie de 11.5 à 12.5 de l'histogramme précédent.

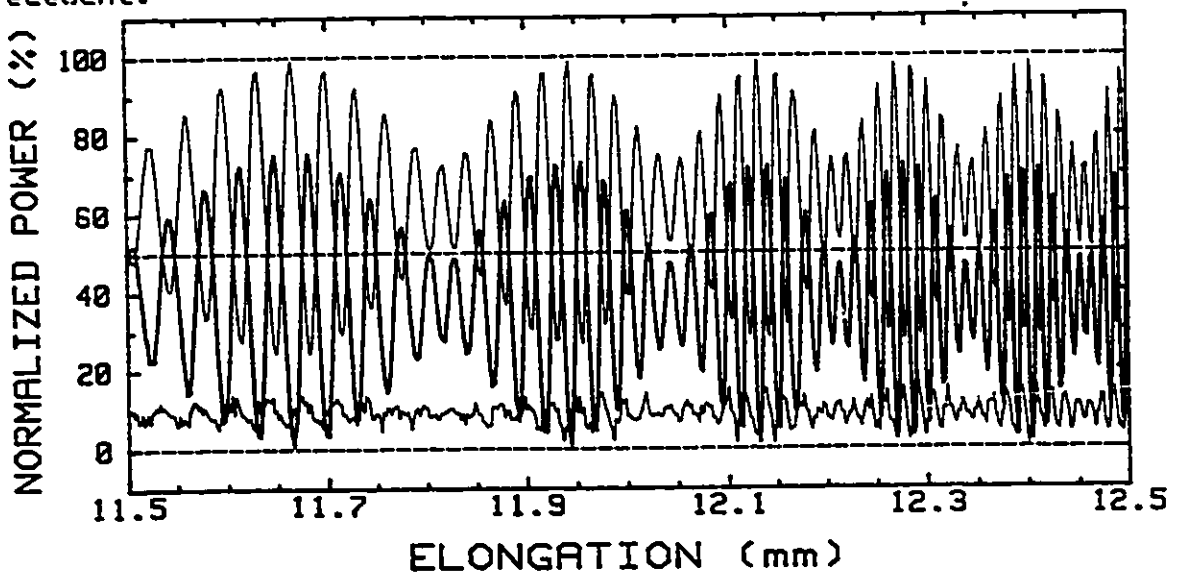


Fig. 6.20: Section agrandie de la figure 6.19

Nous voyons que le coefficient de couplage maximum est de 80%, c'est-à-dire qu'il y a un 20% de la lumière qui n'est jamais transférée de la fibre principale vers la fibre secondaire.

Nous avons appelé ce type de coupleur sous le nom de coupleur asymétrique et son degré d'asymétrie est de 20% parce que 20% de la lumière n'est jamais couplée à la fibre secondaire.

Le fait que le degré d'asymétrie soit constant d'un bout à l'autre de l'histogramme indique bien, encore une fois, que l'aspect de la section transversale (cross-section) du coupleur est conservé lorsqu'il est étiré et que le rapport des diamètres des fibres est constant tout le long du coupleur.

La figure suivante nous donne la vue d'une section transversale d'un coupleur asymétrique en son point le plus petit pris à l'aide d'un microscope électronique.

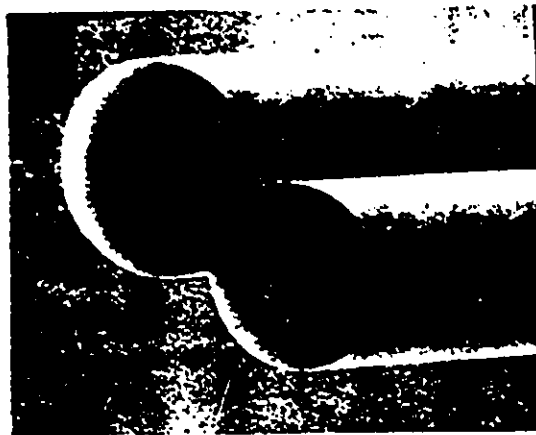


Fig. 6.21: Vue d'une section transversale d'un coupleur asymétrique

L'étude des coupleurs asymétriques est très difficile et l'analyse de l'influence du rapport des diamètres des fibres utilisées l'est encore plus. Pour tenter d'expliquer le comportement des coupleurs asymétriques, nous savons que le modèle des coupleurs symétriques développé au chapitre 3 doit être modifié. En effet, la situation est différente sur au moins trois points:

A) Puisque les deux fibres n'ont pas le même diamètre extérieur, les angles d'épaules et de la zone de battement seront définitivement différents d'une fibre à l'autre. En fait, tous les angles seront différents selon une proportion constante égale au rapport des diamètres extérieurs sauf pour les coeurs.

B) Puisque le diamètre du coeur n'est pas touché par l'attaque chimique, la conversion des modes guidés par le coeur aux supermodes guidés par l'enveloppe n'aura plus lieu au même endroit pour les deux fibres. En fait, le "cutoff" des modes guidés par le coeur arrive plus tôt dans la fibre attaquée chimiquement puisque dans ce cas, on s'éloigne encore plus du modèle à enveloppe infinie pour lequel le mode  $HE_{11}$  n'est jamais amené au "cutoff".

C) Puisque les deux enveloppes formant le superguide n'ont pas le même diamètre, la forme des supermodes devra définitivement être repensée en fonction des nouvelles frontières du guide.

L'analyse de l'influence de ces caractéristiques particulières sur le comportement du coupleur dépasse largement les buts visés par cette thèse. Le lecteur intéressé d'approfondir ces sujets est invité à consulter les références suivantes: [67-70]. Nous pouvons néanmoins dégager certaines tendances. Par exemple, il existe une relation très nette entre le degré d'asymétrie et la différence de diamètre entre les deux fibres.

En effet, pour vérifier cette tendance, nous avons construit un second coupleur avec les mêmes paramètres de fabrication que celui présenté précédemment sauf que, pour ce coupleur, la fibre attaquée chimiquement avait un diamètre de  $113\mu\text{m}$  au lieu de  $121\mu\text{m}$ . De la même façon, l'autre fibre demeure non-attaquée avec un diamètre de  $125\mu\text{m}$ . Et voici l'histogramme que nous avons obtenu:

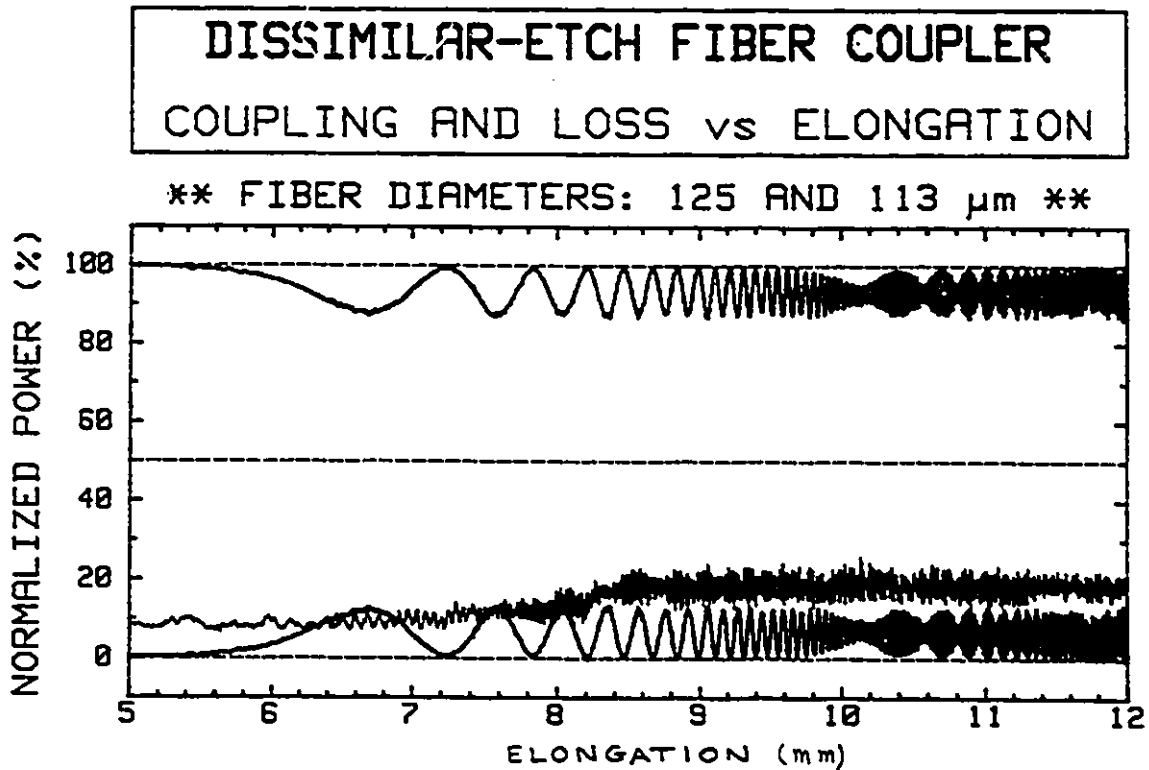


Fig. 6.22: Histogramme démontrant la relation entre le degré d'asymétrie et la différence de diamètre entre deux fibres (à comparer avec la Fig. 6.19, p. 106)

La tendance est observée très clairement si on compare la figure 6.22 à l'histogramme précédent, qui, pour des diamètres de 125 et 121 $\mu\text{m}$ , présentait un degré d'asymétrie de 20%. Ici le degré d'asymétrie est de 85%.

Il existe un autre facteur qui a de l'influence sur le degré d'asymétrie: c'est le degré de fusion des fibres. (Ceci est discuté plus en détail par [71]).

Par exemple, si initialement les diamètres des fibres sont les suivants:

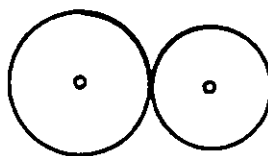


Fig. 6.23: Diamètre initial des fibres d'un coupleur asymétrique avant la fusion

et qu'au lieu de fusionner les fibres comme à la figure suivante qui présente définitivement de l'asymétrie,

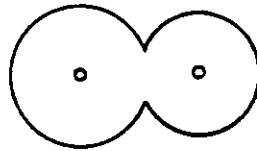


Fig. 6.24: Vue en coupe de fibres faiblement fusionnées

nous fusionnons les fibres très fortement de telle sorte à obtenir la section suivante qui ne présente presque plus d'asymétrie,

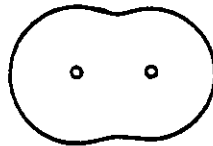


Fig. 6.25: Vue en coupe de fibres fortement fusionnées

il serait alors naturel de penser que le degré d'asymétrie serait alors grandement diminué ou tout simplement égal à 0%. C'est ce que nous avons vérifié.

Les deux histogrammes suivants ont tous les deux été fabriqués avec de la fibre de 125 et 118 $\mu$ m. L'histogramme du haut a été enregistré pendant l'étirement de fibres qui ont été faiblement fusionnées à la fusion formant une sorte de figure en huit renversée tandis que pour celui du bas, les fibres ont été fortement fusionnées formant presque un cercle.

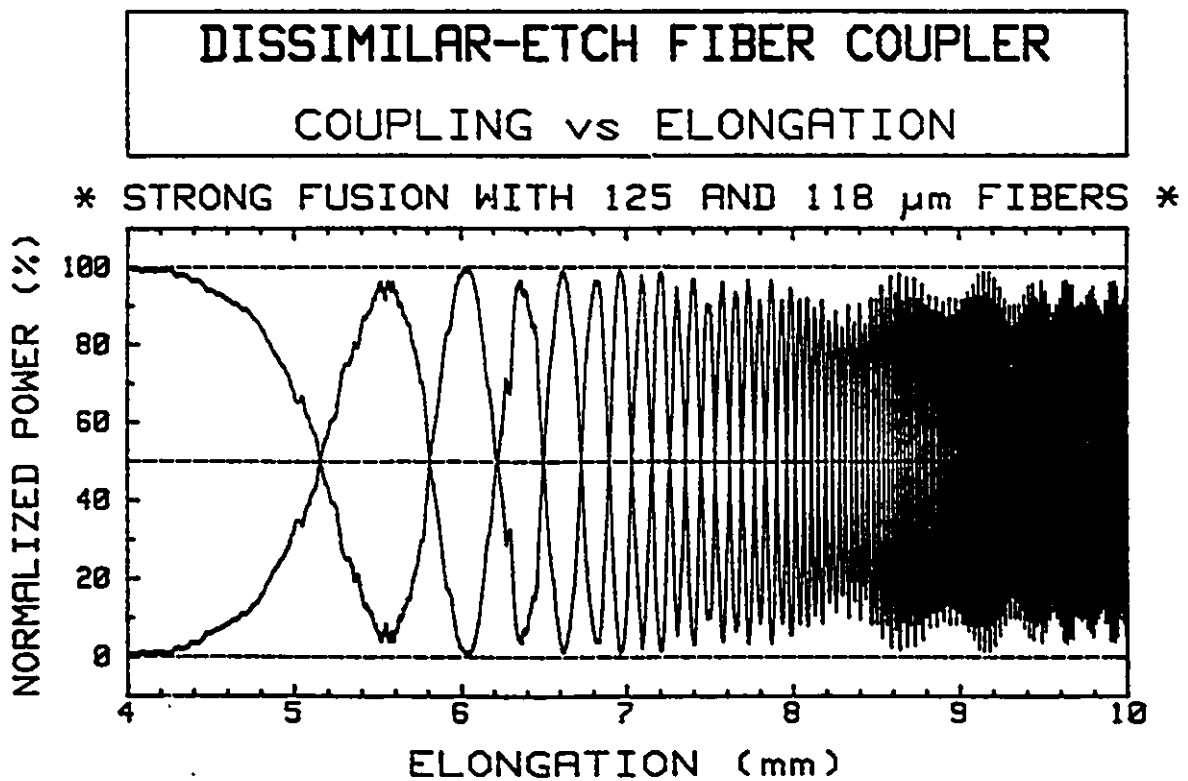
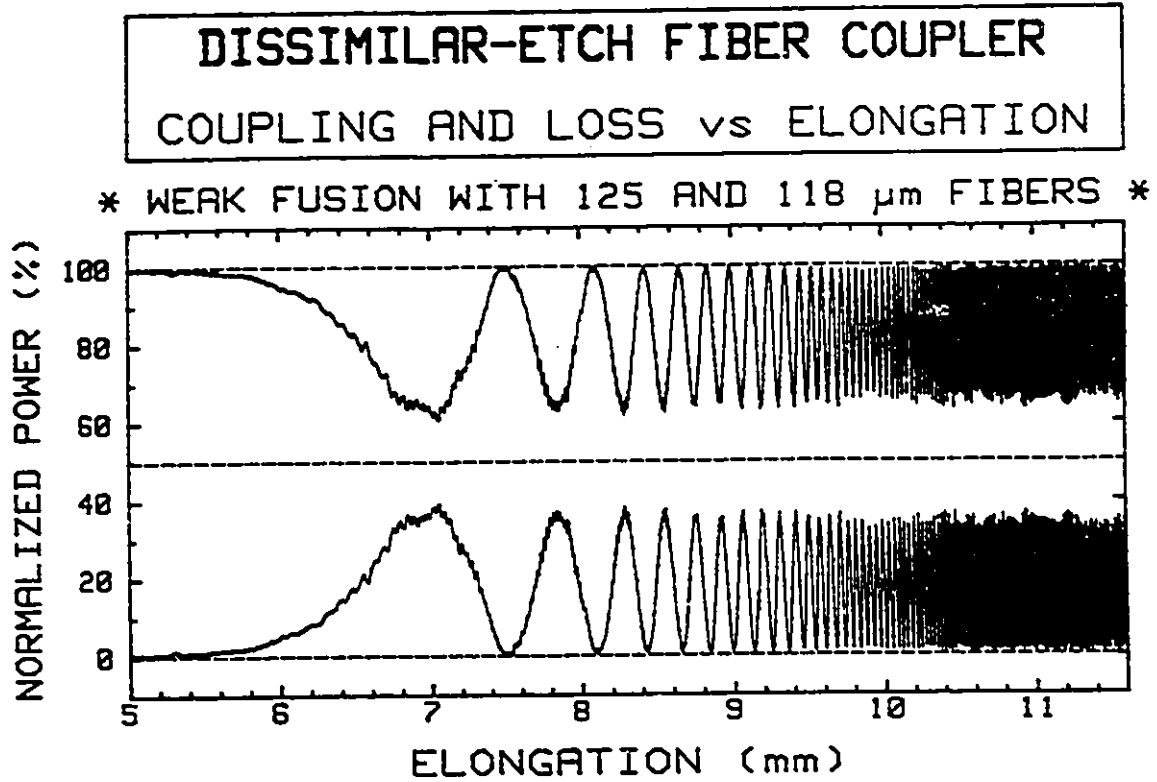


Fig. 6.26: Histogrammes démontrant l'influence du degré de fusion sur l'asymétrie d'un coupleur. Histogramme du haut: fibres faiblement fusionnées, histogramme du bas: fibres fortement fusionnées

Alors que le premier histogramme présente un degré d'asymétrie de 60%, le second n'est que de 5% seulement. Ce qui confirme ce que nous voulions démontrer.

### 6.3.1: "Lateral Splices" et "Tuned-Port Couplers"

Finalement, il y a deux autres types de coupleurs fabriqués avec des fibres différentes dont j'aimerais parler mais sans toutefois entrer dans les détails.

Le "Lateral Splice" est un coupleur fabriqué avec deux fibres totalement différentes avec lequel nous désirons obtenir un coefficient de couplage final le plus près possible de 100% avec un minimum de pertes. [72]

Comme on le sait, la connexion bout à bout ("splice") de deux fibres totalement différentes (différents indices de réfraction, différents diamètres d'enveloppe et de coeur) est presque impossible à réaliser sans la création de pertes non-négligeables. Et pourtant, c'est une opération qui peut arriver couramment. Par exemple, on désire utiliser un coupleur fabriqué à l'aide d'un certain type de fibre pour se brancher sur un réseau utilisant un autre type de fibre. Le "lateral splice" serait alors la meilleure solution. Le schéma suivant nous donne un exemple de l'installation qui pourrait être utilisée.

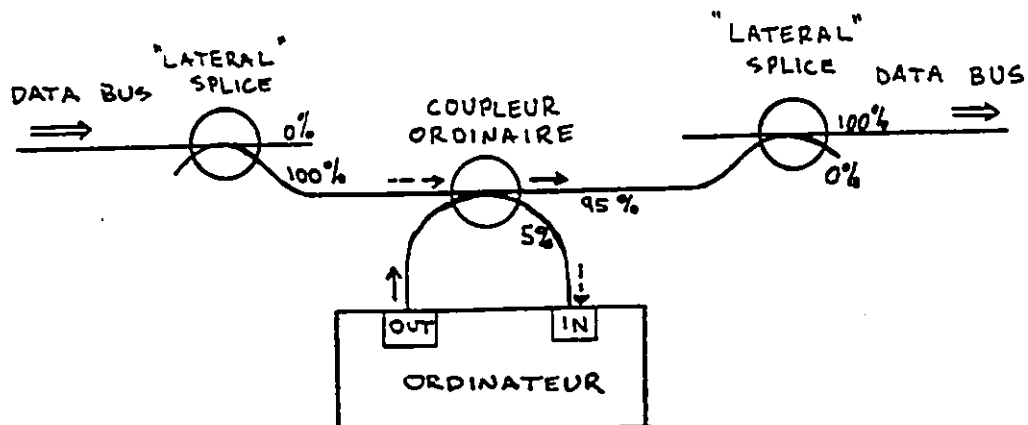


Fig. 6.27: Exemple de l'utilisation d'un "Lateral Splice" dans un réseau de communication

Le "lateral splice" présente un histogramme de fabrication très similaire à ceux déjà montrés. Dépendamment des fibres utilisées, les "lateral splices" présentent parfois le comportement de coupleur symétrique (0% d'asymétrie) ou celui de coupleur asymétrique.

Des travaux sont actuellement en cours sur ce sujet.

Le "Tuned Port Coupler" [41,73-74] est un coupleur fabriqué habituellement avec des fibres différentes pour lequel la lumière couple d'une fibre à l'autre pour une faible largeur de bande seulement. La localisation de cette bande dans le spectre dépend généralement des types de fibres utilisés mais aussi de la géométrie du profil du coupleur. Ainsi, pour un coupleur donné ayant tel profil, la lumière couple de telle à telle longueur d'onde. Si nous poursuivons l'étirement, le profil change et la bande est déplacée. Donc, si pendant la fabrication du coupleur, le profil est tel que la longueur d'onde utilisée pour la fabrication n'est pas localisée dans la bande de couplage, le coefficient de couplage de l'histogramme restera à 0%. Par contre, au fur et à mesure que le coupleur est étiré, son profil change et la bande se déplace. A un moment donné, le profil devient tel que la bande de couplage finit par coïncider avec la longueur d'onde utilisée pour la fabrication du coupleur. Lorsque ceci arrive, l'histogramme commence à présenter un coefficient de couplage différent de 0%. Si l'étirement est poursuivi, la bande poursuit son déplacement et la longueur d'onde choisie pour la fabrication finie par sortir de la bande de couplage et le coefficient retourne de nouveau à 0%.

L'histogramme d'un "Tuned Port Coupler" se caractérise donc habituellement par la présence de quelques cycles seulement qui ne sont généralement pas situés en début d'histogramme, là où un coupleur ordinaire commencerait normalement à coupler. L'histogramme suivant est un histogramme typique d'un "Tuned Port Coupler":

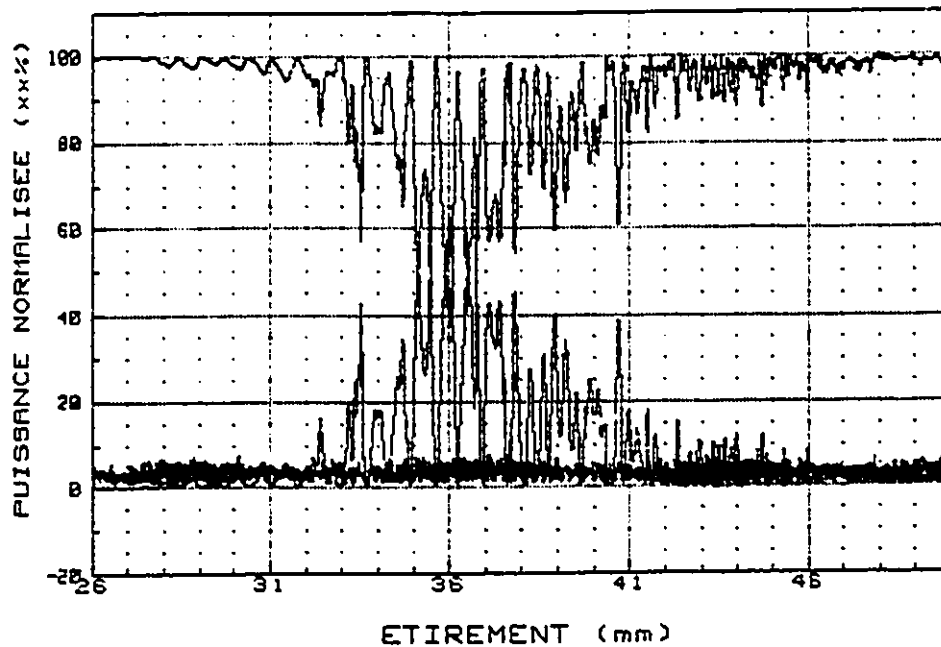


Fig. 6.28: Histogramme de fabrication d'un "Tuned Port Coupler"

Nous pouvons effectivement remarquer que le couplage est limité à quelques cycles seulement et que ces cycles sont situés assez loin dans l'histogramme.

Le couplage va rarement à 100% dans le cas de "Tuned Port Coupler" pour des raisons encore difficiles à identifier. Ici, le maximum est allé chercher un 60% environ. La fabrication de ce type de composant est présentement à l'étude et les résultats risquent d'être très intéressants.

\* \* \*

Dans ce qui suit, nous allons maintenant étudier certaines propriétés ou caractéristiques observées sur nos coupleurs.

PARTIE III: PROPRIETES PARTICULIERES

CHAPITRE 7: REPONSE DES COUPLEURS EN FLEXION

Nous allons maintenant présenter l'histogramme de coupleurs sur lesquels nous avons appliqué une flexion.

Selon le modèle, tout ce qui crée un déphasage entre les supermodes symétrique et antisymétrique lorsque la fabrication du coupleur est terminée est susceptible de modifier le coefficient de couplage. Il est clair que la flexion a sûrement un effet différent sur les deux supermodes puisque chacun d'eux a une constante de propagation différente (voir eq. 6.4 et 6.5 pour  $\Delta\beta$ ). Nous devrions donc être capable de modifier le coefficient de couplage en appliquant une flexion au coupleur [58.75].

Pour faire la flexion, nous avons utilisé l'expérience de flexion (appelée "torsion" dans le programme) qui ramène une vers l'autre les extrémités du coupleur ce qui crée l'effet désiré. L'histogramme suivant, nous présente l'évolution du coefficient de couplage en fonction du nombre de millimètres de compression.

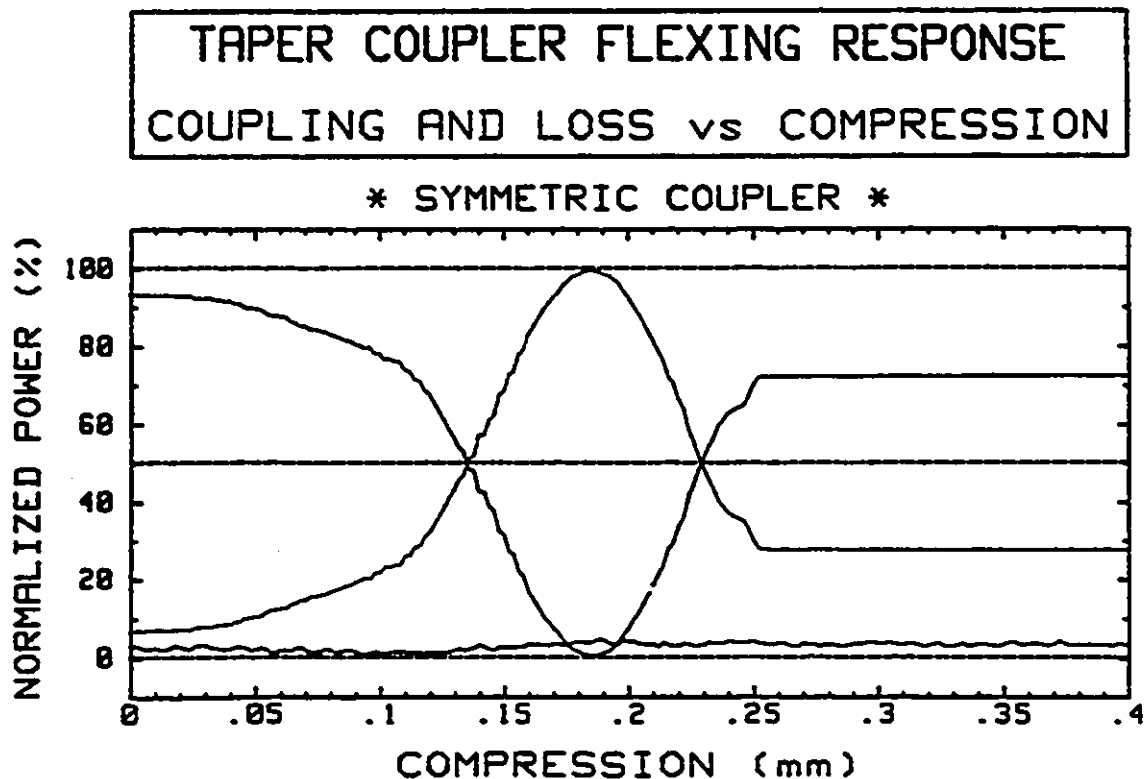


Fig. 7.1 : Réponse d'un coupleur symétrique soumis à une flexion

Le coupleur assujetti à cette compression était un coupleur symétrique et nous voyons qu'il a été possible de modifier le coefficient de couplage sur toute la zone désirée à savoir de 0 à 100%. Ceci constitue donc un excellent moyen pour finaliser l'ajustement du coefficient de couplage d'un coupleur à une valeur prédéterminée à l'avance lorsque la fabrication de celui-ci est terminée. De la même façon, un coupleur peut facilement être utilisé pour détecter de faibles mouvements ou déplacements avec une résolution supérieure à  $5\mu\text{m}$ . (Essais de contrainte et déformation par exemple).

On remarque qu'à partir de 0.25 mm de compression, le coefficient ne varie plus. Ceci est lié à la façon que le coupleur subit sa flexion. Dans ce cas-ci, à partir de 0.25 mm, le coupleur formait tranquillement un "loop" sans toutefois modifier son rayon de courbure ce qui ne causait pas de déphasage supplémentaire.

L'histogramme suivant présente la même expérience mais pratiquée cette fois-ci sur un coupleur asymétrique avec 20% d'asymétrie (le même qu'à la Fig. 6.19).

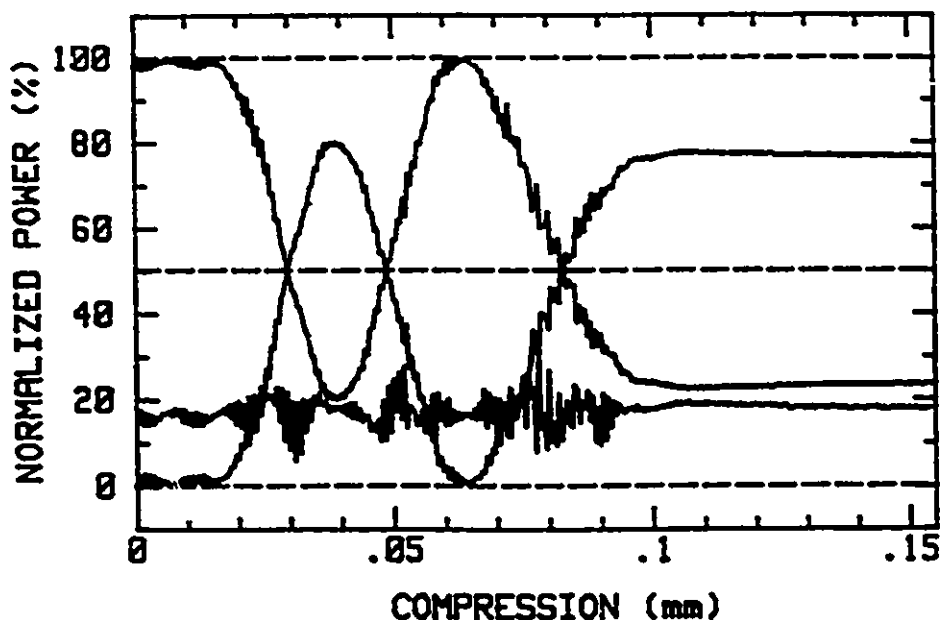


Fig. 7.2 : Réponse d'un coupleur asymétrique soumis à une flexion

L'observation à faire ici est que l'asymétrie est conservée même en flexion. En effet, le coefficient de couplage a varié très nettement mais entre 0 et 80% seulement.

### CHAPITRE 8: ARRET DE PROPAGATION DU SUPERMODE ANTISYMETRIQUE

Cette caractéristique a été observée pour la première fois sur nos coupleurs [30]. Son observation a été rendue possible grâce au contrôle très serré et à la grande précision fournis par le montage de fabrication car cette caractéristique ne se manifeste qu'aux conditions limites de l'étirement d'un coupleur.

Selon le modèle, quatre supermodes sont créés aux alentours de  $V_{co} \approx 1$ : les supermodes symétrique et antisymétrique pour chacun des deux axes principaux du coupleur. A partir de cette position, le coeur ne participe plus au guidage parce qu'il est rendu trop petit et la lumière est maintenant guidée par les enveloppes fusionnées qui constituent le superguide. Comme on l'a dit auparavant, le paramètre  $V$  représenté par  $V_{en}$  à partir de ce point, devient alors subitement très grand parce que c'est l'enveloppe avec son grand diamètre qui guide la lumière. Avec les paramètres de la page 96, lorsque  $V_{co} \approx 1$ ,  $V_{en}$  est en effet de l'ordre de 150. Je rappelle que  $V_{en}$  est donné par:

$$V_{en} = \frac{2\pi}{\lambda} r_{en} \sqrt{n_{en}^2 - n_{air}^2}$$

où  $r_{en}$  est le rayon de l'enveloppe de la fibre  
 $\lambda$  est la longueur d'onde dans le vide (=632.8nm)

Il est bon de noter que cette formule s'applique pour un guide circulaire seulement et que lorsque nous évaluons  $V_{en}$ , c'est pour une des deux fibres du coupleur et non pour le superguide comme tel qui a la forme d'un huit renversé.

Lorsque les quatre supermodes sont créés, nous commençons à observer les variations cycliques du coefficient de couplage comme sur tous les histogrammes déjà étudiés. Et, comme on l'a vu, si nous poursuivons l'étirement, la section transversale du coupleur diminue en dimension (en conservant toutefois la même forme) ce qui a pour conséquence de diminuer la période des

cycles du coefficient de couplage. Notons qu'au fur et à mesure que le coupleur est étiré et que son diamètre au "waist" (voir Fig. 6.2) est de plus en plus petit,  $V_{cn}$  diminue aussi nécessairement en même temps.

De 150 qu'il était au moment que la lumière commençait à coupler,  $V_{cn}$  peut devenir beaucoup plus petit si le coupleur est suffisamment étiré. Comme pour le cas des modes guidés par le coeur, il vient un moment où  $V_{cn}$  est suffisamment petit pour amener à leur tour les supermodes au "cutoff". Maintenant la valeur de  $V_{cn}$  pour laquelle le supermode antisymétrique d'abord et le supermode symétrique ensuite sont amenés au "cutoff", reste difficile à évaluer. Le supermode symétrique est sûrement amené au "cutoff" après le supermode antisymétrique parce que sa constante de propagation est supérieure et que, par sa symétrie, ce supermode est définitivement plus fondamental. De plus, logiquement, le supermode antisymétrique de l'axe  $\perp$  (voir figure 5.5) devrait être amené au "cutoff" avant l'axe  $\parallel$ , parce que le superguide est plus petit selon cet axe que selon l'axe  $\parallel$  et on sait que le "cutoff" est dû à une diminution du diamètre du coupleur (diminution de  $V_{cn}$ ). La même chose peut-être dite au sujet des supermodes symétriques selon les deux axes. Maintenant lequel entre le supermode symétrique de l'axe  $\perp$  et le supermode antisymétrique de l'axe  $\parallel$  est atténué en premier est plus difficile à savoir. Cela dépend de la géométrie de la section transversale du coupleur. Selon Love & Ankiewicz [76,77], les supermodes symétriques ne seraient jamais amenés au "cutoff" et leur propagation serait assurée jusqu'aux plus petits diamètres. Cela semble véridique puisque nos résultats sont en accord avec leur théorie comme on le verra un peu plus loin.

Ainsi, en première approximation, en se basant sur le modèle des guides circulaires [76], le "cutoff" de ces modes devrait survenir aux alentours de  $V_{cn}=1$  à  $V_{cn}=2$ . A  $V_{cn}=1.5$ , par exemple, le diamètre des enveloppes constituant le superguide, serait de  $0.29\mu\text{m}$ ; ce qui est très petit. Il faut donc s'attendre à avoir à

étirer un peu plus avant de pouvoir observer le "cutoff" des supermodes antisymétriques.

L'histogramme suivant montre le cas d'un coupleur compact et asymétrique (asymétrie de 15%). Cette courbe a été choisie parmi plusieurs autres parce que plusieurs observations peuvent être constatées à l'aide de la même courbe.

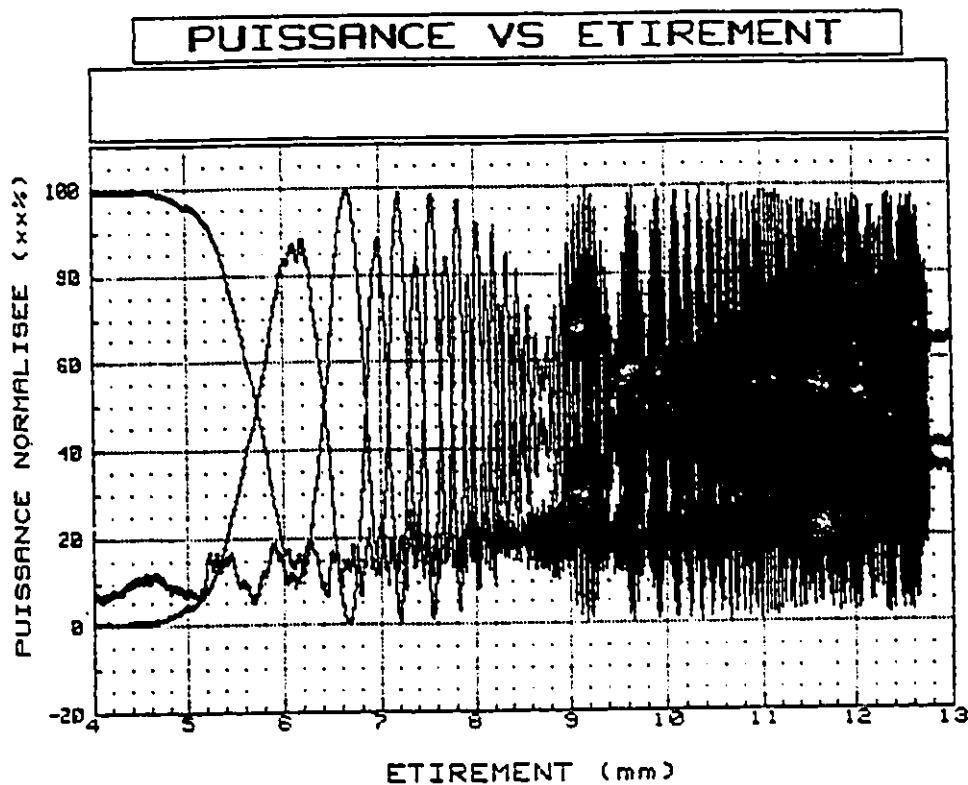


Fig. 8.1: Histogramme d'un coupleur compact et asymétrique présentant l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques

Pour plus de clarté, la figure 8.2 à la page suivante reprend la figure 8.1 mais en ne montrant que le coefficient de couplage comme tel.

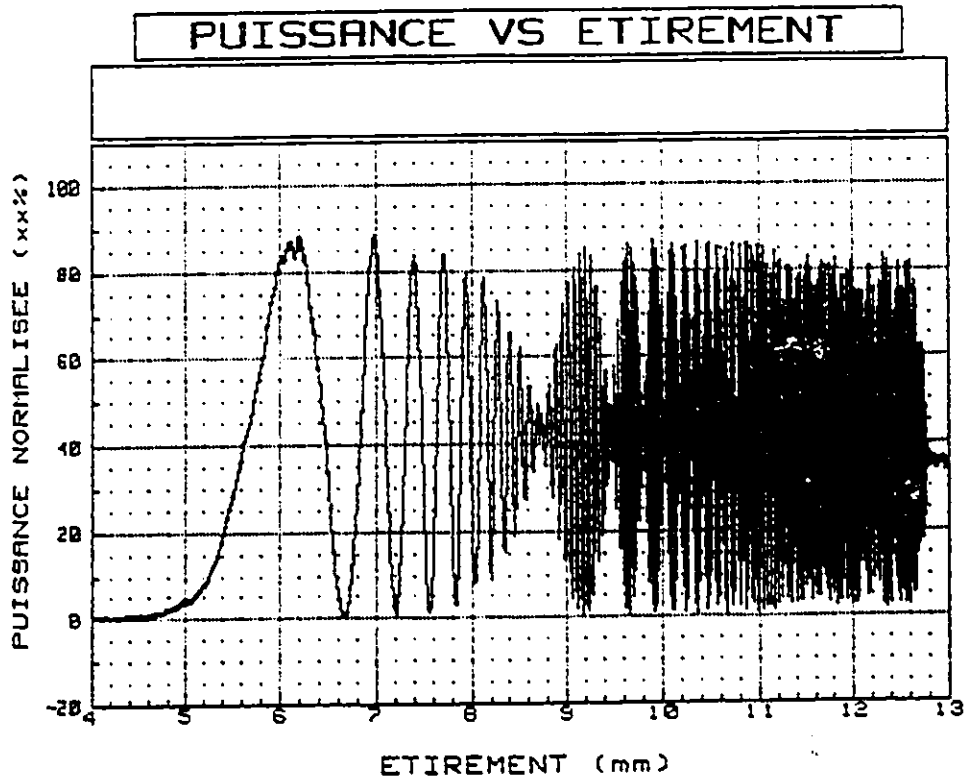


Fig. 8.2: Reprise de la figure 8.1 en conservant le coefficient de couplage seulement

Si on observe bien l'histogramme, jusqu'à 12.8 mm d'étirement, le coupleur semblait se comporter normalement, c'est-à-dire comme un coupleur compact asymétrique. Soudainement à partir de 12.8 mm, les cycles ont arrêté et les pertes ont grimpé à 40%. Nous avons alors arrêté la fabrication. L'histogramme suivant présente un agrandissement de 12.5 à 12.9 mm de l'histogramme précédent.

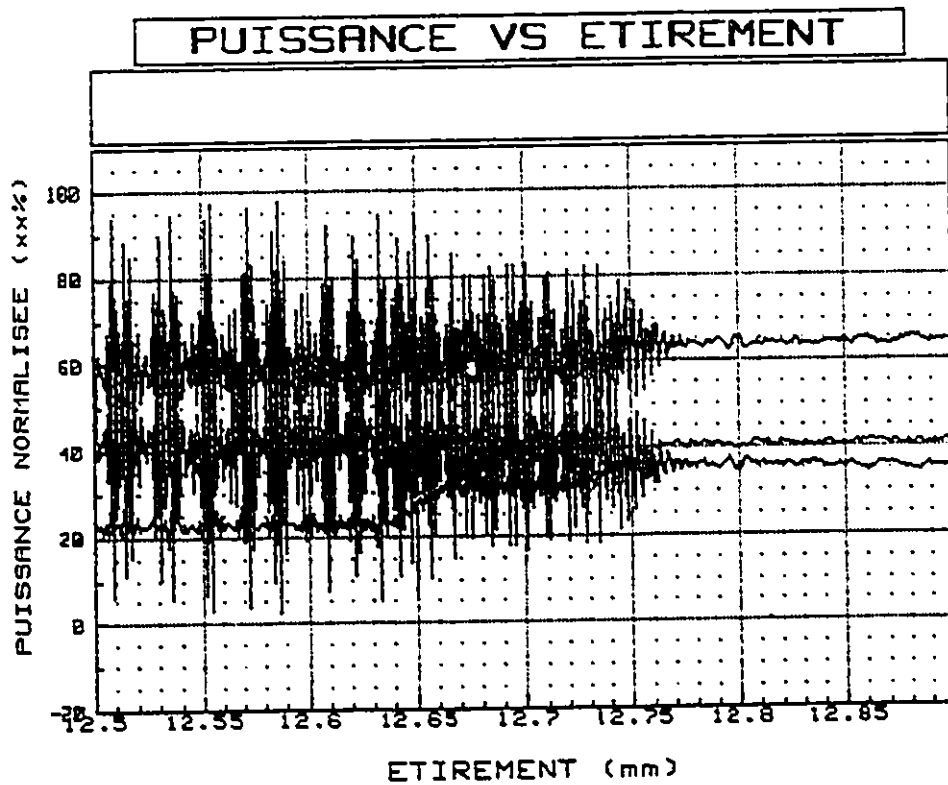


Fig. 8.3: Agrandissement permettant l'observation de l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques

Pour clarifier les courbes, vous trouverez aux deux pages suivantes, les trois courbes présentées séparément.

Courbe 1: Complément du coefficient de couplage.

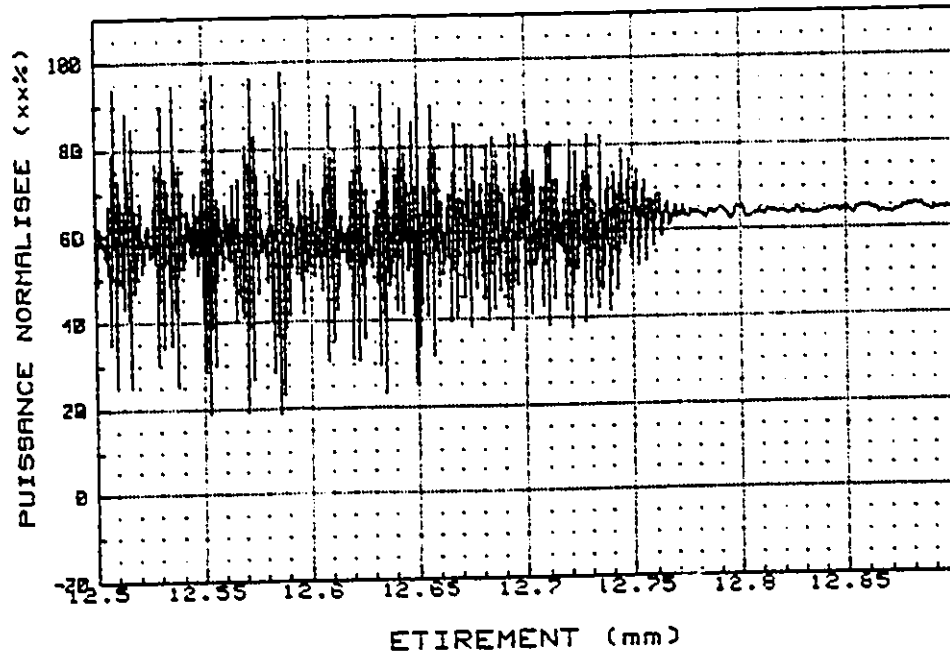


Fig. 8.4: Reprise du complément du coefficient de couplage de la figure 8.3

Courbe 2: Coefficient de couplage.

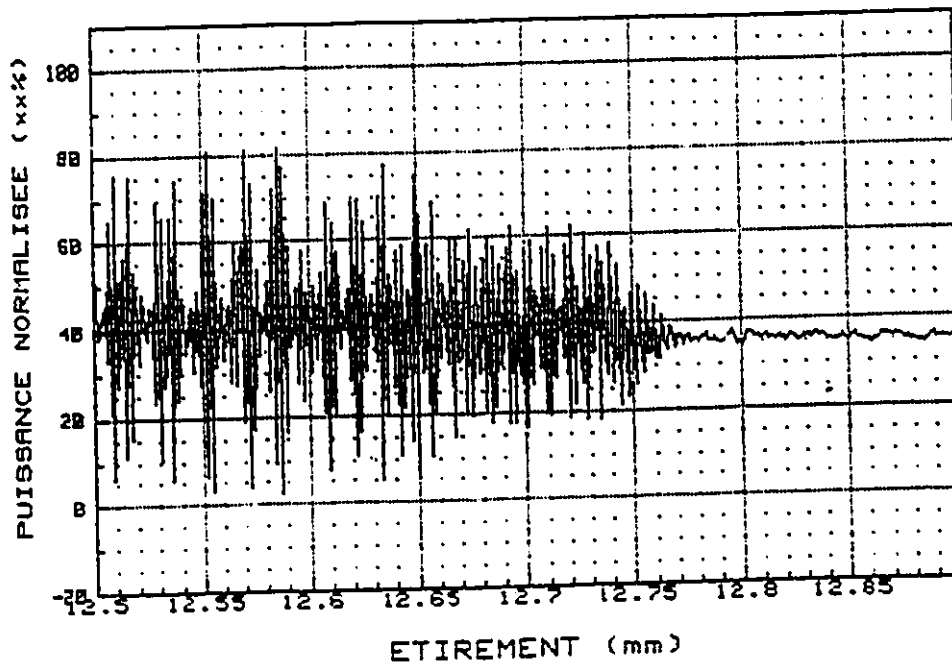


Fig. 8.5: Reprise du coefficient de couplage de la figure 8.3

Courbe 3: Pertes.

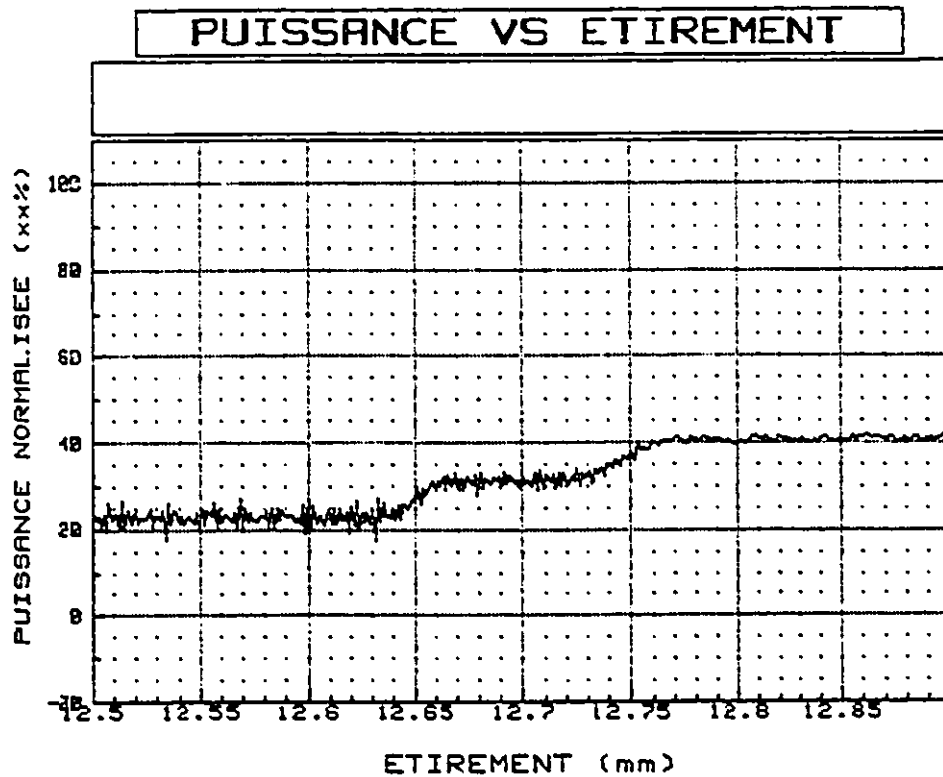


Fig. 8.6: Reprise des pertes de la figure 8.3

On remarque que l'histogramme semble se séparer en trois sections. La première section de 12.5 à 12.66 mm environ, présente un comportement tout à fait régulier de coupleur compact asymétrique avec une modulation de près de 100%. A 12.66 mm, les pertes augmentent d'un échelon de 20 à 30% et l'amplitude des cycles semble diminuer. De plus, la modulation a été fortement réduite.

Selon le modèle à quatre supermodes, cela correspondrait au "cutoff" du supermode antisymétrique de l'axe  $\perp$ . En effet, si ce supermode est coupé:

- a) la puissance optique correspondant à ce mode devrait être convertie en pertes;
- b) seuls les deux supermodes de l'axe  $\parallel$  batteraient ensemble causant des cycles sans modulation;

c) un niveau DC constant correspondant au supermode symétrique de l'axe  $\perp$  serait rajouté à chaque fibre diminuant ainsi l'amplitude d'oscillation du coefficient de couplage.

Nous voyons que ces trois conditions sont remplies, nous forçant à croire que le supermode antisymétrique de l'axe  $\perp$  a réellement été éliminé à 12.66 mm. Ainsi de 12.66 à 12.77 mm, nous sommes dans le régime à trois modes.

Maintenant à 12.77 mm, un autre saut de pertes est constaté de même que nous perdons toute variation du coefficient de couplage qui demeure constant à partir de ce point. Ceci pourrait être interprété comme étant le "cutoff" du second supermode antisymétrique; celui de l'axe  $\parallel$ . En effet, si seuls les supermodes symétriques demeurent, la puissance dans chaque branche devrait être constante car nous savons que ces supermodes n'interfèrent pas ensemble puisqu'ils sont associés à des axes orthogonaux. Donc, le coefficient de couplage devrait alors demeurer constant et c'est ce que nous observons. Ainsi de 12.77 à 12.9 mm, nous devrions être dans un régime à deux modes. Puisque, par la suite, nous n'avons observé aucune augmentation des pertes, cela indique que les supermodes symétriques n'ont pas été éliminés, ce qui est en accord avec les prédictions théoriques de Love et Ankiewicz [76].

Nous avons, de plus, évalué le diamètre du coupleur au "waist" à l'aide d'un microscope électronique et nous avons mesuré un diamètre selon l'axe  $\parallel$  de  $0.5 \mu\text{m}$  environ ce qui nous situerait théoriquement en deça du diamètre requis pour le "cutoff" des supermodes antisymétriques ( $2 \times 0.29 \mu\text{m} = 0.54 \mu\text{m}$ ), comme il se doit.

Quatre autres remarques peuvent finalement être faites.

1- Puisqu'initialement la modulation était de 100% environ, cela indique que la polarisation de la lumière à l'entrée du coupleur

était à  $45^\circ$  de chaque axe, impliquant une puissance répartie également entre les deux axes principaux du coupleur. Ceci peut être vérifié en partie puisque le saut des pertes associé au "cutoff" du supermode antisymétrique de l'axe  $\parallel$  est égale à celui causé par le "cutoff" du supermode antisymétrique de l'axe  $\perp$  (les deux sont de 10% environ).

2- Le degré d'asymétrie semble être conservé puisque le coefficient de couplage à la fin est de 35% ce qui indique qu'un 15% de lumière est demeuré constamment dans la fibre principale et ce nombre correspond exactement au degré d'asymétrie observé au début du coupleur (couplage de 0 à 85%).

Néanmoins, si le coupleur n'était pas asymétrique originalement, et si les deux supermodes antisymétriques étaient amenés au "cutoff", alors toute la lumière devrait alors être répartie également entre les deux fibres par les deux supermodes symétriques présents à la fin de l'étirement ce qui devrait causer un coefficient de couplage constant situé aux alentours de 50%. Les pertes devraient alors monter aussi aux alentours de 50% aussi. C'est le cas de l'histogramme de la page suivante dont la fin seulement est présentée en version agrandie.

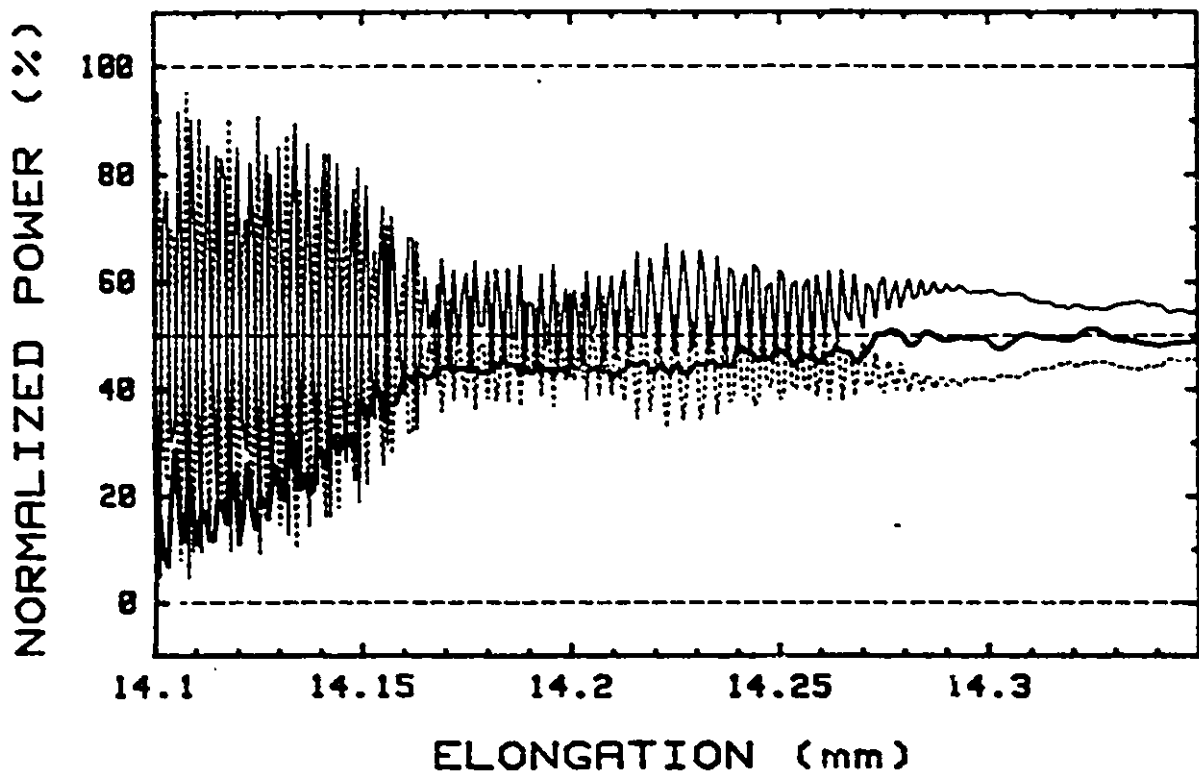


Fig. 8.7: Observation de l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques d'un coupleur symétrique

Si on observe bien, on note la présence des trois mêmes sections que celles présentées à l'histogramme précédent. (De 14.1 à 14.17 mm, de 14.17 à 14.27 mm et de 14.27 à 14.35 mm). La hauteur relative des deux sauts des pertes (environ de 30% et 6% respectivement) indique que la puissance associée aux supermodes de l'axe  $\perp$  était plus élevée que pour les supermodes selon l'axe  $\parallel$  ce qui propose que l'orientation de la lumière polarisée devait être plus près de l'axe  $\perp$ . Enfin, nous observons, comme prévu, des pertes à 50% à la fin, de même qu'un coefficient de couplage à près de 50%.

3- Un coupleur amené au "cutoff" peut avoir plusieurs utilités bien qu'il soit quelque peu fragile et que ses pertes sont près de 50% en général. En voici deux exemples importants.

i) Tel qu'on l'a vu au chapitre 1, beaucoup de filtres et autres composants sont basés sur l'utilisation de coupleur à 50%. Ce type de coupleur a justement la particularité de pouvoir être constant à 50% sur une très grande largeur de bande utilisable (voir Fig. 1.4 et Fig. 9.3) ce qui lui donne un atout très avantageux.

ii) Ce type de coupleur peut aussi être utilisé comme un analyseur de phase de la lumière ou encore comme un convertisseur de phase à intensité. Ce dispositif est particulier parce qu'il ne fait pas intervenir de phénomène d'interférence. Son fonctionnement est très simple. Si de la lumière est envoyée dans les deux branches d'un coupleur amené au "cutoff" des supermodes antisymétriques et que les deux faisceaux de lumière sont en phase, alors seuls les supermodes symétriques seront excités et puisque ces supermodes ne sont pas atténués par le coupleur, alors une perte nominale de 0% sera enregistrée. Si, à l'opposé, les deux faisceaux de lumière sont déphasés de  $180^\circ$ , alors seuls les supermodes antisymétriques seront excités et puisque ces modes sont complètement atténués par le coupleur, aucune lumière ne passera et des pertes de 100% seront enregistrées. Il est donc possible d'évaluer la phase d'un faisceau de lumière inconnu à l'aide d'un faisceau de référence dont la phase est connue. Ce dispositif est bien illustré par la figure à la page suivante.

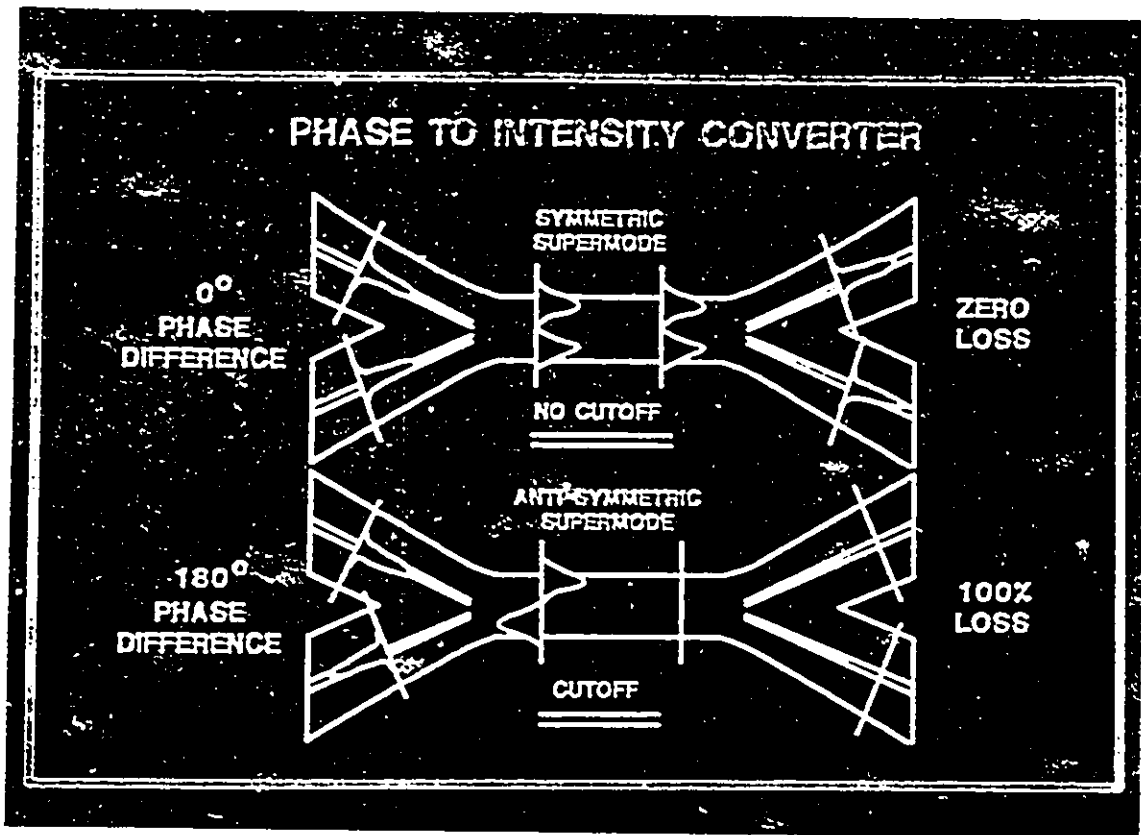


Fig. 8.8: Convertisseur de la phase à intensité

4- Finalement, une expérience de flexion a été pratiquée sur un coupleur amené au "cutoff" des supermodes antisymétriques et comme prévu, la flexion n'a induite aucune variation du coefficient de couplage et des pertes, puisque, pour observer des variations, il faut induire un déphasage entre les supermodes symétriques et antisymétriques mais ces derniers ont été éliminés donc la flexion laisse le coefficient de couplage inchangée.

\* \* \*

A la prochaine section, un survol rapide du comportement des coupleurs en longueur d'onde sera effectué.

CHAPITRE 9: ANALYSE SPECTRALE DES COUPLEURS

Comme on l'a dit au chapitre 3 traitant du modèle, les constantes de propagation des supermodes varient avec la longueur d'onde. Maintenant, si les variations absolues des constantes de propagation ne sont pas exactement identiques, nous devrions alors observer des fluctuations dans le coefficient de couplage en modifiant la longueur d'onde utilisée [79-80]. De plus, si l'écart entre les constantes de propagation des supermodes symétrique et antisymétrique pour chaque axe,  $(\beta_{\text{ev}} - \beta_{\text{en}})$ , varie linéairement avec la longueur d'onde, nous devrions alors observer des cycles à périodes constantes avec une modulation superposée aux cycles dont l'amplitude dépend, de la même façon qu'auparavant, de la proportion de la puissance optique associée à chaque axe principal du coupleur. Le nombre de cycles du coefficient de couplage par cycle de modulation dépend de la façon dont  $(\beta_{\text{ev}} - \beta_{\text{en}})_{\parallel}$  et  $(\beta_{\text{ev}} - \beta_{\text{en}})_{\perp}$  varient avec la longueur d'onde. Si les deux varient à peu près de la même façon, il y aura alors beaucoup de cycles par cycle de modulation. Au contraire, si les deux varient de façon très différente, alors il y aura peu de cycles par cycle de modulation. C'est le phénomène classique de modulation en amplitude. De façon mathématique, si

$$\begin{aligned} [\beta_{\text{ev}_{\parallel}}(\lambda) - \beta_{\text{en}_{\parallel}}(\lambda)] &= m_1\lambda + b_1 & \text{et} \\ [\beta_{\text{ev}_{\perp}}(\lambda) - \beta_{\text{en}_{\perp}}(\lambda)] &= m_2\lambda + b_2 \end{aligned}$$

et si  $m_1 \approx m_2$ , alors l'enveloppe comportera plusieurs cycles et si  $m_1 \neq m_2$ , alors l'enveloppe comportera peu de cycles.

La figure suivante nous donne la variation du coefficient de couplage en fonction de la longueur d'onde pour un coupleur qui présentait environ 1000 cycles pendant sa fabrication à 632.8 nm. La raie d'un laser à helium-néon située à 632.8 nm sert à donner un aperçu de la résolution du spectromètre utilisé.

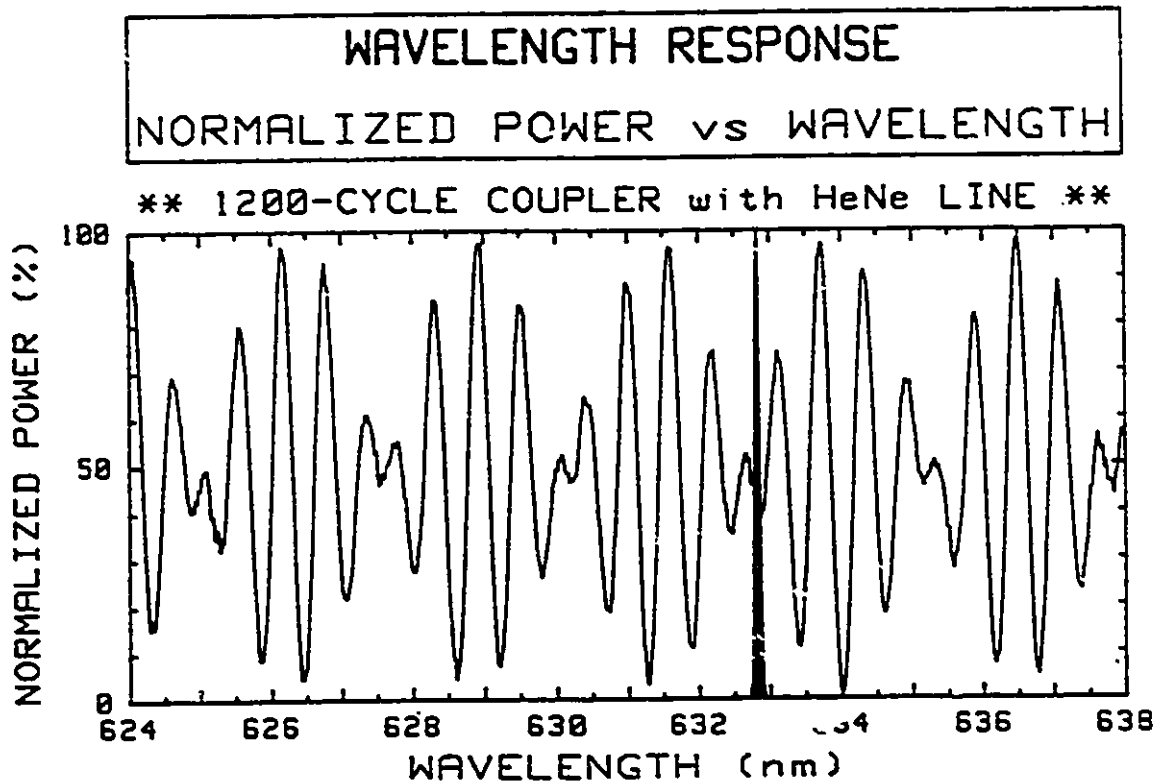


Fig. 9.1: Variation du coefficient de couplage en fonction de la longueur d'onde

Comme on peut le constater, la période des cycles est très petite sur ce spectre (environ 0.6 nm) et semble relativement constante ce qui indiquerait que la variation des constantes de propagation semble être linéaire tel qu'expliqué plus haut. En fait, si on examine le spectre sur une grande plage, on constate une progression lente mais uniforme de la période allant en s'accroissant avec la longueur d'onde. Bulushev et al. [21] ont établie une relation empirique simple entre le nombre total de cycles du coupleur  $N$  et  $\lambda/\Delta\lambda$  où  $\Delta\lambda$  n'est pas ici la période des cycles mais plutôt la demi-période. Cette relation est présentée à la figure suivante.

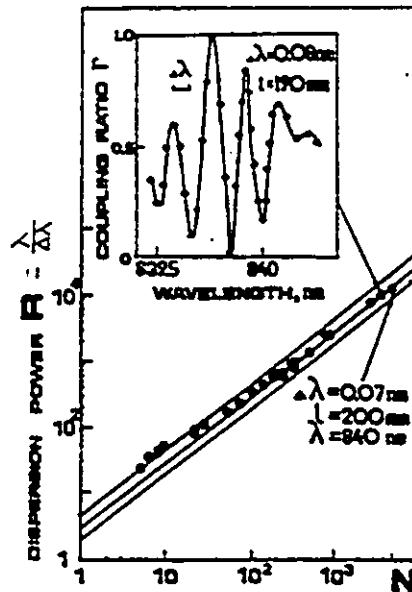


Fig. 9.2: Relation empirique entre le coefficient  $\lambda/\Delta\lambda$  et  $N$ , le nombre de cycles d'un coupleur (d'après Bulushev [21])

Selon cette courbe, nous aurions  $N \approx \lambda / \Delta\lambda^*$  où  $\Delta\lambda^*$  serait cette fois-ci, la vraie période des cycles. Nous avons eu l'occasion de vérifier cette relation et dans une première approximation, elle semble correspondre assez bien à la réalité ( $630/0.6 = 1050$  cycles). Pour être plus précis dans certaines situations et pour tenir compte du type de coupleurs (compact, adiabatique, etc.), un nombre de cycles normalisé  $n$  défini par  $n=N/L$  où  $L$  est la longueur du coupleur et  $N$  le nombre total de cycles serait parfois mieux adapté à la situation. En effet, lorsque, par exemple, un coupleur est inséré dans une chambre à pression pour l'application d'une pression hydrostatique externe [59], (situation pour laquelle le diamètre du coupleur au "waist" semble important), un coupleur compact de 1000 cycles étiré de 15 mm se comporterait très différemment d'un coupleur adiabatique qui, pour un même nombre de cycles, serait rendu à 40 ou 50 mm d'étirement. En fait, le coupleur compact avec ce genre de caractéristique serait déjà rendu très près du "cutoff" du supermode antisymétrique avec un très petit diamètre au "waist" alors que le coupleur adiabatique en serait encore loin avec un diamètre des dizaines de fois plus grand.

La période la plus petite que nous ayons pu observer sur nos coupleurs est de l'ordre de 0.1 nm. Ceci est, à notre connaissance, la plus petite période jamais publiée pour un coupleur. Notons néanmoins, que nous avons été suivis d'assez près par le groupe de Bulushev et al. [21] qui, un an après nous, ont fabriqué un coupleur avec une période de 0.14 nm.

L'avantage d'avoir des cycles de courte période se manifeste surtout lorsque le coupleur est utilisé comme multi/démulti-plexeur en longueur d'onde. Il est alors possible de réunir/séparer deux longueurs d'onde très rapprochées l'une de l'autre. Par exemple, si un faisceau à 633.7 nm et un autre à 634.0 nm sont envoyés ensemble dans la fibre principale du coupleur de la Fig. 9.1, alors on voit que celui à 633.7 nm sera totalement transféré dans la fibre secondaire (couplage de 100%) alors que celui à 634.0 nm demeurera entièrement dans la fibre principale (couplage de 0%). Les deux longueurs d'onde sont ainsi séparées.

Il existe plusieurs façons de créer un déphasage latéral de la réponse en longueur d'onde d'un coupleur de telle sorte à accommoder deux longueurs d'onde particulières. Sans entrer dans les détails, on peut imposer une flexion au coupleur [78], le mettre dans un contenant scellé dans lequel on peut varier la pression ambiante [59], l'entourer d'une solution d'indice de réfraction pouvant être ajusté chimiquement à une valeur connue, etc.

Finalement, nous observons que la modulation des cycles à la Fig. 9.1 est à 100%. Ceci est observé sur tous nos spectres et on peut l'expliquer par le fait qu'une lampe à filament de tungstène non polarisée est utilisée comme source à large bande pour notre spectromètre. En effet, ceci implique que les puissances optiques associées aux deux axes principaux du coupleur sont égales. Selon le modèle modifié au chapitre 5, lorsque les deux axes sont également excités, la modulation passe à 100%.

Maintenant, le "cutoff" progressif des supermodes peut aussi être observé sur le spectre en longueur d'onde. Le spectre suivant nous en donne un très bel exemple.

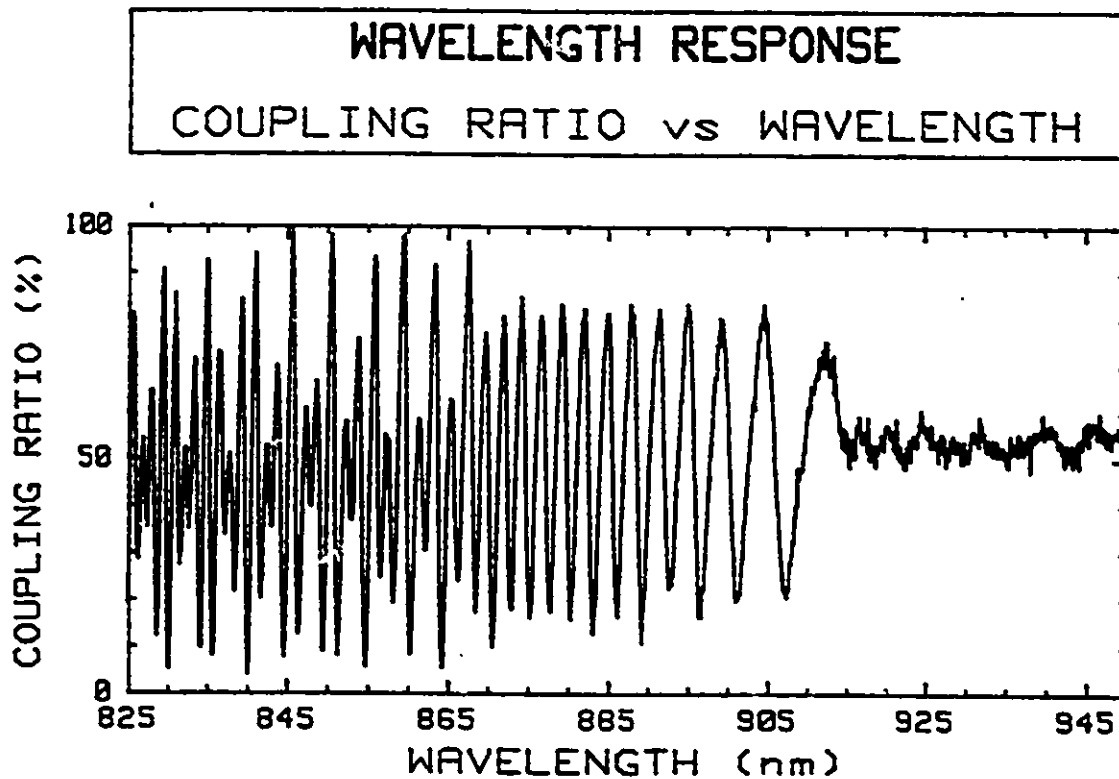


Fig. 9.3: Observation de l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques sur la réponse d'un coupleur en longueur d'onde

A remarquer les trois sections typiquement observées sur nos histogrammes (voir chap. 8). Sans revenir trop dans les détails de 825 à 867 nm environ, nous sommes dans un régime à quatre supermodes, à 867 nm le supermode antisymétrique de l'axe  $\perp$  est éliminé pour entrer dans un régime à trois supermodes jusqu'à 910 nm. A cette longueur d'onde, le second supermode antisymétrique est à son tour éliminé et nous terminons dans un régime à deux supermodes symétriques avec un coefficient de couplage final de 50% comme il se doit. Bulushev et al. [10] ont publié par la suite deux beaux exemples démontrant le "cutoff" des supermodes antisymétriques pour chaque axe principal du coupleur étudié séparément.

Notons enfin la caractéristique très intéressante annoncée au chapitre précédent: ce coupleur présente un coefficient de couplage constant et à 50% pour une grande largeur de bande ce qui le rend très avantageux pour la fabrication de filtre et autres composants à fibres optiques qui exigent l'utilisation de coupleur à 50% avec la plus grande largeur de bande possible.

\* \* \*

Ceci termine l'analyse des coupleurs. A la prochaine partie, nous discuterons des améliorations possibles et des travaux en cours suivis de la conclusion.

PARTIE IV: COMPTE RENDU ET CONCLUSION

## CHAPITRE 10: TRAVAUX EN COURS, AMELIORATIONS POSSIBLES ET PROJETS A VENIR

Comme vous avez pu le constater, beaucoup de travaux sont présentement en cours avec le montage. Que ce soit pour l'amélioration de certains aspects faibles du montage, pour l'essai de nouvelles expériences, pour l'intégration de nouvelles pièces mécaniques, pour l'amélioration du programme ou pour l'utilisation de nouvelles techniques, un projet comme celui-ci n'est jamais tout à fait terminé. C'est pourquoi, il faut toujours concevoir les choses de façon à pouvoir les modifier facilement.

Pour ne donner qu'un aperçu, voici une liste brève des travaux en cours:

- Identification d'une procédure d'installation des fibres sur les supports assurant, à tout coup, une tension égale dans les deux fibres. Si possible, le processus d'égalisation des tensions devrait se faire sans intervention humaine (voir section 4.2: Support et maintien des fibres).
- Implémentation d'une procédure visant à arrêter la fabrication du coupleur à un coefficient de couplage donné après un nombre prédéterminé de cycles (voir section 4.7: Processus de fabrication, option "X").
- Remplacement des voltmètres utilisés pour la lecture des puissances optiques à chacune des sorties du coupleur par un voltmètre ultra-rapide à sept canaux installé directement dans l'ordinateur sans interface (voir section 4.5: Photodétection).
- Mise à l'essai d'un support auxiliaire entre les supports à succion servant à limiter à quelques centimètres la longueur de fibre dégainée pour faciliter l'empaquetage et pour éviter l'affaissement des fibres lorsque la torche est approchée pour la fusion (voir chapitre 4: Longueur de fibre nécessaire).

- Fabrication et analyse du comportement des "Lateral Splices" et des "Tuned Port Couplers" (section 6.3.1) et d'interféromètres compacts de type mach-zehnder à fibres dissimilaires.

- Projet d'étude numérique utilisant le "BPM" (Beam Propagation Method) pour la modélisation numérique de coupleurs à fibres optiques dissimilaires dans le but d'étudier, entre autres, les "Lateral Splices" et les "Tuned Port Couplers" (voir Section 6.3.1 "Lateral Splices et Tuned Port Couplers" et ref. [12] pour l'application de la méthode du BPM sur des coupleurs à fibres identiques).

- Utilisation de lasers avec des longueurs d'onde autre que 633 nm dans le but de fabriquer des coupleurs avec des conditions qui se rapprochent plus des conditions normales d'utilisation des fibres optiques. A cette fin, nous avons un laser à semi-conducteur GaAs à 0.78 $\mu$ m, un YAG à 1.32 $\mu$ m pompé par diode laser et un He-Ne à 1.55 $\mu$ m.

De plus, d'autres études ont été faites à l'aide du montage et d'autres caractéristiques ont été observées. Ces sujets n'ont pas été présentés ici dans le but de diminuer l'ampleur de la thèse ou parce que le sujet n'était pas directement lié au thème développé ici. Voici certains de ces projets ou études.

- Fabrication, analyse et étude du comportement des "tapers" (une seule fibre étirée).

- Réponse des coupleurs sous l'application d'une pression hydrostatique et comportement en longueur d'onde à différentes pressions (résultats publiés, ref. [59]).

Finalement, le montage a encore plusieurs possibilités non encore explorées, et certains projets sont prévus pour bientôt. Par exemple:

- Identification et mise en opération d'une technique d'emballage simple, rapide et efficace.
- Fabrication et analyse de coupleurs à trois fibres et à cinq fibres.
- Intégration au montage d'un système de spectroscopie optique à balayage rapide. Le système utilisé actuellement est séparé du montage et pour l'utiliser, nous devons enlever le coupleur de ses supports pour le réinstaller ailleurs en vue de l'analyser en longueur d'onde ce qui comporte des risques de le briser. L'utilisation d'un spectromètre intégré au montage comporterait aussi l'énorme avantage de pouvoir débiter la fabrication du coupleur et lorsqu'on le désirerait, on arrêterait l'étirement temporairement (option "S"), on ferait un balayage en longueur d'onde et si la réponse en longueur d'onde obtenue nous satisfait, alors on arrête tout simplement l'étirement (option "T" ou "X") sinon, on le poursuit (option "C").

Nous voyons que ce n'est pas le pain sur la planche qui manque et qu'il y a encore beaucoup de travail à faire et de nouvelles expériences à essayer.

### CONCLUSION

Les coupleurs à fibres optiques ont un rôle clef à jouer dans la réalisation de la majorité des réseaux de communication par fibre optique. Dû à la demande de plus en plus grandissante face à un marché en pleine expansion, la réalisation d'un appareil assisté par ordinateur pour la fabrication de coupleurs à fibres optiques monomodes représente alors un outil de grande utilité et économiquement très favorable. Mais mieux que cela, s'il est utilisé à des fins de recherche appliquée, il peut alors contribuer grandement à mieux comprendre les mécanismes impliqués et, par le fait même, permettre la fabrication de coupleurs de plus en plus performants. L'identification de nouvelles avenues non encore explorées, devient alors possibles si l'appareil est suffisamment polyvalent et précis.

Encouragés par ces faits et constatant l'absence d'un tel système à des fins exploratoires, nous avons entrepris ce projet pour tout d'abord en démontrer la faisabilité et pour ensuite l'utiliser à nos propres fins d'avancement de la connaissance dans ce domaine.

Cette thèse décrit donc le premier système de fabrication assisté par ordinateur de coupleurs à fibres optiques monomodes fusionnées présentant l'évolution du coefficient de couplage pendant la fabrication du coupleur. Plusieurs caractéristiques du montage ont particulièrement contribué à la qualité des coupleurs que nous avons fabriqués avec le montage, notons entre autres:

- Etirement forcé symétriquement par des moteurs DC de haute précision
- Positionnement des fibres à l'horizontale
- Chauffage direct par une micro-torche alimentée en hydrogène et en oxygène
- Fibres placées côte à côte et non torsadées soutenues par des supports à succion

Les premiers histographes de fabrication que nous avons étudiés vinrent confirmer la validité du modèle très simple basé sur la propagation des supermodes symétrique et antisymétrique dans la zone de battement du coupleur, proposé initialement par Bures et al. [4]. Mais certains éléments suggérés par nos résultats ont dû être rajoutés au modèle. Notons principalement la coexistence de ces supermodes pour chacun des deux axes principaux de polarisation du coupleur manifestée par la présence d'une enveloppe de modulation inexpliquée par le modèle original. Nous avons vu que la profondeur de modulation n'est pas une caractéristique du coupleur mais dépend plutôt de l'orientation de la lumière polarisée à l'entrée du coupleur. Si la fabrication du coupleur est arrêté au bon endroit, nous avons alors remarqué qu'il était possible de fabriquer des coupleurs servant à séparer les deux polarisations (creux d'enveloppe) ou encore, qu'il était possible de les rendre totalement insensibles à la polarisation de la lumière (ventre d'enveloppe).

Nous avons ensuite identifié quatre catégories de coupleurs: les coupleurs compacts et les coupleurs adiabatiques qui peuvent être à la fois soit symétriques ou asymétriques.

Comme on a pu le constater, la distinction entre les coupleurs compacts et les coupleurs adiabatiques est le plus manifeste par l'étude du critère d'adiabaticité reliant l'angle des épaules du coupleur aux pertes associées par conversion de modes. Les coupleurs adiabatiques ont des angles d'épaules en moyenne deux fois plus faibles que pour les coupleurs compacts ce qui donne lieu à des pertes quatre fois moindres ( $\approx 2.5\%$  ou  $0.12\text{db}$ ). La méthode du chauffage à balayage a été spécialement développée pour la fabrication de ce type de coupleurs.

De son côté, l'asymétrie d'un coupleur s'observe par la présence d'un certain pourcentage de lumière qui n'est jamais transférée à la fibre secondaire.

Deux méthodes ont été identifiées pour contrôler le degré d'asymétrie:

- Attaque chimique au préalable d'une des deux fibres diminuant de la sorte son diamètre extérieur initial. Plus la différence de diamètre entre les deux fibres est grande, plus l'asymétrie est élevée.
- Variation du degré de fusion de fibres ayant des diamètres différents au préalable. Plus les fibres sont fusionnées fortement, plus le degré d'asymétrie en est diminué.

Comme on l'a vu, les coupleurs asymétriques sont surtout très utiles pour la fabrication de coupleurs à coefficient de couplage constant sur de grandes largeurs de bandes.

D'un autre aspect plus pratique, la capacité de modifier le coefficient de couplage d'un coupleur après sa fabrication est un atout très intéressant. Pour s'acquitter de cette tâche, nous avons développé une technique qui consiste à imposer une flexion au coupleur. Cette technique s'est avérée très efficace et facile à implémenter avec le montage.

Finalement, les capacités du système de fabrication ont été mises à l'épreuve pour permettre l'observation pour la première fois de l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques. Ce phénomène fut observé très clairement sur plusieurs de nos coupleurs pendant la fabrication et lors d'analyses spectrales et cela nous a permis de vérifier de nouveaux éléments de théorie.

La fabrication de coupleurs avec un grand nombre de cycles n'est pas seulement utile pour l'observation de l'arrêt de propagation des supermodes antisymétriques. En effet, nous avons vu que plus le nombre de cycles pendant la fabrication est élevé, plus la période des cycles en longueur d'onde est courte, ce qui est très important pour la fabrication de multiplexeur en longueur d'onde. Nos meilleurs résultats dans ce domaine font état de périodes allant jusqu'à 0.1 nm permettant le démultiplexage de deux

longueurs d'onde espacées de 0.05 nm seulement ce qui est, à notre connaissance, une marque imbattue jusqu'à présent.

La conception de ce système ne fut pas une tâche facile. Lorsqu'on s'y embarque, on ne sait pas quand on en ressort, si toutefois on en ressort. Les efforts supplémentaires fournis pour la conception d'un système très polyvalent fournissant un contrôle très serré sur chaque manipulation furent très bien récompensés. Les résultats obtenus furent d'une qualité plutôt surprenante et la polyvalence du système nous a permis d'investiguer certains comportements et caractéristiques jusque là incompris ou inconnus.

Comme on le voit, il arrive souvent que la pratique précède la théorie. Ce cas-ci en est un bel exemple. L'établissement d'un modèle théorique acceptable est une tâche vraiment difficile et doit être fait étape par étape avec l'entremise de vérifications expérimentales. De plus, il arrive parfois, comme ce fut le cas ici, que les résultats expérimentaux suggèrent eux-mêmes de nouvelles théories ou encore permettent d'en modifier le contenu.

Enfin, depuis la publication de nos premiers résultats, beaucoup de groupes ont emboîté le pas; surtout des compagnies du secteur privé et on comprend pourquoi (\$\$\$). N'échappant pas à la règle, notre propre système fait d'ailleurs l'objet d'un transfert de technologie avec la compagnie canadienne CANSTAR LTD spécialisée dans la fabrication de coupleurs. Pour les administrateurs et les parrains du projet, cela constitue en soi une mission accomplie et quant à nous, ce système a déjà porté fruit par la génération de plusieurs publications scientifiques et, au nom de l'avancement de la science, nous poursuivons l'exploration des capacités du montage pour l'identification de nouvelles avenues.

PUBLICATIONS GENEREES PAR LE PROJET

- 1 - F. Bilodeau, S. Faucher, K.O. Hill, D.C. Johnson, "Wavelength, polarization and mechanical properties of compact, low-loss fused fiber beams plitters: fabrication and overcoupled operation in many orders", Proc. ECOC'86, Barcelona, Spain, September 1986, pp. 129-132.
- 2 - K.O. Hill, D.C. Johnson, F. Bilodeau, S. Faucher, "Fuse-Pull-and-Taper Monomode-Fiber Directional Couplers: Coupling Mechanisms and Pull Signature Diagnostics", Proc. OFC/IOOC'87, Reno, Nevada, January 1987.
- 3 - S. Faucher, K.O. Hill, F. Bilodeau, D.C. Johnson, "Automated Fabrication of customized compact multi-cycle directional taper couplers", Proc. ICO-14, Quebec, Canada, August 1987, pp. 325-326.
- 4 - F. Bilodeau, K.O. Hill, D.C. Johnson, S. Faucher, "Compact, low-loss, fused biconical taper couplers: overcoupled operation and antisymmetric supermode cutoff", Optics Letters, August 1987, vol. 12, no. 8, pp. 634-636.
- 5 - F. Bilodeau, K.O. Hill, S. Faucher, D.C. Johnson, "Low-loss highly overcoupled fused couplers: Fabrication and sensitivity to external pressure", Proc. OFS'88, New Orleans, January 1988.
- 6 - F. Bilodeau, D.C. Johnson, S. Faucher, K.O. Hill, "Monomode fiber fused taper couplers: Applications as sensors, tunable filters and lateral splices", Proc. O-E Fiber LASE'88, Boston, September 1988.
- 7 - F. Bilodeau, K.O. Hill, S. Faucher, D.C. Johnson, "Low-loss highly overcoupled fused couplers: fabrication and sensitivity to external pressure", Journal of Lightwave Technology, October 1988, vol. 6, no. 10, pp. 1476-1482.

BIBLIOGRAPHIE

- [ 1 ] K.O. Hill, D.C. Johnson, F. Bilodeau, S. Faucher, "Narrow-Bandwidth Optical Waveguide Transmission Filters", Electronics Letters, 23rd April 1987, vol. 23, no. 9, pp. 465-466.
- [ 2 ] D.C. Johnson, K.O. Hill, F. Bilodeau, S. Faucher, "New Design Concept for a Narrowband Wavelength-selective Optical Tap and Combiner", Electronics Letters, 18th June 1987, vol. 23, no. 13, pp. 668-669.
- [ 3 ] B.S. Kawasaki, K.O. Hill, "Low-Loss Access Coupler for Multimode Optical Fiber Distribution Networks", Appl. Optics, vol. 16, pp. 1794-1795, 1977.
- [ 4 ] J. Bures, S. Lacroix, J. Lapierre, "Analyse d'un coupleur bidirectionnel à fibres optiques monomodes fusionnées", Applied Optics, vol. 22, no. 12, 15 June 1983, pp. 1918-1922.
- [ 5 ] J. Bures, S. Lacroix, C. Veilleux, J. Lapierre, "Some particular properties of monomode fused fiber couplers", Applied Optics, vol. 23, no. 7, 1 April 1984, pp. 968-969.
- [ 6 ] F.P. Payne, C.D. Hussey, M.S. Yataki, "Modelling Fused Single-Mode-Fibre Couplers", Electronics Letters, 23rd May 1985, vol. 21, no. 11, pp. 461-462.
- [ 7 ] A.W. Snyder, X.H. Zheng, "Fused Couplers of Arbitrary cross-section", Electronics Letters, 7th November 1985, vol. 21, no. 23, pp. 1079-1080.
- [ 8 ] W.K. Burns, M. Abebe, C.A. Villarruel, "Parabolic model for shape of fiber taper", Applied Optics, 1 September 1985, vol. 24, no. 17, pp. 2753-2755.
- [ 9 ] W.K. Burns, M. Abebe, "Coupling model for fused fiber couplers with parabolic taper shape", Applied Optics, 1 October 1987, vol. 26, no. 19, pp. 4190-4192.
- [10] A.G. Bulushev, E.M. Dianov, O.G. Okhotnikov, "Propagation of radiation in two identical coupled waveguides", Sov. J. Quantum Electron, 18(7), July 1988, pp. 900-905.
- [11] A. Ankiewicz, A.W. Snyder, X.H. Zheng, "Coupling Between Parallel Optical Fiber Cores - Critical Examination", Journal of Lightwave Technology, vol. LT-4, no. 9, September 1986, pp. 1317-1323.

- [12] P. Maczmariski, P. Lagasse, J. Vandewege, "Propagating-beam model for a single-mode-fiber fused coupler", IEE Proceedings, vol. 134, Pt.J., no. 2, April 1987, pp. 111-116.
- [13] B. Lamouroux, B. Prade, "Modélisation par méthode de propagation de faisceau à partir d'un coupleur à champ évanescent", Ann. Télécommun., 43, no. 1-2, 1988, pp. 38-42.
- [14] D.J. Love, G.H.C. New, M.A. Lauder, "Beam Propagation Analysis of a nonlinear dual-channel directionnal coupler", Optics Communications, 1 September 1986, vol. 59, no. 3, pp. 177-182.
- [15] X.H. Zheng, "Finite-element Analysis for fused couplers", Electronics Letters, 17th July 1986, vol. 22, no. 15, pp. 804-805.
- [16] K.S. Chiang, "Perturbation Analysis of fused tapered single-mode fibre couplers", Electronics Letters, 2nd July 1987, vol. 23, no. 14, pp. 717-718.
- [17] J.V. Wright, "Variational Analysis of fused tapered couplers", Electronics Letters, 7th November 1985, vol. 21, no. 23, pp. 1064-1065.
- [18] S. Lacroix, R. Bourbonnais, F. Gonthier, J. Bures, "Tapered monomode optical fibers: understanding large power transfer", Applied Optics, 1 December 1986, vol. 25, no. 23, pp. 4421-4425.
- [19] S. Lacroix, F. Gonthier, J. Bures, "Fibres unimodales effilées", Ann. Télécommun., 1988, 43, no. 1-2, pp. 43-47.
- [20] R.J. Black, F. Gonthier, S. Lacroix, J. Lapierre, J. Bures, "Tapered fibers: an overview", SPIE, vol. 839 Components for Fiber Optic Application II, 1987, pp. 2-19.
- [21] A.G. Bulushev, E.M. Dianov, O.G. Okhotnikov, V.M. Paramonov, "Spectral properties of fused single-mode couplers", Sov. J. Quantum Electron., June 1988, 18(6), pp. 809-811.
- [22] C.A. Villarruel, R.P. Moeller, "Fused single mode fiber access couplers", Electronics Letters, 19th March 1981, vol. 17, no. 6, pp. 243-244.
- [23] B.S. Kawasaki, K.O. Hill, R.G. Lamont, "Biconical-taper single-mode fiber coupler", Optics Letters, 1981, no. 6, pp. 327-328.

- [24] Y. Tremblay, B.S. Kawasaki, F. Bilodeau, "Modal-insensitive biconical-taper couplers", *Optics Letters*, October 1982, vol. 7, no. 10, pp. 506-508.
- [25] M. Corke, M. Kale, M. Keur, F. Kopera, K. Shaklee, K. Sweeney, "Single mode coupler manufacturing", *Proc. SPIE*, vol. 574, *Fiber Optic Couplers, Connectors, and Splice Technology II*, 1985, pp. 129-134.
- [26] W.E. Moore, W.F. Gasko, D.W. Stowa, "Mass production of fused couplers and coupler based devices", *Proc. SPIE*, vol. 574, *Fiber Optic Couplers, Connectors, and Splice Technology II* 1985, pp. 135-144.
- [27] S. Faucher, K.O. Hill, F. Bilodeau, D.C. Johnson, "Automated Fabrication of customized compact multi-cycle directional taper couplers", *Proc. ICO-14*, Québec, Canada, August 1987, pp. 325-326.
- [28] F. Bilodeau, S. Faucher, K.O. Hill, D.C. Johnson, "Wavelength, polarization and mechanical properties of compact, low-loss fused fiber beams splitters: fabrication and overcoupled operation in many orders", *Proc. ECOC'86*, Barcelona, Spain, September 1986, pp. 129-132.
- [29] C.D. Hussey, T.A. Birks, "Fabrication of wavelength-flattened tapered couplers using polishing for cladding removal", *Electronics Letters*, 18th August 1988, vol. 24, no. 17, pp. 1072-1073.
- [30] F. Bilodeau, K.O. Hill, D.C. Johnson, S. Faucher, "Compact, low-loss, fused biconical taper couplers: overcoupled operation and antisymmetric supermode cutoff", *Optics Letters*, August 1987, vol. 12, no. 8, pp. 634-636.
- [31] J.D. Minelly, C.D. Hussey, "Single-mode fibre Y-junction beam-splitter", *Electronics Letters*, 24th September 1987, vol. 23, no. 20, pp.1087-1088.
- [32] M. Kawachi, M. Kobayashi, "Fiber-optic polarizing directional coupler", *Optics Letters*, May 1984, vol. 9, no. 5, pp. 183-185.
- [33] J. Noda, K. Okamoto, I. Yokohama, "Fiber device using polarization-maintaining fibers", *Proc. SPIE*, vol. 704, *Integrated Optical Circuit Engineering IV*, 1986, pp. 160-167.
- [34] I. Yokohama, K. Okamoto, J. Noda, "Analysis of fiber-optic polarizing beam splitters consisting of fused-taper couplers", *Journal of Lightwave Technology*, September 1986, vol. LT-4, no. 9, pp. 1352-1359.

- [35] I. Yokohama, J. Noda, K. Okamoto, "Fiber-coupler fabrication with automatic fusion-elongation processes for low excess loss and high coupling-ratio accuracy", *Journal of Lightwave Technology*, July 1987, vol. LT-5, no. 7, pp. 910-915.
- [36] V.A. Handerek, R.B. Dyott, "Fused D-fibre coupler", *Proc. SPIE*, vol. 574, *Fiber Optic Couplers, Connectors, and Splice Technology II*, 1985, pp. 115-121.
- [37] M. Corke, B.M. Kale, M. Keur, P.M. Kopera, K. Shaklee, K. Sweeney, "Polarization maintaining single mode couplers", *Proc. SPIE*, vol. 574, *Fiber Optic Couplers, Connectors, and Splice Technology II* (1985), pp. 122-128.
- [38] A.W. Snyder, A.J. Stevenson, "Polished-type couplers acting as polarizing beam splitters", *Optics Letters*, April 1986, vol. 11, no. 4, pp. 254-256.
- [39] H.C. Lefèvre, P. Simonpiétri, P. Graindorge, "High performance polarisation splitting fibre coupler", *Electronics Letters*, 13th October 1988, vol. 24, no. 21, pp. 1304-1305.
- [40] F. Bilodeau, D.C. Johnson, S. Faucher, K.O. Hill, "Monomode fiber fused taper couplers: Applications as sensors, tunable filters and lateral splices", *Proc. O-E Fiber LASE'88*, Boston, September 1988.
- [41] R.G. Lamont, K.O. Hill, D.C. Johnson, "Tuned-port twin biconical-taper fiber splitters: fabrication from dissimilar low-mode-number fibers", *Letters Optics*, January 1985, vol. 10, no. 1, pp. 46-48.
- [42] V.T. Schwander, W. Hauth, "Rechnergesteuerte Herstellung von Gradientenfaser-Richtkopplern für bidirektionale Nachrichtenübertragung", *Frequenz*, 1983, vol. 37, no. 9, pp. 226-231.
- [43] K. Imoto, Y. Ikuta, M. Maeda, "New Biconically Tapered Fibre Star Coupler: Structure and Fabrication", *Electronics Letters*, 23rd May 1985, vol. 21, no. 11, pp. 514-515.
- [44] A.W. Snyder, J.D. Love, "Optical Waveguide Theory", Chapman and Hall ed., London, New York, 1983.
- [45] R.J. Black, J. Lapierre, J. Bures, "Field evolution in doubly clad lightguides", *IEE Proceedings*, April 1987, vol. 134, Pt.J, no. 2, pp. 105-110.
- [46] W.J. Stewart, J.D. Love, "Design Limitation on tapers and couplers in single mode fibres", *Proc. 5th IOOC/11th ECOC*, 1985, pp. 559-562.

- [47] J.D. Love, W.M. Henry. "Quantifying loss minimisation in single-mode fibre tapers", Electronics Letters, 14th August 1986, vol. 22, no. 17, pp. 912-914.
- [48] A.W. Snyder, X.H. Zheng. "Optical fibers of arbitrary cross sections". J.Opt.Soc.Am.A, May 1986, vol. 3, no. 5, pp. 600-609.
- [49] F. Gonthier, J. Lapiere, C. Veilleux, S. Lacroix, J. Bures, "Investigation of power oscillations along tapered monomode fibers", Communication Privée, Ecole Polytechnique de Montréal, Août 1986.
- [50] A.C. Boucouvalas, G. Georgiou. "Concatenated tapered coaxial coupler filters", Proc. OFC/IOOC'87, p. 193.
- [51] T. Bricheno, V. Baker, "All-fibre wavelength filters using concatenated fused-taper couplers", Electronics Letters, 14th March, 1985, vol. 21, no. 6, pp. 248-252.
- [52] R.G. Lamont, D.C. Johnson, K.O. Hill, "Power transfer in fused biconical-taper single-mode fiber couplers: dependence on external refractive index", Applied Optics, 1 February 1985, vol. 24, no. 3, pp. 327-332.
- [53] A.C. Boucouvalas, G. Georgiou, "External refractive-index response of tapered coaxial couplers", Optics Letters, April 1986, vol. 11, no. 4, pp. 257-259.
- [54] F.P. Payne, T. Finegan, M.S. Yataki, R.J. Mears, C.D. Hussey, "Dependence of fused taper couplers on external refractive index", Electronics Letters, 23rd October 1986, vol. 22, no. 22, pp. 1207-1209.
- [55] Y.F. Li, J.W.Y. Lit. "Temperature effects of a multimode biconical fiber coupler", Applied Optics, 1 June 1986, vol. 25, no. 11, pp. 1765-1769.
- [56] D.B. Mortimore, "Wavelength-flattened fused couplers", Electronics Letters, 15th August 1985, vol. 21, no. 17, pp. 742-743.
- [57] C. Yijiang, "Theoretical investigation of wavelength-flattened fused coupler", Optical and Quantum Electronics, 21, 1989, 123-127.
- [58] B.S.Kawasaki, M. Kawachi, K.O. Hill, D.C. Johnson, "A single-mode-fiber coupler with a variable coupling ratio", Journal of Lightwave Technology, March 1983, vol. LT-1, no. 1, pp. 176-178.

- [59] F. Bilodeau, K.O. Hill, S. Faucher, D.C. Johnson, "Low-loss highly overcoupled fused couplers: fabrication and sensitivity to external pressure", *Journal of Lightwave Technology*, October 1988, vol. 6, no. 10, pp. 1476-1482.
- [60] A. Yariv, P. Yeh, "Optical Waves in Crystals", Wiley Interscience ed., sect. 6.4.2, 187 p.
- [61] R.J. Black, J. Bures, J. Lapierre, "Finite-cladding fibres: HE<sub>12</sub> and local-mode coupling evolution", *Communication privée, Ecole Polytechnique de Montréal*, February 1987.
- [62] J.R. Qian, W.P. Huang, "Coupled-mode theory for LP Modes", *Journal of Lightwave Technology*, June 1986, vol. Lt-4, no. 6, pp. 619-625.
- [63] R.J. Black, R. Bourbonnais, "Core-mode cutoff for finite-cladding lightguides", *IEE Proceedings*, December 1986, vol. 133, Pt. J, no. 6, pp. 377-384.
- [64] W.K. Burns, M. Abebe, C.A. Villarruel, R.P. Moeller, "Loss Mechanisms in single-mode fiber tapers", *Journal of Lightwave Technology*, June 1986, vol. Lt-4, no. 6, pp. 608-613.
- [65] D. Marcuse, "Mode conversion in optical fibers with monotonically increasing core radius", *Journal of Lightwave Technology*, January 1987, vol. Lt-5, no. 1, pp. 125-133.
- [66] R. Baets, P.E. Lagasse, "Calculation of radiation loss in integrated-optic tapers and Y-junctions", *Applied Optics*, 1 June 1982, vol. 21, no. 11, pp. 1972-1978.
- [67] D. Marcuse, "Directional couplers made of nonidentical asymmetric slabs. Part I: Synchronous couplers", *Journal of Lightwave Technology*, January 1987, vol. Lt-5, no. 1, pp. 113-118.
- [68] D. Marcuse, "Directional couplers made of nonidentical asymmetric slabs. Part II: Grating-Assisted Couplers", *Journal of Lightwave Technology*, February 1987, vol. Lt-5, no. 2, pp. 268-273.
- [69] K.O. Hill, D.C. Johnson, F. Bilodeau, S. Faucher, "Fuse-Full-and-Taper Monomode-Fiber Directional Couplers: Coupling Mechanisms and Full Signature diagnostics", *Proc. OFC/IOOC'87*, Reno, Nevada, January 1987.
- [70] M. Kieli, F.R. Herczfeld, "Asymmetric Fiber-optic coupler for Lan Applications", *Journal of Lightwave Technology*, December 1986, vol. Lt-4, no. 12, pp. 1729-1731.

- [71] T.A. Birks, C.D. Hussey, "Control of power-splitting ratio in asymmetric fused-tapered single-mode fiber couplers", *Optics Letters*, 1988.
- [72] F. Bilodeau, D.C. Johnson, S. Faucher, K.O. Hill, "Monomode fiber fused-taper couplers: Applications as sensors, tunable filters and lateral splices", *Proc. SPIE O-E Fiber Laser*, Boston, 1988.
- [73] R. Zengerle, O.G. Leminger, "Narrow-Band Wavelength-Selective Directional Couplers Made of Dissimilar Single-Mode Fibers", *Journal of Lightwave Technology*, September 1987, vol. Lt-5, no. 9, pp. 1196-1198.
- [74] D. Marcuse, "Directional-coupler filter using dissimilar optical fibres", *Electronics Letters*, 15th August 1985, vol. 21, no. 17, pp. 726-727.
- [75] A.C. Boucouvalas, G. Georgiou, "Methods for fine-tuning the wavelength response of single-mode optical-fibre taper filters", *Electronics Letters*, 9th April 1987, vol. 23, no. 8, pp. 410-411.
- [76] J.D. Love, A. Ankiewicz, "Cutoff in single-mode optical fibre couplers", *Electronics Letters*, 26th April 1984, vol. 20, no.9, pp. 362-363.
- [77] J.D. Love, A. Ankiewicz, "Modal cutoffs in single - and few-mode fiber couplers", *Journal of Lightwave Technology*, February 1985, vol. Lt-3, no. 1, pp. 100-110.
- [78] D.C. Johnson, K.O. Hill, "Control of wavelength selectivity of power transfer in fused biconical monomode directional couplers", *Applied Optics*, 1 November 1986, vol. 25, no. 21, pp. 3800-3803.
- [79] K.O. Hill, D.C. Johnson, R.G. Lamont, "Wavelength dependence in fused biconical taper splitters: measurement and control", *Proc. IOOC-ECOC*, 1985, pp. 567-570.
- [80] D.T. Cassidy, D.C. Johnson, K.O. Hill, "Wavelength-dependent transmission of monomode optical fiber tapers", *Applied Optics*, 1 April 1985, vol. 24, no. 7, pp. 945-950.
- [81] K.L. Sweeney, M. Corke, B. Michael Kale, P.M. Kopera, "Wavelength dependence of devices fabricated in single mode fiber", *Proc. SPIE*, vol. 630, *Fibre Optics'86 (Sira)*, 1986, pp. 141-147.

ANNEXE A  
PROGRAMME D'ORDINATEUR DU MONTAGE

```

5      ! MAIN26:
%10     ! PROGRAMME GENERAL DE COUPLEUSE
%15     OPTION BASE 1%
%20     !%
%25     !%
%30     COM Flag%
%35     COM /Msi/ Ms:$(50)%
%40     !%
%45     ! LES TROIS PROCHAINS COM PERMETTENT DE CONSERVER TOUTES LES DATTAS MEME%
%50     ! SI LE PROGRAMME EST ARRETE.%
%55     !%
%60     COM /Process/ INTEGER Type,first_point,last_point,Mb_cycle,REAL Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Vel_tot,Hyd,Oxy,Int_sec,Delta_x%
%65     COM /Comments/ INTEGER Comments,Param$(10)[10],Comments$(8)[80]%
%70     COM /Vecteurs/ X(0)=32700,Y(0)=32700,Y1(0)=32700,Y2(0)=32700,Y3(0)=32700%
%75     !%
%80     COM /Plot/ Us$(7,2)[7],INTEGER PenI(7),Plot_stat%
%85     COM /Plot_title/ titre1$(50),titre2$(50),titre3$(50),Abscisse$(50),Ordonnees$(50)%
%90     COM /Moteur/ Statut_moteur,Intr_flag_mot,Commande$(80),Statut_menu_mot%
%95     COM /Torche/ Statut_torche,Hyd,Oxy%
%100    COM /Param_moteur/ Vel(4),Cmt(4),Step(4),Abs(4),Bkih(4),Limit_sup(4),Limit_inf(4)%
%105    COM /Norm/ Statut_powersnr,Purnain_no_filtr,Pur_sec_no_filtr,Pur_main_filtr,Pur_sec_filtr,Main_filter_val,Sec_filter_val,Norm_sec,Norm
main,Zero_main,Zero_sec%
%110    COM /Norm2/ Pur_trd_no_filtr,Pur_trd_filtr,Ird_filter_val,Norm_trd,Zero_trd,INTEGER Type2 ! NOTE TYPEZ ET TYPE DANS COM /PROCESS/ S
ONT EGROU%
%115    COM /Automatique/ A_hyd(5),A_oxy(5),F_vel(4),R_vel(4),E_vel(4),A_pos_horiz(5),A_pos_vert(5),Dpl_vert_depart(5),A_nnn(5),A_sec(5),A_del
ta_t(5)%
%120    COM /Automatique2/ To_vel(4),ia_vel(4),Param_mode_ar(3),Param_redresse,Param_taper_ar(3)%
%125    COM /Graph/ INTEGER Graph(12480),Graph1(12480),Graph2(12480)%
%130    ! PROGRAMME PRINCIPAL
%135    ! Flag EST UNE VARIABLE INDICANT SI NOUS SOMMES ALLES DANS UN SOUS-PROGRAMME
%140    ! Hyd ET Oxy SONT LES DERNIERS DEBITS DEMANDES D'HYD. ET D'OXY.%
%145    !%
%150    !%
%155    Msi$=SYSTEM$( "MSI" )%
%160    Sys$=SYSTEM$( "SYSTEM ID" )%
%165    SELECT Sys$(1,4)%
%170    CASE "5300"%
%175        MASS STORAGE IS ":CS80,1402"%
%180        Msi2$=":CS80,1402"%
%185    CASE "9826" "9836"%
%190        MASS STORAGE IS ":INTERNAL,4,0"%
%195        Msi2$=":INTERNAL,4,0"%
%200    END SELECT%
%205    OUTPUT KBD:"[SCRATCH KEY]":%
%210    GRAPHICS ON%
%215    PRINTER IS CRT%
%220    PLOTTER IS 3,"INTERNAL"%
%225    CLEAR%
%230    !%
%235    !%
%240    DIM A$(100)%
%245    INTEGER A ! VARIABLE DUMMY%
%250    A$="" ! VARIABLE DUMMY%
%255    A=0 ! VARIABLE DUMMY%
%260    B=0 ! VARIABLE DUMMY%
%265    !%
%270    !%
%275    PRINT "":%
%280    Plot_stat=0%
%285    Statut_paran=0%
%290    DISP USING "BOX"%
%295    PRINT "":BIENVENUE AU MONTAGE DE COUPLEUR AUTOMATIQUE ""%
%300    PRINT "":NOTE: SUP VEILLEZ NOTER QUE LE SYSTEME UTILISERA ( "":Msi2$:" )"%
%305    PRINT "": Pour LA LECTURE ET LE STORAGE DE DONNEES.""%
%310    Flag_main=0%
%315    DISP "CHOISIR UNE FONCTION-CLIF SUP"%
%320    ON KEY 0 LABEL "RAPPEL COURBE",2 GOSUB Rappel_courbe%
%325    ON KEY 1 LABEL "MONTAGE EXPR.",2 GOSUB Coupler_tiq%
%330    ON KEY 4 LABEL "SORTIE FINALE",2 GOTO Terminate%
%335    Boucle 0:IF Flag_main=0 THEN Boucle 0%
%340    PRINT "":MENU PRINCIPAL ""%
%345    GOTO 310%
%350    !%
%355    !%
%360    !%
%365    Terminate:OFF KEY %
%370    DISP %
%375    PRINT "":FIN DE L'EXECUTION DU PROGRAMME ""%
%380    MASS STORAGE IS Msi%
%385    LOAD KEY "SYST",0,15%

```

```

%390 STOP%
%395 IF
%400 IF
%405 IF
%410 Reppel_courbe:OFF KEY %
%415 DISP %
%420 Flag_main=1%
%425 CALL Plot_recall%
%430 RETURN %
%435 IF
%440 IF
%445 IF
%450 Coulier_1ig:OFF KEY %
%455 DISP %
%460 Flag_main=1%
%465 DISP USING "BOX"%
%470 PRINT "Mettre tous les appareils en marche, puis peser sur [CONTINUE]."%
%475 PAUSE%
%480 RESET %
%485 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out%
%490 OUTPUT 709:"SEU100"%
%495 OUTPUT 722:"SM000"%
%500 OUTPUT 724:"EOS"%
%505 ! SERIE D'INITIALISATION%
%510 Statut_moteur=1%
%515 Statut_menu_not=0%
%520 Intr_flag_not=0%
%525 IF Statut_param=0 THEN %
%530 Statut_powertr=0%
%535 READ A_hyd(*),A_oxv(*)%
%540 DATA 144,130,130,0,130,64.2,0,0,0,0%
%545 READ F_vel(*),R_vel(*),E_vel(*),Ia_vel(*),Ia_vel(*)%
%550 DATA .155,.4,.005,.005,.155,.4,.005,.005,0,.4,.02,.02,0,.4,.02,.02%
%555 READ A_pos_horiz(*),A_pos_vert(*),Dpl_vert_depart(*),A_min(*),A_sec(*),A_delta_t(*)%
%560 DATA 10,0,0,0,0,0,0,0,1.5,1.5,1.5,0,2,5,6,8,2,8,0,0,0,0,.5,.5,.10,.10%
%565 READ Param_mode_ar(*),Param_redresse,Param_taper_ar(*)%
%570 DATA -1,3,.4,12,-1,3,.4%
%575 Statut_param=1%
%580 END IF%
%585 IF
%590 ! PASSAGE DES OPTIONS DE BASE DU DATA ACQUISITION%
%595 OUTPUT 709:"VOSURSUMUSOUT1"%
%600 OUTPUT 722:"R4 T1 Z1 SST6 10STI 500 00"%
%605 CLEAR 724%
%610 LOCAL 724%
%615 ! RECONNAISSANCE DE L'ETAT DE LA TORCHE AU MOMENT D'ENTRER DANS LE PROGRAMME%
%620 OUTPUT 710:"04"%
%625 WAIT .2%
%630 ENTER 709:Hyd%
%635 Hyd=PROUND(Hyd=100,0)%
%640 OUTPUT 710:"06"%
%645 WAIT .2%
%650 ENTER 709:Oxy%
%655 Oxy=PROUND(Oxy=20,-1)%
%660 OUTPUT 710:"00"%
%665 Flag=0%
%670 ON KEY 0 LABEL " TORCHE",3 CALL Torche%
%675 ON KEY 1 LABEL " MOTEUR",3 CALL Moteur%
%680 ON KEY 2 LABEL " AUTOMATIQUE",3 CALL Automatique%
%685 ON KEY 4 LABEL " RETOUR",3 GOTO Retour%
%690 ON INTR 7,13 CALL Interrupt_sub%
%695 ENABLE INTR 7:2%
%700 DISP "CHOISISSEZ UNE FONCTION-CLEF SUP"%
%705 PRINT "%"%
%710 IF Flag=0 THEN GOTO 710%
%715 IF Flag=1 THEN Flag=0%
%720 GOTO 700%
%725 IF
%730 IF
%735 IF
%740 Retour: IF
%745 OF KEY %
%750 DISP %
%755 OUTPUT 709:"AO2,0,0AO2,1,0"%
%760 OUTPUT 711:"1"%
%765 OFF INTR %
%770 OFF TIMEOUT %
%775 RETURN %
%780 END%
%785 IF

```



```

1190 IC
1195 IC
1200 IC
1205 IC
1210 IC
1215 IC
1220 IC
1225 IC
1230 SUB Torche;
1235 COM Flag;
1240 COM /torche/ Statut,Hyd,Oxy;
1245 OFF KEY ;
1250 DISP ;
1255 Flag=1;
1260 ! MANIPULATION DE LA TORCHE;
1265 ! Statut EST LA VARIABLE QUI REPRESENTE LE STATUT DE LA TORCHE;
1270 ! STATUT = 1 SI LA TORCHE EST ETEINTE;
1275 ! STATUT = 2 SI LA TORCHE EST ALLUMEE;
1280 SELECT Hyd*Oxy;
1285 CASE <20;
1290 Statut=1;
1295 CASE ELSE;
1300 Statut=2;
1305 END SELECT;
1310 ON Statut GOTO 1315,1390;
1315 ! SECTION DE L'ALLUMAGE DE LA TORCHE;
1320 PRINT " == SECTION DE LA MANIPULATION DES DEBITS DE GAZ ==";
1325 LOOP;
1330 INPUT "DEVEZ-VOUS DEPLACER LA TORCHE AVANT DE L'ALLUMER? (O ou N)";
1335 AS=UPC(AS);
1340 IF AS="O" THEN ;
1345 PRINT " RETOUR AU MENU PRINCIPAL ";
1350 PRINT " ALLEZ FAIRE LES CHANGEMENTS DESIRES PUIS REVENEZ PAR LA SUITE";
1355 DISP "PESER SUR "CONTINUE" POUR POURSUIVRE";
1360 PROSE;
1365 SUBEXIT;
1370 END IF;
1375 EXIT IF AS="N";
1380 END LOOP;
1385 CALL Allume_torche;
1390 LOOP;
1395 PRINT "LES DEBITS ACTUELS SONT:HYDROGENE= ";Hyd;" ml/min";
1400 TAB(25);"OXYGENE= ";Oxy;" ml/min";
1405 INPUT "VOULEZ-VOUS MODIFIER CES DEBITS? (O (modification) ou N (menu principal))";
1410 AS=UPC(AS);
1415 EXIT IF AS="N";
1420 ON POS("O",AS)+1 GOTO 1400,1420;
1425 LOOP;
1430 PRINT TABXY(1,17);"VEUILLEZ DONNER UN DEBIT D'HYDROGENE ET D'OXYGENE.";
1435 PRINT "(rapport HYD/OXY suggere: appx. 2/1)";
1440 INPUT "DEBIT D'HYDROGENE [ml/min] = ";Hyd;"DEBIT D'OXYGENE [ml/min] = ";Oxy;
1445 EXIT IF Hyd=Oxy AND Hyd>0 AND Oxy>0 AND Hyd<500 AND Oxy<100;
1450 BEEP ;
1455 PRINT TABXY(1,8) CHR(129);" LES VALEURS DE DEBIT DEMANDEES SONT INCORRECTES. ";
1460 PRINT TABXY(10,10);"DEBIT D'HYDROGENE DEMANDE = ";Hyd;" ml/min ";
1465 PRINT TABXY(10,11);"DEBIT D'OXYGENE DEMANDE = ";Oxy;" ml/min ";CHR(128);
1470 END LOOP;
1475 Hyd=ROUND(Hyd,0);
1480 Oxy=ROUND(Oxy,-1);
1485 PRINT "LES DERNIERS DEBITS DEMANDES SONT:";
1490 PRINT " HYDROGENE = ";Hyd;" ml/min";
1495 PRINT " OXYGENE = ";Oxy;" ml/min";
1500 DISP "ACQUISITION DES DEBITS DEMANDES EN COURS. SUP ATTENDRE LE SIGNAL";
1505 ! INCREMENT DE L'HYDROGENE SUIVI DE CELUI DE L'OXYGENE;
1510 ! Hyd ET Oxy SONT LES DEBITS D'HYDROGENE ET D'OXYGENE DEMANDES.;
1515 IF Hyd=0 THEN ;
1520 PRINT TABXY(1,8) CHR(131);" LA TORCHE SERA ETEINTE ";
1525 PRINT TABXY(1,10);CHR(129);"RETOUR AU MENU PRINCIPAL APRES LA FERMETURE DES DEBITS.";CHR(128);
1530 PRINT TABXY(1,12);" UN MOMENT SUP ";
1535 DISP ;
1540 OUTPUT 709;"AO2,0,0";
1545 OUTPUT 709;"AO2,1,0";
1550 Oxy=0;
1555 WAIT 4;
1560 BEEP 81.23*6..2;
1565 Statut=1;
1570 SUBEXIT;
1575 END IF;
1580 IF

```

```

1585 PRINT TAB(X1,8);CHR$(129);" AJUSTEMENT DES DEBITS D'HYDROGENE ET D'OXYGENE ";CHR$(128);" "
1590 OUTPUT 709;"R02,0,"BVALS(H;0+10);
1595 WAIT 2;
1600 OUTPUT 709;"R02,1,"BVALS(O;1+50);
1605 WAIT 2;
1610 BEEP 01.23+6,-.2;
1615 END LOOP;
1620 SUSPEND;
1625 IC
1630 IC
1635 IC
1640 IC
1645 IC
1650 IC
1655 IC
1660 IC
1665 SUB Moteur;
1670 ! MANIPULATION DES MOTEURS;
1675 COM Flag;
1680 COM /Moteur/ Statut_Intr_Flag,Comande$,Statut_menu;
1685 COM /Param_moteur/ Vel(*),Cmt(*),Step(*),Abs(*),Skjh(*),Limit_sup(*),Limit_inf(*);
1690 OFF KEY ;
1695 DISP ;
1700 Flag=1;
1705 Intr_Flag=0;
1710 ! STATUT REPRESENTE L'ETAT DES MOTEURS;
1715 ! STATUT = 1 SI LES MOTEURS N'ONT PAS ETE ALLUMES;
1720 ! STATUT = 2 SI LE CONTROLE DES MOTEURS EST FAIT PAR LE CLAVIER;
1725 ! STATUT = 3 SI LE CONTROLE DES MOTEURS EST FAIT PAR LE HPID;
1730 ! STATUT MENU SERT A DETERMINER LE PASSAGE AU MENU PAR HPID POUR LA LECTURE ! DES PARAMETRES (0 SI NON, 1 SI OUI);
1735 PRINT "RECONNAISSANCE DE L'ETAT DU CONTROLEUR DES MOTEURS.;"
1740 !
1745 ! RECONNAISSANCE DE L'ETAT DU CONTROLEUR;
1750 !
1755 DISABLE INTR 7;
1760 ON TIMEOUT 7,1 RECOVER 1775;
1765 OUTPUT 711;"01";
1770 ENTER 711;0;
1775 IF 00<" THEN ;
1780 Statut=3;
1785 ELSE;
1790 ON TIMEOUT 7,1 RECOVER 1810;
1795 OUTPUT 711;"02";
1800 ENTER 711;0;
1805 ENTER 711;0;
1810 IF 00<" THEN ;
1815 Statut=3;
1820 ELSE;
1825 Statut=2;
1830 END IF;
1835 END IF;
1840 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out;
1845 ENABLE INTR 7;
1850 IC
1855 IC
1860 IC
1865 IF Statut=2 THEN ;
1870 PRINT "LES MOTEURS SONT PRESENTEMENT CONTROLES PAR LE CLAVIER PORTATIF.;"
1875 Statut_menu=0;
1880 INPUT "DESIREZ-VOUS CONTROLER LES MOTEURS PAR LE HPID? 0 ou N",0;
1885 ON POS("ON",UPC(0)) + 1 GOTO 1880,1890,1920;
1890 PRINT "MANIPULATION A FAIRE POUR RETOURNER LE CONTROLE AU HPID:";
1895 PRINT "%-TAB(15):" 1: ENTREZ LA COMANDE ""02"" A PARTIR DU CLAVIER PORTATIF";
1900 PRINT TAB(15):"2: PESER SUR LA TOUCHE ""ENTR"" DU CLAVIER";
1905 PRINT "PESER SUR ""CONTINUE"" LORSQUE CECI SERA FAIT";
1910 PAUSE;
1915 GOTO 1735;
1920 END IF;
1925 IF Statut=3 THEN ;
1930 !
1935 ! LES PROCHAINES LIGNES SERVENT A S'ASSURER DE NE PAS AVOIR D'ECHO.
1940 !
1945 DISABLE INTR 7;
1950 ON TIMEOUT 7,1 RECOVER 1965;
1955 OUTPUT 711;"!";
1960 ENTER 711;0;
1965 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out;
1970 ENABLE INTR 7;
1975 IF 00<" THEN OUTPUT 711;"!";

```

```

1980
1985
1990      WAIT .5%
1995      OUTPUT 711:"820"%;
2000      OUTPUT 711:"L2116."%;
2005      OUTPUT 711:"L22-8."%;
2010      PRINT "LES MOTEURS SONT PRESENTEMENT CONTROLES PAR LE HP18"%;
2015      PRINT "%** VEUILLEZ ENTER LE MODE DE PASSAGE DE COMMANDE DESIRE:"%;
2020      PRINT TAB(15);"ENTREZ "D" POUR L'ENVOI DIRECT DE COMMANDE"%;
2025      PRINT TAB(15);"ENTREZ "M" POUR PROCEDER PAR UN MENU"%;
2030      INPUT "VOTRE CHOIX?",R%;
2035      R=UPCR(R);
2040      ON POS("DM",R)+1 GOTO 2030,2045,2045%;
2045      Intr_flag=1%;
2050      IF R="D" THEN %
2055          PRINT "%** CONTROLE DES MOTEURS PAR ENVOI DIRECT DE COMMANDES **"%;
2060          Statut_menu=0%;
2065          LOOP%;
2070          Commande=""%;
2075          INPUT "VEUILLEZ COMPOSER VOTRE COMMANDE SUP (FAIRE "ENTER" SI TERMINE)?",Commande%;
2080          EXIT IF LEN(Commande)=0%;
2085          IF POS(Commande,"1")=0 THEN %
2090              IF POS(Commande,"00")>0 THEN Statut=2%;
2095              OUTPUT 711:Commande%      ! ENVOI DE LA COMMANDE%;
2100              PRINT TABXY(1,12)%;
2105              PRINT USING "72X/,72X/,72X/,72X/,72X/,72X"%;
2110              WAIT .85%;
2115              IF POS(Commande,"00")>0 THEN WAIT 2%;
2120              ELSE%
2125                  BEEP 81.38*6,.2%;
2130                  PRINT TABXY(1,12)%;
2135                  PRINT USING "72X/,72X/,72X/,72X/,72X/,72X"%;
2140                  PRINT TABXY(1,18);CHR(129);"LA COMMANDE **1** DE SUPPRESSION D'ECHO EST INTERDITE.";CHR(129)%;
2145              END IF%;
2150          EXIT IF POS(Commande,"00")>0%;
2155          END LOOP%;
2160      ELSE%
2165          %
2170          ! INITIALISATION DES PARAMETRES%
2175          %
2180          IF Statut_menu=0 THEN %
2185              PRINT "%** LECTURE DES PARAMETRES DES MOTEURS. UN MOMENT SUP **"%;
2190              OFF TIMEOUT 7%;
2195              DISABLE INTR 7%;
2200              PRINT CHR(132);"NOMBRE DE PARAMETRES A ETRE LUS:";CHR(128);" **"%;
2205              N=29%;
2210              FOR I=1 TO 4%
2215                  N=N-1%;
2220                  PRINT TABXY(39,3);N;" **"%;
2225                  OUTPUT 711;"D"VALS(I)%;
2230                  ENTER 711:Val(I)%;
2235                  N=N-1%;
2240                  PRINT TABXY(39,3);N;" **"%;
2245                  OUTPUT 711;"C"VALS(I)%;
2250                  ENTER 711:Cmt(I)%;
2255                  N=N-1%;
2260                  PRINT TABXY(39,3);N;" **"%;
2265                  OUTPUT 711;"S"VALS(I)%;
2270                  ENTER 711:Step(I)%;
2275                  N=N-1%;
2280                  PRINT TABXY(39,3);N;" **"%;
2285                  OUTPUT 711;"R"VALS(I)%;
2290                  ENTER 711:Abs(I)%;
2295                  N=N-1%;
2300                  PRINT TABXY(39,3);N;" **"%;
2305                  OUTPUT 711;"B"VALS(I)%;
2310                  ENTER 711:Bk1h(I)%;
2315                  N=N-1%;
2320                  PRINT TABXY(39,3);N;" **"%;
2325                  OUTPUT 711;"L"VALS(I)*1"%;
2330                  ENTER 711:Limit_sup(I)%;
2335                  N=N-1%;
2340                  PRINT TABXY(39,3);N;" **"%;
2345                  OUTPUT 711;"L"VALS(I)*2"%;
2350                  ENTER 711:Limit_inf(I)%;
2355              NEXT I%;
2360              ENABLE INTR 7%;
2365              ON TIMEOUT 7,i CALL Time_out%;
2370          END IF%;
2375          %

```

```

2380      IF
2385      CALL Moteur_menu$
2390      Statut_menu=1$
2395      END IF$
2400      Intr_flag=0$
2405      END IF$
2410      SUBEND$
2415      IF
2420      IF
2425      IF
2430      IF
2435      IF
2440      IF
2445      IF
2450      IF
2455      IF
2460      IF
2465      SUB Moteur_menu$
2470      COM /Moteur/ Statut,Intr_flag,Commandes,Statut_menu$
2475      COM /Param_moteur/ Vel(*),Cmt(*),Step_(*),Abs_(*),Bklh(*),Limit_sup(*),Limit_inf(*)$
2480      Flag_ou_et_dr=0$
2485      Flag_menu=0$
2490      PRINT " " ** MANIPULATION DES MOTEURS A L'AIDE DU MENU **$
2495      ON KEY 0 LABEL "VEL/VEL?" ,5 GOSUB Vel$
2500      ON KEY 1 LABEL "CRNT/CRNT?" ,5 GOSUB Crnt$
2505      ON KEY 2 LABEL "STEP/STEP?" ,5 GOSUB Step_$
2510      ON KEY 3 LABEL "ABS/ABS?" ,5 GOSUB Abs_$
2515      ON KEY 4 LABEL "BKLH/BKLH?" ,5 GOSUB Bklh$
2520      ON KEY 5 LABEL "LIMIT/LIMIT?" ,5 GOSUB Limit$
2525      ON KEY 6 LABEL "HOME/HOME" ,5 GOSUB Home_$
2530      ON KEY 7 LABEL "INCRMT/PARAM." ,5 GOSUB Incf$
2535      ON KEY 8 LABEL "TERM/QUIT" ,5 GOSUB Term$
2540      ON KEY 9 LABEL "FIN/STOP" ,5 GOSUB Finf$
2545      ON KEY 10,5 GOSUB Vel_query$
2550      ON KEY 11,5 GOSUB Crnt_query$
2555      ON KEY 12,5 GOSUB Step_query$
2560      ON KEY 13,5 GOSUB Abs_query$
2565      ON KEY 14,5 GOSUB Bklh_query$
2570      ON KEY 15,5 GOSUB Limit_query$
2575      ON KEY 16,5 GOSUB Home$
2580      ON KEY 17,5 GOSUB Param$
2585      ON KEY 18,5 GOSUB Quit$
2590      ON KEY 19,5 GOSUB Stop_incf$
2595      PRINT TAB(1,16)$
2600      PRINT USING "75X/,80X"$
2605      IF
2610      IF
2615      IF
2620      ! AFFICHAGE DES PARAMETRES$
2625      DISABLE INTR ?$
2630      PRINT TAB(25,3):CHR$(133):"PARAMETRES ET STATUT DES MOTEURS":CHR$(128)$
2635      PRINT USING "/,37X,""MOTEURS"" ,25X"$
2640      PRINT USING "22X""I.HORIZ"" ,4X,""I.VERT"" ,4X,""GAUCHE"" ,4X,""DROITE"" ,15X"$
2645      PRINT USING ""VELOCITE (mm/s) "" ,50,40,50,40,50,40,50,40":Vel(*)$
2650      PRINT USING ""COORD. COUR. (mm) "" ,50,40,50,40,50,40,50,40":Cmt(*)$
2655      PRINT USING ""INCRCMENT (mm) "" ,50,40,50,40,50,40,50,40":Step_($
2660      PRINT USING ""POS. ABSOLUE (mm) "" ,50,40,50,40,50,40,50,40":Abs_($
2665      PRINT USING ""BACKLASH (mm) "" ,50,40,50,40,50,40,50,40":Bklh($
2670      PRINT USING ""LIMITE SUP. (mm) "" ,50,40,50,40,50,40,50,40":Limit_sup($
2675      PRINT USING ""LIMITE INF. (mm) "" ,50,40,50,40,50,40,50,40":Limit_inf($
2680      ENABLE INTR ?$
2685      IF
2690      DISP "CHOISIR UNE FONCTION [k0-k9 + " :CHR$(132):"SHIFT":CHR$(128):" k0-k9 pour les secondes fonctions]"$
2695      IF Flag_menu=0 THEN GOTO 2695$
2700      Flag_menu=0$
2705      GOTO 2495$
2710      IF
2715      IF
2720      IF
2725      Vel: PRINT TAB(1,18):CHR$(129):"MODIFICATION":CHR$(128):" VELOCITE "$
2730      Flag_ou_et_dr=1$
2735      GOSUB Moteur_nof$
2740      PRINT TAB(30,18):CHR$(129):"MOTEUR":CHR$(128):" " :Moteur$
2745      LOOP$
2750      INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VITESSE CHOISIE: EOK(U.4 mm/s) ",Velocite$
2755      EXIT IF 0<Velocite AND Velocite<$.4$
2760      PRINT TAB(50,17):CHR$(131):"ERREUR: VALEUR HORS LIMITE":CHR$(128)$
2765      BEEP 81.38*7,.2$
2770      END LOOP$
2775      Vel:=VAL$(Velocite)$

```

```

2780 IF POS(Vel$, ".")=0 THEN Vel$=Vel$".":
2785 IF Moteur_no=5 THEN
2790 OUTPUT 711:"U3"&Vel$
2795 OUTPUT 711:"U4"&Vel$
2800 Vel(3)=Velocite
2805 Vel(4)=Velocite
2810 ELSE
2815 OUTPUT 711:"U"&URL$(Moteur_no)&Vel$
2820 IF Moteur_no=0 THEN
2825 MAT Vel= (Velocite)
2830 ELSE
2835 Vel(Moteur_no)=Velocite
2840 END IF
2845 END IF
2850 RETURN
2855 !
2860 !
2865 !
2870 Crnt=PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"MODIFICATION:";CHR$(128):" COORDONNEES COURANTES"
2875 Flag_gau_et_dr=1
2880 GOSUB Moteur_no
2885 PRINT TABXY(45,18):CHR$(129):"MOTEUR:";CHR$(128):" ":Moteur$
2890 LOOPE
2895 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA COORDONNEE CHOISIE: [-99.9999<(99.9999 mm)]",Coord_crnt
2900 EXIT IF -99.9999<Coord_crnt AND Coord_crnt<99.9999
2905 PRINT TABXY(50,17):CHR$(131):"ERREUR: VALEUR HORS LIMITE";CHR$(128)
2910 BEEP 81.38*7..2
2915 END LOOPE
2920 Coord_crnt=VAL$(Coord_crnt)
2925 IF POS(Coord_crnt$, ".")=0 THEN Coord_crnt$=Coord_crnt$.":
2930 IF Moteur_no=5 THEN
2935 OUTPUT 711:"C3"&Coord_crnt$
2940 OUTPUT 711:"C4"&Coord_crnt$
2945 Crnt(3)=Coord_crnt$
2950 Crnt(4)=Coord_crnt$
2955 ELSE
2960 OUTPUT 711:"C"&URL$(Moteur_no)&Coord_crnt$
2965 IF Moteur_no=0 THEN
2970 MAT Crnt= (Coord_crnt)
2975 ELSE
2980 Crnt(Moteur_no)=Coord_crnt$
2985 END IF
2990 END IF
2995 RETURN
3000 !
3005 !
3010 !
3015 Step=PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"MODIFICATION:";CHR$(128):" VALEUR DE L'INCREMENT"
3020 Flag_gau_et_dr=1
3025 GOSUB Moteur_no
3030 PRINT TABXY(45,18):CHR$(129):"MOTEUR:";CHR$(128):" ":Moteur$
3035 LOOPE
3040 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VALEUR DE L'INCREMENT CHOISI: [-99.9999<(99.9999 mm)]",Step_size
3045 EXIT IF -99.9999<Step_size AND Step_size<99.9999
3050 PRINT TABXY(50,17):CHR$(131):"ERREUR: VALEUR HORS LIMITE";CHR$(128)
3055 BEEP 81.38*7..2
3060 END LOOPE
3065 Step_size=VAL$(Step_size)
3070 IF POS(Step_size$, ".")=0 THEN Step_size$=Step_size$.":
3075 IF Moteur_no=5 THEN
3080 OUTPUT 711:"S3"&Step_size$
3085 OUTPUT 711:"S4"&Step_size$
3090 Step(3)=Step_size$
3095 Step(4)=Step_size$
3100 ELSE
3105 OUTPUT 711:"S"&URL$(Moteur_no)&Step_size$
3110 IF Moteur_no=0 THEN
3115 MAT Step= (Step_size)
3120 ELSE
3125 Step(Moteur_no)=Step_size$
3130 END IF
3135 END IF
3140 RETURN
3145 !
3150 !
3155 !
3160 Abs=PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"MODIFICATION:";CHR$(128):" DESTINATION ABSOLUE"
3165 Flag_gau_et_dr=1
3170 GOSUB Moteur_no
3175 PRINT TABXY(43,18):CHR$(129):"MOTEUR:";CHR$(128):" ":Moteur$

```

```

3160 LOOP%
3165 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA DESTINATION ABS. CHOISIE: [-99.9999<R(99.9999 mm)]",Dest_abs%
3170 EXIT IF -99.9999<=Dest_abs AND Dest_abs<=99.9999%
3175 PRINT TABXY(50,17);CHR$(131);"ERREUR: VALEUR HORS LIMITE";CHR$(128)%
3180 BEEP 81.38*7,.2%
3185 END LOOP%
3190 Dest_abs%=VAL$(Dest_abs)%
3195 IF POS(Dest_abs%,".")=0 THEN Dest_abs%=Dest_abs%0". "%
3200 IF Moteur_no=5 THEN %
3205 OUTPUT 711;"R5"&Dest_abs%
3210 OUTPUT 711;"R4"&Dest_abs%
3215 Abs_(3)=Dest_abs%
3220 Abs_(4)=Dest_abs%
3225 ELSE%
3230 OUTPUT 711;"R"&VAL$(Moteur_no)&Dest_abs%
3235 IF Moteur_no=0 THEN %
3240 MAT Abs_=(Dest_abs)%
3245 ELSE%
3250 Abs_(Moteur_no)=Dest_abs%
3255 END IF%
3260 END IF%
3265 RETURN %
3270 IC
3275 IC
3280 IC
3285 IC
3290 IC
3295 IC
3300 IC
3305 Bklh:PRINT TABXY(1,18);CHR$(129);"MODIFICATION:";CHR$(128);" BACKLASH"%
3310 GOSUB Moteur_no%
3315 PRINT TABXY(52,18);CHR$(129);"MOTEUR:";CHR$(128);" ":Moteur%
3320 LOOP%
3325 INPUT "VEUILLEZ DONNER LE BACKLASH CHOISI: [0.0000<B(0.0255 mm)]",Backlash%
3330 EXIT IF 0<=Backlash AND Backlash<=.0255%
3335 PRINT TABXY(50,17);CHR$(131);"ERREUR: VALEUR HORS LIMITE";CHR$(128)%
3340 BEEP 81.38*7,.2%
3345 END LOOP%
3350 Backlash%=VAL$(Backlash)%
3355 IF POS(Backlash%,".")=0 THEN Backlash%=Backlash%0". "%
3360 OUTPUT 711;"B"&VAL$(Moteur_no)&Backlash%
3365 IF Moteur_no=0 THEN %
3370 MAT Bklh=(Backlash)%
3375 ELSE%
3380 Bklh(Moteur_no)=Backlash%
3385 END IF%
3390 RETURN %
3395 IC
3400 IC
3405 IC
3410 Limit:PRINT TABXY(1,18);CHR$(129);"MODIFICATION:";CHR$(128);" LIMITE "%
3415 GOSUB Moteur_no%
3420 PRINT TABXY(51,18);CHR$(129);"MOTEUR:";CHR$(128);" ":Moteur%
3425 INPUT "MODIFICATION DE LA LIMITE SUPERIEURE OU INFERIEURE? ES ou I)",RS%
3430 RS=UPPER(RS)%
3435 ON POS("SI",RS)+1 GOTO 3425,3440,3440%
3440 IF RS="S" THEN %
3445 Borne$="1"%
3450 Borne$="SUPERIEURE"%
3455 ELSE%
3460 Borne$="2"%
3465 Borne$="INFERIEURE"%
3470 END IF%
3475 PRINT TABXY(51,18);CHR$(129);"BORNE:";CHR$(128);" ":Borne%
3480 LOOP%
3485 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VALEUR CHOISIE: [-99.9999<L(99.9999 mm)]",Limite%
3490 EXIT IF -99.9999<=Limite AND Limite<=99.9999%
3495 PRINT TABXY(50,17);CHR$(131);"ERREUR: VALEUR HORS LIMITE";CHR$(128)%
3500 BEEP 81.38*7,.2%
3505 END LOOP%
3510 Limite%=VAL$(Limite)%
3515 IF POS(Limite%,".")=0 THEN Limite%=Limite%0". "%
3520 OUTPUT 711;"L"&VAL$(Moteur_no)&Borne%&Limite%
3525 IF Moteur_no=0 THEN %
3530 IF Borne$="1" THEN %
3535 MAT Limit_sup=(Limite)%
3540 ELSE%
3545 MAT Limit_inf=(Limite)%
3550 END IF%
3555 ELSE%
3560 IF Borne$="2" THEN %
3565 Limit_sup(Moteur_no)=Limite%
3570 ELSE%
3575 Limit_inf(Moteur_no)=Limite%

```

```

3580     END IF
3585     END IF
3590     RETURN
3595     IC
3600     IC
3605     IC
3610 Move:=PRINT TABXY(1,18):CHR(129):"DEPLACEMENT:";CHR(128):"    ABSOLU "
3615     Flag_gau_et_dr=1
3620     GOSUB Moteur_no
3625     PRINT TABXY(31,18):CHR(129):"MOTEUR:";CHR(129):"    ";Moteur
3630     INPUT "DESIREZ-VOUS ATTEINDRE LA POSITION ABSOLUE FINIEE COMME PARAMETRE [O ou N]";As
3635     As=UPC(As)
3640     ON POS("ON",As)+1 GOTO 3630,3645,3645
3645     IF As="O" THEN
3650         IF Moteur_no=5 THEN
3655             OUTPUT 711:"T3"
3660             OUTPUT 711:"T4"
3665         ELSE
3670             OUTPUT 711:"T1";BURL$(Moteur_no)
3675         END IF
3680         Absolu$="OUT"
3685     ELSE
3690         LOOP
3695             INPUT "DONNEZ LA POSITION ABSOLUE QUE VOUS DESIREZ ATTEINDRE (cm)";Move_val
3700             EXIT IF -99.9999<Move_val AND Move_val<+99.9999
3705             PRINT TABXY(50,17):CHR(131):"ERREUR: VALEUR HORS LIMITE";CHR(128)
3710             BEEP 81.38*7,.2
3715             END LOOP
3720             Move_val$=BURL$(Move_val)
3725             IF POS(Move_val$,".")=0 THEN Move_val$=Move_val$+"."
3730             IF Moteur_no=5 THEN
3735                 OUTPUT 711:"M3";Move_val$
3740                 OUTPUT 711:"M4";Move_val$
3745             ELSE
3750                 OUTPUT 711:"M";BURL$(Moteur_no);Move_val$
3755             END IF
3760             Absolu$="MON"
3765         END IF
3770         IF Moteur_no=0 THEN
3775             IF Absolu$="OUT" THEN
3780                 MAT Crnt=Abs
3785             ELSE
3790                 MAT Crnt=(Move_val)
3795                 MAT Abs=(Move_val)
3800             END IF
3805         ELSE
3810             IF Absolu$="OUT" THEN
3815                 IF Moteur_no=5 THEN
3820                     Crnt(3)=Abs_(3)
3825                     Crnt(4)=Abs_(4)
3830                 ELSE
3835                     Crnt(Moteur_no)=Abs_(Moteur_no)
3840                 END IF
3845             ELSE
3850                 IF Moteur_no=5 THEN
3855                     Crnt(3)=Move_val
3860                     Abs_(3)=Move_val
3865                     Crnt(4)=Move_val
3870                     Abs_(4)=Move_val
3875                 ELSE
3880                     Crnt(Moteur_no)=Move_val
3885                     Abs_(Moteur_no)=Move_val
3890                 END IF
3895             END IF
3900         END IF
3905     RETURN
3910     IC
3915     IC
3920     IC
3925 Inc:=PRINT TABXY(1,18):CHR(129):"DEPLACEMENT:";CHR(128):"    GRANDEUR DE L'INCREMENT"
3930     Flag_gau_et_dr=1
3935     GOSUB Moteur_no
3940     IF Moteur_no=5 THEN
3945         OUTPUT 711:"I3"
3950         OUTPUT 711:"I4"
3955         Crnt(3)=Crnt(3)+Step_(3)
3960         Crnt(4)=Crnt(4)+Step_(4)
3965     ELSE
3970         OUTPUT 711:"I";BURL$(Moteur_no)
3975     IF Moteur_no=0 THEN

```

```

4390     MOT Crnt= Crnt+Step_#
4395     ELSE#
4396     Crnt(Moteur_no)=Crnt(Moteur_no)+Step_(Moteur_no)#
4398     END IF#
4400     END IF#
4405     RETURN #
4410     IC
4411     IC
4412     IC
4420     IC
4425     Term:OFF KEY #
4430     Flag_menu!#
4435     PRINT TABXY(1,14)#
4440     PRINT USING "TZ,/,TZ,/,7SX"#
4445     BEEP 81.3#5.1#
4450     PRINT TABXY(1,18):CHR$(13):"ARRET DU DEPLACEMENT EN COURS":CHR$(12)#
4455     OUTPUT 711:"!"#
4460     OFF TIMEOUT 7#
4465     DISABLE INTR 7#
4470     WAIT .001      1 TEMPS POUR LIRE LE MESSAGE#
4475     DISP #
4480     FOR I=1 TO 4#
4485     OUTPUT 711:"C"VALS(I)#
4490     ENTER 711:Crnt(I)#
4495     NEXT I#
4500     ENABLE INTR 7#
4505     ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out#
4510     RETURN #
4515     IC
4520     IC
4525     IC
4530     Fin: SUBEXITE#
4535     IC
4540     IC
4545     IC
4550     Vel_query:PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"INFORMATION:";CHR$(128):"    VELOCITE"#
4555     GOSUB Moteur_no#
4560     Commande="VELOCITE: "Moteur#
4565     OUTPUT 711:"V"VALS(Moteur_no)#
4570     RETURN #
4575     IC
4580     IC
4585     IC
4590     Crnt_query:PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"INFORMATION:";CHR$(128):"    COORDONNEE COURANTE"#
4595     GOSUB Moteur_no#
4600     Commande="COORD. CRNT: "Moteur#
4605     OUTPUT 711:"C"VALS(Moteur_no)#
4610     RETURN #
4615     IC
4620     IC
4625     IC
4630     Step_query:PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"INFORMATION:";CHR$(128):"    INCREMENT"#
4635     GOSUB Moteur_no#
4640     Commande="INCREMENT: "Moteur#
4645     OUTPUT 711:"S"VALS(Moteur_no)#
4650     RETURN #
4655     IC
4660     IC
4665     IC
4670     Abs_query:PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"INFORMATION:";CHR$(128):"    POSITION ABSOLUE"#
4675     GOSUB Moteur_no#
4680     Commande="POS. ABS: "Moteur#
4685     OUTPUT 711:"A"VALS(Moteur_no)#
4690     RETURN #
4695     IC
4700     IC
4705     IC
4710     Bklh_query:PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"INFORMATION:";CHR$(128):"    BACKLASH"#
4715     GOSUB Moteur_no#
4720     Commande="BACKLASH: "Moteur#
4725     OUTPUT 711:"B"VALS(Moteur_no)#
4730     RETURN #
4735     IC
4740     IC
4745     IC
4750     Limit_query:PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"INFORMATION:";CHR$(128):"    LIMITE DE DEPLACEMENT"#
4755     GOSUB Moteur_no#
4760     INPUT "DESIREZ-VOUS LA LIMITE SUPERIEURE OU INFERIEURE [ S ou I ]",R#
4765     R#="UPC"(R)#
4770     ON POS("SI",R#)+1 GOTO 4360,4375,4375#
4775     IF R#="S" THEN #

```

```

4380 Commande$="LIMIT.SUP:"Moteur$;
4385 OUTPUT 711:"L"BUVAL$(Moteur_no)8"1";
4390 ELSE;
4395 Commande$="LIMIT.INF:"Moteur$;
4400 OUTPUT 711:"L"BUVAL$(Moteur_no)8"2";
4405 END IF;
4410 RETURN ;
4415 ;
4420 ;
4425 ;
4430 Home:PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"DELACEMENT=":CHR$(129):" RETOUR A 0";
4435 Flag_gau_et_dr=1;
4440 GOSUB Moteur_no;
4445 IF Moteur_no=5 THEN ;
4450 OUTPUT 711:"H3";
4455 OUTPUT 711:"H4";
4460 Crnt(3)=0;
4465 Crnt(4)=0;
4470 ELSE;
4475 OUTPUT 711:"H"BUVAL$(Moteur_no);
4480 IF Moteur_no=0 THEN ;
4485 MAT Crnt= (0);
4490 ELSE;
4495 Crnt(Moteur_no)=0;
4500 END IF;
4505 END IF;
4510 RETURN ;
4515 ;
4520 ;
4525 ;
4530 Param:OFF KEY ;
4535 Flag_menu=1;
4540 PRINT TABXY(1,14);
4545 PRINT USING "72X / 72X / 75X";
4550 PRINT TABXY(1,18):CHR$(129):"PARAMETRES=":CHR$(129):" MISE A JOUR";
4555 INPUT "VOULEZ-VOUS METTRE A JOUR LE TABLEAU DE PARAMETRES? EO ou NI",R;
4560 ON POS("ON" UPCS(R))+1 GOTO 4555,4565,4760;
4565 PRINT " " ** LECTURE DES PARAMETRES DES MOTEURS. UN MOMENT SUP **;
4570 OFF TIMEOUT ?;
4575 DISABLE INTR ?;
4580 PRINT CHR$(132):"NOMBRE DE PARAMETRES A ETRE LUS=":CHR$(128):" ** ";
4585 N=29;
4590 FOR I=1 TO 4;
4595 N=N-1;
4600 PRINT TABXY(39,3):N:" ** ";
4605 OUTPUT 711:"U"BUVAL$(I);
4610 ENTER 711:Uel(I);
4615 N=N-1;
4620 PRINT TABXY(39,3):N:" ** ";
4625 OUTPUT 711:"C"BUVAL$(I);
4630 ENTER 711:Crnt(I);
4635 N=N-1;
4640 PRINT TABXY(39,3):N:" ** ";
4645 OUTPUT 711:"S"BUVAL$(I);
4650 ENTER 711:Step(I);
4655 N=N-1;
4660 PRINT TABXY(39,3):N:" ** ";
4665 OUTPUT 711:"R"BUVAL$(I);
4670 ENTER 711:Rbs(I);
4675 N=N-1;
4680 PRINT TABXY(39,3):N:" ** ";
4685 OUTPUT 711:"B"BUVAL$(I);
4690 ENTER 711:Bklh(I);
4695 N=N-1;
4700 PRINT TABXY(39,3):N:" ** ";
4705 OUTPUT 711:"L"BUVAL$(I)8"1";
4710 ENTER 711:Limit_sup(I);
4715 N=N-1;
4720 PRINT TABXY(39,3):N:" ** ";
4725 OUTPUT 711:"L"BUVAL$(I)8"2";
4730 ENTER 711:Limit_inf(I);
4735 NEXT I;
4740 ENABLE INTR ?;
4745 ON TIMEOUT ? CALL Time_out;
4750 PRINT TABXY(1,1):" ** MANIPULATION DES MOTEURS A L'AIDE DU MENU ** ";
4755 PRINT TABXY(1,3):TAB(80);
4760 RETURN ;
4765 ;
4770 ;
4775 ;

```

```

4780 Quit:OFF KEY %
4785 Flag_menu=1%
4790 PRINT TABXY(1,14)%
4795 PRINT USING "72X/,72X/,75X"%
4800 PRINT TABXY(1,19):CHR$(129):"CONTROLE=":CHR$(129):" PASSAGE DE CONTROLE"%
4805 INPUT "VOULEZ-VOUS PASSER LE CONTROLE DES MOTEURS AU CLAVIER PORTATIF? (O ou N)",RS%
4810 AS=UPCR$(RS)%
4815 ON POS("ON",RS)+1 GOTO 4805,4820,4820%
4820 IF AS="O" THEN %
4825 Commande="CONTROLE"%
4830 BEEP 81.58+6.,2%
4835 OUTPUT 711:"00"%
4840 Statut=2%
4845 SUBEXIT%
4850 END IF%
4855 RETURN %
4860 IF %
4865 IF %
4870 IF %
4875 Stop_inc:ARRET DES MOTEURS ET INCREMENTE AVEC LES NOUVEAUX PARAMETRES%
4880 GOSUB Term%
4885 PRINT TABXY(1,7)%
4890 PRINT USING ""COORD. COUR. (mm) "" ,SD.49,SD.40,SD.40,SD.40":Crnt(%)%
4895 GOSUB Inc%
4900 RETURN %
4905 IF %
4910 IF %
4915 IF %
4920 Moteur_no:PRINT TABXY(1,14)%
4925 PRINT USING "72X/,72X/,75X"%
4930 IF Flag_gau_et_dr=1 THEN %
4935 INPUT "NOM DU MOTEUR CHOISI: HCT.Horiz],VET.Vert],[G]Gauche],[D]Droite],[G]Gau/Dr],[R]Tous]",RS%
4940 ELSE%
4945 INPUT "DONNER LE NOM DU MOTEUR CHOISI: HCT.Horiz],VET.Vert],[G]Gauche],[D]Droite],[R]Tous]",RS%
4950 END IF%
4955 Flag_menu=1%
4960 OFF KEY %
4965 SELECT AS%
4970 CASE "H"%
4975 Moteur_no=1%
4980 Moteur="H.HORIZ"%
4985 CASE "V"%
4990 Moteur_no=2%
4995 Moteur="H.VERT"%
5000 CASE "G"%
5005 Moteur_no=3%
5010 Moteur="G.GAUCHE"%
5015 CASE "D"%
5020 Moteur_no=4%
5025 Moteur="D.DROITE"%
5030 CASE "R"%
5035 Moteur_no=0%
5040 Moteur="R.TOUS"%
5045 CASE "B"%
5050 Moteur_no=5%
5055 Moteur="B.GAUCHE ET DROITE"%
5060 CASE ELSE%
5065 GOTO 4930%
5070 END SELECT%
5075 Flag_gau_et_dr=0%
5080 RETURN %
5085 SUBEND%
5090 IF %
5095 IF %
5100 IF %
5105 IF %
5110 IF %
5115 IF %
5120 IF %
5125 IF %
5130 IF %
5135 IF %
5140 SUB Draw_graph(Titre$,Abscisse$,Ordonnee$,Xmin,Xmax,INTEGER Ymin,Ymax)%
5145 IF %
5150 ! EVALUATION DES ECHELLES%
5155 IF %
5160 PRINT TABXY(1,2):TAB(80)%
5165 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)%
5170 GIMTE%
5175 GCLEAR%

```

```

%5180 CSIZE 5,.666667%
%5185 LORG 6%
%5190 FOR I=-.2 TO .2 STEP .1%
%5195 MOVE 69.5*1.100%
%5200 LABEL Titre%
%5205 NEXT I%
%5210 MOVE 17.94%
%5215 RECTANGLE 103,6%
%5220 CSIZE 4,.7%
%5225 LORG 4%
%5230 MOVE 69.5,0%
%5235 LABEL Abscisse%
%5240 LORG 6%
%5245 GEG%
%5250 LDIR 90%
%5255 MOVE 0,49%
%5260 CSIZE 3,.8%
%5265 LABEL Ordonnee%
%5270 UTCLIPORT 11,126,10,83%
%5275 WINDOW Xmin,Xmax,Ymin,Ymax%
%5280 Epsilon=1.E-10%
%5285 SELECT PROND(Xmax-Xmin,-3)%
%5290 CASE <=.5-Epsilon%
%5295 Xspace=.01%
%5300 Xmajor=5%
%5305 CASE .5 TO 1-Epsilon%
%5310 Xspace=.02%
%5315 Xmajor=5%
%5320 CASE 1 TO 2-Epsilon%
%5325 Xspace=.05%
%5330 Xmajor=4%
%5335 CASE 2 TO 5-Epsilon%
%5340 Xspace=.1%
%5345 Xmajor=5%
%5350 CASE 5 TO 10-Epsilon%
%5355 Xspace=.2%
%5360 Xmajor=5%
%5365 CASE 10 TO 20-Epsilon%
%5370 Xspace=.5%
%5375 Xmajor=4%
%5380 CASE 20 TO 50-Epsilon%
%5385 Xspace=1%
%5390 Xmajor=5%
%5395 CASE 50 TO 100-Epsilon%
%5400 Xspace=2%
%5405 Xmajor=5%
%5410 CASE 100 TO 200-Epsilon%
%5415 Xspace=5%
%5420 Xmajor=4%
%5425 CASE 200 TO 500-Epsilon%
%5430 Xspace=10%
%5435 Xmajor=5%
%5440 CASE 500 TO 1000-Epsilon%
%5445 Xspace=20%
%5450 Xmajor=5%
%5455 CASE 1000 TO 2000-Epsilon%
%5460 Xspace=50%
%5465 Xmajor=4%
%5470 CASE 2000 TO 5000-Epsilon%
%5475 Xspace=100%
%5480 Xmajor=5%
%5485 CASE ELSE%
%5490 Xspace=200%
%5495 Xmajor=5%
%5500 END SELECT%
%5505 SELECT Ymax-Ymin%
%5510 CASE <=5%
%5515 Yspace=.5%
%5520 CASE 6 TO 20%
%5525 Yspace=1%
%5530 CASE 21 TO 50%
%5535 Yspace=2%
%5540 CASE 51 TO 100%
%5545 Yspace=5%
%5550 CASE 101 TO 200%
%5555 Yspace=10%
%5560 CASE 201 TO 500%
%5565 Yspace=20%
%5570 CASE 501 TO 1000%
%5575 Yspace=50%

```

```

5580 CASE 1001 TO 2000
5585   Yspace=100
5590 END SELECT
5595 AXES Xspace,Yspace,Xmin,Ymin,Xmajor,2,3
5600 FSPACE
5605 LINE TYPE 4
5610 GRID Xspace*Xmajor,Yspace*2,Xmin,Ymin,1,1
5615 LINE TYPE 2
5620 GRID Xspace,Yspace/2,Xmin,Ymin,Xmajor,4,0
5625 CLIP OFF
5630 LINE TYPE 1
5635 LDIR 0
5640 LORG 6
5645 CSIZE 2,8,.0
5650 FOR I=Xmin TO Xmax STEP Xspace*Xmajor
5655   MOVE I,Ymin
5660   LABEL DROUND(I,3)
5665 NEXT I
5670 LORG 8
5675 CSIZE 3,.5
5680 FOR I=Ymin TO Ymax STEP Yspace*2
5685   MOVE Xmin,I
5690   LABEL I
5695 NEXT I
5700 MOVE Xmin,Ymin+.010*(Ymax-Ymin)
5705 RECTANGLE Xmax-Xmin,.132*(Ymax-Ymin)
5710 SUBEND
5715 !
5720 !
5725 !
5730 !
5735 !
5740 !
5745 !
5750 !
5755 SUB Print_graph(INTEGER Graph(),Graph2())
5760 OPTION BASE 1
5765 GLOAD Graph()
5770 PRINT TABXY(1,2):"VERIFIER QUE LE PRINTER GRAPHIQUE EST A L'ADRESSE ***701***"
5775 PRINT TABXY(1,3):"ET PESER SUR [CONTINUE] POUR DEBUTER L'IMPRESSIION"
5780 PAUSE
5785 PRINT TABXY(1,2):TAB(80)
5790 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)
5795 ON TIMEOUT ?,1 GOSUB Print_time_out
5800 DUMP DEVICE IS 701
5805 GLOAD Graph2()
5810 DUMP GRAPHICS
5815 GLOAD Graph()
5820 ON TIMEOUT ?,1 CALL Time_out
5825 SUBEXIT
5830 !
5835 !
5840 Print_time_out: !
5845 BEEP 81,23*?,.2
5850 GLOAD Graph()
5855 PRINT TABXY(1,2):"LE PRINTER GRAPHIQUE N'EST PAS A L'ADRESSE ***701**"
5860 PRINT TABXY(1,3):"FAIRE LA CORRECTION ET PESER SUR ***CONTINUE***"
5865 PAUSE
5870 PRINT TABXY(1,2):TAB(80)
5875 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)
5880 GLOAD Graph2()
5885 DUMP GRAPHICS
5890 RETURN
5895 !
5900 SUBEND
5905 !
5910 !
5915 !
5920 !
5925 !
5930 !
5935 !
5940 !
5945 !
5950 SUB Stock_graphpour(INTEGER Type,Graph(),Fp,Lo,REAL L1,L2,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hyd,Qty,Int_ser,Y0(),Y1(),Y2(),Y3())
5955 COM /Comments/ INTEGER Comments,Param(),CommentsS()
5960 INTEGER Total_pt,Point_no,Rec_no,Rec_dir
5965 ! TOTAL_PT EST LE NOMBRE DE POINTS
5970 ! POINT_NO EST LE DERNIER POINT DU PREMIER VECTEUR
5975 !

```

```

%5980 ! TYPE =-1 CORRESPOND A UN COUPLEUR A TROIS FIBRES;
%5985 ! TYPE =-2 CORRESPOND A UN COUPLEUR A DEUX FIBRES;
%5990 ! TYPE =-3 CORRESPOND A UN COUPLEUR A DEUX FIBRES ET PRESSION;
%5995 !
%6000 ! L1 NOMBRE DE POINTS MAXIMUM POUR 1/2 DISQUE;
%6005 ! L2 NOMBRE DE POINTS MAXIMUM POUR 1 DISQUE;
%6010 !
%6015 ! FP:FIRST_POINT;
%6020 ! LP:LAST_POINT;
%6025 !
%6030 SELECT Type;
%6035 CASE -1,-3;
%6040     Rec_no=3 ! NOMBRE DE RECORDS;
%6045     Rec_dia=200;
%6050 CASE -2;
%6055     Rec_no=2;
%6060     Rec_dia=180;
%6065 END SELECT;
%6070 DISP;
%6075 CLEAR;
%6080 PRINT "F" " *** STOCKAGE DE LA COURBE *** ";
%6085 PRINT "Mettre la disquette devant contenir le fichier dans le disc-drive";
%6090 PRINT "Puis peser sur 'CONTINUE'";
%6095 PAUSE;
%6100 PRINT "F";
%6105 ON ERROR GOTO Media_error;
%6110 GOTO 6115;
%6115 CAT;
%6120 LOOP;
%6125 OUTPUT KBD USING "0,X";"00",Param$(1),"M";
%6130 INPUT "Donner le nom du fichier utilise pour stocker la courbe: ( 'X' pour annuler )",A$;
%6135 EXIT IF LEN(A$)<1;
%6140 BEEP 81.23*6,.2;
%6145 PRINT "Le nom du fichier doit etre compose de 10 caracteres maximum";
%6150 END LOOP;
%6155 IF UPC(A$)="X" THEN;
%6160 PRINT "F";
%6165 GLOAD Graph(0);
%6170 GOTO 6520;
%6175 END IF;
%6180 Param$(1)=A$;
%6185 Total_pt=Lp-Fp+1;
%6190 ON ERROR GOTO Media_error;
%6195 IF Total_pt>L1+1 THEN;
%6200 CREATE BDATA A$,Rec_no,(L1+1)*8*Rec_dia;
%6205 B$="2" "000000";
%6210 CREATE BDATA B$,Rec_no,(Total_pt-(L1+1))*8. ! POINT_NO MAXIMUM = L2;
%6215 Point_no2=Fp+L1;
%6220 ELSE;
%6225 CREATE BDATA A$,Rec_no,Total_pt*8*Rec_dia;
%6230 Point_no2=Lp;
%6235 END IF;
%6240 OFF ERROR;
%6245 PRINT "F";
%6250 GLOAD Graph(0);
%6255 PRINT TAB(17,2):"STOCKAGE DE LA COURBE ET DES PARAMETRES.";
%6260 PRINT TAB(17,3):"UN MOMENT SUP. ";
%6265 ! ON CONSTITUE UN VECTEUR QUI CONTIENT LES POINTS DU PREMIER FICHIER;
%6270 ASSIGN @Graph TO A$;
%6275 SELECT Type;
%6280 CASE -1,-3;
%6285     REDIM Y1(Fp:Point_no2);
%6290     MAT Y1=Y0(Fp:Point_no2);
%6295     OUTPUT @Graph,1:Type,Fp,Lp,Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Comments,Y1(0),Comments$(1),Comments$(2),Comments$(3)! 16 BYTES LIB;
%6300     RES;
%6305     MAT Y1=Y2(Fp:Point_no2);
%6310     OUTPUT @Graph,2:Y1(0),Comments$(4),Comments$(5),Comments$(6),Param$(1),Param$(2),Param$(3)! 6 BYTES LIBRES;
%6315     MAT Y1=Y3(Fp:Point_no2);
%6320     OUTPUT @Graph,3:Hyd,Org,Int_sec,Y1(0),Comments$(7),Comments$(8),Param$(4),Param$(5),Param$(6),Param$(7),Param$(8),Param$(9),Para
%6325     m$(10)! 10 BYTES LIBRES;
%6330     ASSIGN @Graph TO B$;
%6335     IF Total_pt>L1+1 THEN;
%6340         ASSIGN @Graph TO B$;
%6345         REDIM Y1(Point_no2+1:Lp);
%6350         MAT Y1=Y0(Point_no2+1:Lp);
%6355         OUTPUT @Graph,1:Y1(0);
%6360         MAT Y1=Y2(Point_no2+1:Lp);
%6365         OUTPUT @Graph,2:Y1(0);
%6370         MAT Y1=Y3(Point_no2+1:Lp);
%6375         OUTPUT @Graph,3:Y1(0);

```

```

%6370      ASSIGN @E, @ph 10 *%
%6375      END IF%
%6380      CASE -2%
%6385      REDIM Y3(Fp:Point_no2)%
%6390      MAT Y3= Y0(Fp:Point_no2)%
%6395      OUTPUT @Graph,1:Type_,Fp,Lp,Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Comments,Y3(*),Hyd,Oxy,Int_sec,Comments$(1),Comments$(2),Comments$(
5),Comments$(4)!!88 BYT%
%6400      MAT Y3= Y2(Fp:Point_no2)%
%6405      OUTPUT @Graph,2:Y3(*),Comments$(5),Comments$(6),Comments$(7),Comments$(8),Param$(*)! 4 BYTES LIBRES%
%6410      ASSIGN @Graph TO *%
%6415      IF Total_pt>L1+1 THEN %
%6420      ASSIGN @Graph TO @%
%6425      REDIM Y3(Point_no2+1:Lp)%
%6430      MAT Y3= Y0(Point_no2+1:Lp)%
%6435      OUTPUT @Graph,1:Y3(*)%
%6440      MAT Y3= Y2(Point_no2+1:Lp)%
%6445      OUTPUT @Graph,2:Y3(*)%
%6450      ASSIGN @Graph TO *%
%6455      END IF%
%6460      END SELECT%
%6465      IF Type_=-1 OR Type_=-3 THEN ! RECONSTRUCTION DE Y1%
%6470      Lowerbound=BASE(Y0,1)%
%6475      Upperbound=BASE(Y0,1)+SIZE(Y0,1)-1%
%6480      REDIM Y1(Lowerbound:Upperbound)%
%6485      IF Type_=-1 THEN %
%6490      MAT Y1= Y0+Y3%
%6495      MAT Y1= (100)-Y1%
%6500      ELSE%
%6505      MAT Y1= (100)-Y0%
%6510      END IF%
%6515      END IF%
%6520      SUBEXIT%
%6525      !%
%6530      !%
%6535      !%
%6540      Media_error: 1 ON ISOLE L'ERREUR DE CREATION DU FICHIER%
%6545      BEEP 81,23*6,..2%
%6550      IF ERRL(6210) THEN PURGE @%
%6555      PRINT "LA DISQUETTE UTILISEE POUR STOCKER LE FICHIER EST TROP PLEINE OU INEXISTANTE "%
%6560      PRINT "INSERER UNE AUTRE DISQUETTE DE DATA DANS LE DISK DRIVE DE DROITE, "%
%6565      PRINT "PUIS PESER SUR [CONTINUE]"%
%6570      PAUSE%
%6575      GOTO 6115%
%6580      SUBEND%
%6585      !%
%6590      !%
%6595      !%
%6600      !%
%6605      !%
%6610      !%
%6615      !%
%6620      !%
%6625      SUB Parameter(INTEGER Graph(*),Graph2(*),Type_,Nb_cycle,REAL Nmin,Nmax,INTEGER Ymin,Ymax,REAL Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hyd,Oxy
,Int_sec)%
%6630      PRINT TABXY(1,2):TAB(80)%
%6635      PRINT TABXY(1,3):TAB(80)%
%6640      Delta_x_tot=Nmax-Nmin%
%6645      Delta_y_tot=Nmax-Ymin%
%6650      Vel_tot=Vel_gauche+Vel_droite%
%6655      LINE TYPE 1%
%6660      MOVE Nmin+.31*Delta_x_tot,Ymin+1.01*Delta_y_tot%
%6665      IDRAW 0,.132*Delta_y_tot%
%6670      LORG 3%
%6675      CSIZE 3,.6%
%6680      MOVE Nmin+.009*Delta_x_tot,Ymin+1.130*Delta_y_tot%
%6685      LABEL USING ""F. PRIMAIRE      GAZ: HYD: "" 40,"" OXY: "" 40,"" #CYCLES:"" 40":Hyd,Oxy,#_cyc":%
%6690      MOVE Nmin+.009*Delta_x_tot,Ymin+1.095*Delta_y_tot%
%6695      SELECT Type_%
%6700      CASE -1%
%6705      LABEL USING ""F. SEC. IetII      VEL: TORCHE: "" .30,"" GAUCHE: "" .30,"" DROITE: "" .30":Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite%
%6710      CASE -2,-3%
%6715      LABEL USING ""F. SECONDAIRE      VEL: TORCHE: "" .30,"" GAUCHE: "" .30,"" DROITE: "" .30":Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite%
%6720      END SELECT%
%6725      MOVE Nmin+.009*Delta_x_tot,Ymin+1.060*Delta_y_tot%
%6730      LABEL USING ""PERTE      DELTA K:      ETIREMENT:"" 10.30,"" TEMPS: "" 20.20":Vel_tot*Int_sec,Int_sec%
%6735      LINE TYPE 1%
%6740      MOVE Nmin+.30*Delta_x_tot,Ymin+1.110*Delta_y_tot%
%6745      IDRAW -.072*Delta_x_tot,0%
%6750      LINE TYPE 8%
%6755      SELECT Type_%

```

```

%6760 CASE -i%
%6765 MOVE Xmin+.30*Delta_x_tot,Ymin+1.065*Delta_y_tot%
%6770 IDRAW -.072*Delta_x_tot,0%
%6775 LINE TYPE 4%
%6780 MOVE Xmin+.50*Delta_x_tot,Ymin+1.067*Delta_y_tot%
%6785 IDRAW -.072*Delta_x_tot,0%
%6790 CASE -2,-3%
%6795 MOVE Xmin+.50*Delta_x_tot,Ymin+1.075*Delta_y_tot%
%6800 IDRAW -.072*Delta_x_tot,0%
%6805 END SELECT%
%6810 LINE TYPE 1%
%6815 MOVE Xmin+.30*Delta_x_tot,Ymin+1.04*Delta_y_tot%
%6820 IDRAW -.072*Delta_x_tot,0%
%6825 GSTORE Graph2(=)%
%6830 SUBEND%
%6835 IC
%6840 IC
%6845 IC
%6850 IC
%6855 IC
%6860 IC
%6865 SUB Output_graph(Output_device)%
%6870 ON KBD,8 RECOVER Kbd_intr0%
%6875 PRINT TABXY(1,2):"PRECISEZ LE TYPE D'IMPRESSION SUP. ^:TAB(80)%
%6880 PRINT TABXY(1,3):"PRESSER **I** ==> IMPRIMANTE **P** ==> PLOTTER"%
%6885 Boucle=GOTO Boucle%
%6890 IF
%6895 IF
%6900 IF
%6905 Kbd_intr0: ! UNE LETTRE A ETE TAPEE%
%6910 SELECT UPCB(KBD)%
%6915 CASE "I"%
%6920 OFF KBD%
%6925 Output_device=701%
%6930 CASE "P"%
%6935 OFF KBD%
%6940 Output_device=705%
%6945 CASE ELSE%
%6950 GOTO Boucle%
%6955 END SELECT%
%6960 PRINT TABXY(1,2):TAB(80)%
%6965 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)%
%6970 SUBEND%
%6975 IC
%6980 IC
%6985 IC
%6990 IC
%6995 IC
%7000 IC
%7005 IC
%7010 SUB Comments_query(INTEGER Graph(=),Type_)%
%7015 OPTION BASE 1%
%7020 ! SI TYPE_0 : PAS OBLIGE D'AVOIR DES COMMENTAIRES%
%7025 ! SI TYPE_1 : FAUT AVOIR DES COMMENTAIRES%
%7030 COM /Comments/ INTEGER Comments,Param(=),Comments$(=)%
%7035 INTEGER I%
%7040 GLOAD Graph(=)%
%7045 ON KBD,10 GOTO 7150%
%7050 IF Comments=1 THEN %
%7055 PRINT TABXY(10,2):"VOULEZ-VOUS LIRE OU MODIFIER LES COMMENTAIRES? (0 ou N)"%
%7060 Boucle1=GOTO Boucle1%
%7065 IF
%7070 ELSE%
%7075 MAT Param=( " " )%
%7080 MAT Comments=( " " )%
%7085 Comments$(1)=" "%
%7090 Comments$(2)=" "%
%7095 IF Type_ =1 THEN %
%7100 OFF KBD%
%7105 RB="0"%
%7110 GOTO 7155%
%7115 ELSE%
%7120 PRINT TABXY(10,2):"VOULEZ-VOUS DONNER DES COMMENTAIRES? (0 ou N)"%
%7125 Boucle2: GOTO Boucle2%
%7130 IF
%7135 END IF%
%7140 END IF%
%7145 IF
%7150 RB=UPCB(KBD)%
%7155 SELECT RB%

```

```

7160 CASE "M"
7165   OFF KBD
7170   PRINT TABXY(1,2):TAB(80)
7175   SUBEXIT
7180 CASE "D"
7185   OFF KBD
7190   GCLERR
7195   PRINT "F ** PARAMETRES ET COMMENTAIRES **"
7200 ! A CETTE POSITION ON DESIRE AJOUTER, LIRE OU MODIFIER LES COMMENTAIRES
7205   PRINT "REPONDERE A CHACUNE DES QUESTIONS: EPESEZ SUR [ENTER] POUR NE RIEN MODIFIER"
7210   PRINT TABXY(1,6):"NOM DU FICHIER:";Param(1)
7215   INPUT "DONNEZ LE NOM DESIRE POUR LE FICHIER: (10 CARACT. MAX)";Param(1)
7220   PRINT TABXY(1,6):"NOM DU FICHIER:";Param(1)
7225   PRINT TABXY(1,8):"DATE (JJ/MM/AAAA)";Param(2)
7230   INPUT "DONNEZ LA DATE DE L'EXPERIENCE: CJJ/MM/AAAA";Param(2)
7235   PRINT TABXY(1,8):"DATE (JJ/MM/AAAA)";Param(2)
7240   PRINT TABXY(1,10):"COMPAGNIE ET MODELE DES FIBRES:"
7245   PRINT TABXY(1,11):Comments(1)
7250   INPUT "COMPAGNIE ET MODELE DES FIBRES: ";Comments(1)
7255   PRINT TABXY(1,11):Comments(1)
7260   PRINT TABXY(1,13):"DIAMETRES DES FIBRES (um)";Param(3):TABXY(5,13):"AUX. IetII:";Param(4)
7265   INPUT "DIAMETRES DES FIBRES : PRINCIPALE (um)";Param(3),"DIAMETRES DES FIBRES: AUXILIAIRES I et II (um)";Param(4)
7270   PRINT TABXY(1,13):"DIAMETRES DES FIBRES (um)";Param(3):TABXY(5,13):"AUX. IetII:";Param(4)
7275   PRINT TABXY(1,15):"DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE:"
7280   PRINT TABXY(1,16):Comments(2)
7285   INPUT "DESCRIPTION DU TYPE DE L'EXPERIENCE: [Fusion,Etirement,etc (precisez)]";Comments(2)
7290   PRINT TABXY(1,16):Comments(2)
7295   PRINT TABXY(1,18):"UTILISATION DES FILTRES A LA SORTIE";Param(5)
7300   INPUT "UTILISATION DES FILTRES A LA SORTIE (O ou N)";Param(5)
7305   IF Param(5)="O" OR Param(5)="o" THEN Param(5)="OUI"
7310   IF Param(5)="N" OR Param(5)="n" THEN Param(5)="NON"
7315   PRINT TABXY(1,18):"UTILISATION DES FILTRES A LA SORTIE";Param(5)
7320   PRINT "DEBITS DE LA FUSION (nl/min)";Param(6):TABXY(5,18):"OXYGENE:";Param(7)
7325   INPUT "DEBITS DE LA FUSION: HYDROGENE (nl/min)";Param(6),"DEBITS DE LA FUSION: OXYGENE (nl/min)";Param(7)
7330   PRINT TABXY(1,18):"DEBITS DE LA FUSION (nl/min)";Param(6):TABXY(5,18):"OXYGENE:";Param(7)

7335 I=2
7340 LOOP
7345   I=I+1
7350   EXIT IF I>8
7355   PRINT "COMMENTAIRE SUPPLEMENTAIRE NO ";I-2:" ";
7360   PRINT Comments(I)
7365   INPUT "COMMENTAIRE SUPPLEMENTAIRE : (80 CARACTERES MAX OU [ENTER] SI TERMINE)";Comments(I)
7370   EXIT IF Comments(I)=""
7375   PRINT TABXY(1,18):Comments(I)
7380   END LOOP
7385   INPUT "VOULEZ-VOUS MODIFIER OU COMPLETER CERTAINS COMMENTAIRES? (O ou N)";
7390   ON POS("ON",OPC(AB))+1 GOTO 7385,7395,7405
7395   PRINT "PRESSER SUR [ENTER] POUR CONSERVER L'ANCIEN PARAMETRE"
7400   GOTO 7210
7405 !
7410 Fin: PRINT "F"
7415   Comments(1)
7420 CASE ELSE
7425   OFF KBD
7430   GOTO 7045
7435   END SELECT
7440 SUBEND
7445 !
7450 !
7455 !
7460 !
7465 !
7470 !
7475 !
7480 !
7485 !
7490 SUB Print_comments(Output device)
7495 ! CE SOUS-PROGRAMME SERT A IMPRIMER LES PARAMETRES ET COMMENTAIRES
7500   DIM Comments/INTEGER Comments,Param(*),Comments(*)
7505   INTEGER I
7510   Filename=Param(1)
7515   PRINTER IS Output device
7520   IF Output device=701 THEN
7525     PRINT "PARAMETRES ET COMMENTAIRES SUPPLEMENTAIRES:"
7530   ELSE
7535     PRINT "PARAMETRES ET COMMENTAIRES SUPPLEMENTAIRES:"
7540   END IF
7545   PRINT "NOM DU FICHIER: ";Filename;" DATE CJJ/MM/AAAA: ";Param(2)
7550   PRINT "COMPAGNIE ET MODELE DES FIBRES:"

```

```

7555 PRINT Comments$(1)
7560 PRINT "DIAMETRES DES FIBRES (um): PRINCIPALE: ";Param$(3); AUX. IetII: ";Param$(4)
7565 PRINT "DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE:"
7570 PRINT Comments$(2)
7575 PRINT "UTILISATION DES FILTRES A LA SORTIE: ";Param$(5)
7580 PRINT "DEBIT DE LA FUSION [ml/min]: HYDROGENE: ";Param$(6); OXYGENE: ";Param$(7)
7585 IF Output_device=CRT THEN
7590 DISP "PRESSER SUR [CONTINUE] POUR AVOIR LA SUITE DES COMMENTAIRES"
7595 PAUSE
7600 END IF
7605 I=2
7610 LOOP
7615 I=I+1
7620 EXIT IF I>8
7625 EXIT IF Comments$(I)=""
7630 PRINT "COMMENTAIRE SUPPLEMENTAIRE NO ";I-2; ":"
7635 PRINT Comments$(I)
7640 END LOOP
7645 IF Output_device=701 THEN PRINT "F"
7650 !E
7655 SUBEND
7660 !E
7665 !E
7670 !E
7675 !E
7680 !E
7685 !E
7690 !E
7695 !E
7700 !E
7705 SUB Automatique
7710 OPTION BASE 1
7715 COM Flag
7720 COM /torche/ Statut_torche,Hyd,Oxy
7725 COM /moteur/ Statut_moteur,Intr_flag_not,Commande,Statut_menu_not
7730 COM /Paran_moteur/ Vel(*),Crnt(*),Step(*),Abs(*),Bklh(*),Limit_sup(*),Limit_inf(*)
7735 COM /Morn/ Statut_povermtr,Parvain_no_filtr,Par_sec_no_filtr,Par_vain_filtred,Par_sec_filtred,Main_filter_val,Sec_filter_val,Norm_sec,
orn_main,Zero_main,Zero_sec
7740 COM /Morn2/ Par_trd_no_filtr,Par_trd_filtred,Ird_filter_val,Morn_trd,Zero_trd,INTEGER Type
7745 COM /Comments/ INTEGER Comments,Param$(*),Comments$(*)
7750 COM /Automatique/ A_hyd(*),A_ox(*),F_vel(*),R_vel(*),E_vel(*),A_pos_horiz(*),A_pos_vert(*),Dpl_vert_depart(*),A_nin(*),A_sec(*),A_
delta_t(*)
7755 COM /Automatique2/ Io_vel(*),Ia_vel(*),Paran_node_ar(*),Paran_redresse,Paran_taper_ar(*)
7760 REAL Step(4)
7765 DIM Pp$(0:59)E103,Pp_defaults(0:59)E103,I$(3)E803,Exp_type$(803)
7770 OFF KEY
7775 Flag=1
7780 DISP
7785 PRINT "F **** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE ****"
7790 PRINT "INITIALISATION ET VERIFICATION DES PARAMETRES. UN MOMENT SUP."
7795 READ Pp_defaults(*) ! PARAMETRES DES MOTEURS
7800 DATA U2.4,I,I,S195.,I,S395.,S495.,I2,I3,I4,I1,I,I,I,I,I,I,I,I,I2,I3,I4,I1,U2.4,I,I,I,I,I2,I3,I4,I1,S195.,I,S395.,S495.,I,I
,I,I,I,I,I,I2E
7805 DATA I3,I4,I1,I,I,I,I,I,I,I,I
7810 !E
7815 ! VERIFICATION DES MOTEURS
7820 !E
7825 Intr_flag_not=0
7830 Statut_menu_not=0
7835 DISABLE INTR ?
7840 ON TIMEOUT ? I RECOVER 7855
7845 OUTPUT 711:"U1"
7850 ENTER 711:0
7855 IF AB(") THEN
7860 Statut_moteur=3
7865 ELSE
7870 ON TIMEOUT ? I RECOVER 7890
7875 OUTPUT 711:"U2"
7880 ENTER 711:0
7885 ENTER 711:0
7890 IF AB(") THEN
7895 Statut_moteur=3
7900 ELSE
7905 Statut_moteur=2
7910 END IF
7915 END IF
7920 ON TIMEOUT ? I CALL Time_out
7925 ENABLE INTR ?
7930 SELECT Statut_moteur
7935 CASE =2

```

```

7940 BEEP 81.23*6.25
7945 PRINT "**** LES MOTEURS NE PEUVENT COMMUNIQUER AVEC LE HP18 ****"
7950 PRINT "AVOIR A CORRIGER LA SITUATION PAR LE SOUS-PROGRAMME DES MOTEURS"
7955 DISP "S PRESSER SUR [CONTINUE] POUR LE RETOUR AU MENU PRINCIPAL "
7960 PAUSE
7965 SUBEXIT
7970 CASE =3
7975 ! SUPPRESSION DE L'ECHO
7980 DISABLE INTR 7
7985 ON TIMEOUT 7,1 RECOVER 8000
7990 OUTPUT 711:"!"
7995 ENTER 711:80
8000 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out
8005 ENABLE INTR 7
8010 IF 80("<")! THEN OUTPUT 711:"!"
8015 WAIT .5
8020 OUTPUT 711:"820"
8025 OUTPUT 711:"L2116."
8030 OUTPUT 711:"L22-8."
8035 END SELECT
8040 !
8045 ! VERIFICATION DE LA TORCHE
8050 !
8055 SELECT Mod*Orv
8060 CASE (2)
8065 Statut_torche=1 ! LA TORCHE EST ETEINTE
8070 CASE ELSE
8075 Statut_torche=2 ! LA TORCHE EST ALLUMEE
8080 END SELECT
8085 OUTPUT 710:"00"
8090 !
8095 T$(1)=" A : COUPLEURS A TROIS FIBRES."
8100 T$(2)=" B : COUPLEURS A DEUX FIBRES OU TAPER."
8105 T$(3)=" C : COUPLEURS A DEUX FIBRES OU TAPER, AVEC PRESSION."
8110 Flag_type=0
8115 OFF KEY
8120 PRINT "**** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE ****"
8125 PRINT "TYPES D'EXPERIENCE PERMISES ACTUELLEMENT:"
8130 PRINT T$(1)
8135 PRINT " MAIN ARM: POWERMETER 01 TO HP3456 DIGITAL VOLTMETER AND SCANNER CH 01"
8140 PRINT " AUX ARM I: POWERMETER 00 TO SCANNER CH 00"
8145 PRINT " AUX ARM II: POWERMETER 02 TO HP3437 SYSTEM VOLTMETER AND SCANNER CH 02"
8150 PRINT T$(2)
8155 PRINT " MAIN ARM: POWERMETER 01 TO HP3456 DIGITAL VOLTMETER AND SCANNER CH 01"
8160 PRINT " AUX ARM IF ANY: POWERMETER 00 TO SCANNER CH 00"
8165 PRINT T$(3)
8170 PRINT " MAIN ARM: POWERMETER 01 TO HP3456 DIGITAL VOLTMETER AND SCANNER CH 01"
8175 PRINT " AUX ARM IF ANY: POWERMETER 00 TO SCANNER CH 00"
8180 PRINT " PRESSURE GAGE: TO HP3437 SYSTEM VOLTMETER AND SCANNER CH 02"
8185 REPEAT
8190 INPUT "CHOISIR UN TYPE D'EXPERIENCE (X POUR TERMINER):",Exp_type
8195 Exp_type=UP$(Exp_type)
8200 UNTIL Exp_type="A" OR Exp_type="B" OR Exp_type="C" OR Exp_type="X"
8205 IF Exp_type="X" THEN GOSUB Fin
8210 Type =1+(MIN(Exp_type)-64)
8215 Exp_type=T$(MIN(Exp_type)-64)
8220 Flag_menu=0
8225 Sweep=0
8230 Norm=0
8235 MAT Pp= Pp_default
8240 PRINT "**** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE ****"
8245 PRINT "TYPE D'EXPERIENCE: ",Exp_type
8250 ON KEY 0 LABEL " PARAMETRES",5 GOSUB Parametre
8255 ON KEY 1 LABEL " FUSION",5 GOSUB Fusion
8260 ON KEY 2 LABEL " REDRESSMENT",5 GOSUB Redressement
8265 ON KEY 3 LABEL " ETIREMENT",5 GOSUB Etirement
8270 ON KEY 4 LABEL "TORSION COUPL.",5 GOSUB Torsion
8275 IF Type =2 OR Type =3 THEN ON KEY 5 LABEL " TAPER",5 GOSUB Taper
8280 ON KEY 6 LABEL "TYPE D'EXPERT.",5 GOTO 8110
8285 ON KEY 9 LABEL " FIN ET RETOUR",5 GOSUB Fin
8290 DISP "CHOISIR UNE FONCTION SUP."
8295 IF Flag_menu=0 THEN GOTO 8295
8300 GOTO 8220
8305 !
8310 !
8315 !
8320 Parametre: ! VISIONNEMENT ET MODIFICATION DES PARAMETRES DE L'EXPERIENCE
8325 Flag_menu=1
8330 Flag_menu_param=0
8335 OFF KEY

```

```

%8340 PRINT "%** VERIFICATION DES PARAMETRES **"%
%8345 DISP "CHOISIR LE GROUPE DE PARAMETRES A VERIFIER"%
%8350 ON KEY 0 LABEL " FUSION",7 GOSUB Param_fusion%
%8355 ON KEY 1 LABEL " REDRESSMENT",7 GOSUB Param_redres%
%8360 ON KEY 2 LABEL " ETIREMENT",7 GOSUB Param_etirement%
%8365 ON KEY 3 LABEL "TORSION COUPL.",7 GOSUB Param_torsion%
%8370 IF Type =-2 OR Type =-3 THEN ON KEY 4 LABEL " TAPER",7 GOSUB Param_taper%
%8375 ON KEY 5 LABEL "FIN ET RETOUR",7 GOSUB Param_fin%
%8380 IF Flag_menu_param=0 THEN GOTO 9580%
%8385 IF Flag_menu_param=1 THEN GOTO 8330%
%8390 RETURN %
%8395 !C
%8400 !C
%8405 !C
%8410 Param_fusion: ! PARAMETRES DE LA FUSION%
%8415 OFF KEY %
%8420 Flag_menu_param=1%
%8425 PRINT TAB(1,1):"%** PARAMETRES DE LA FUSION **":TAB(80)%
%8430 CALL Parametre_auto(A_hyd(1),A_ox(1),F_vel(*),A_pos_horiz(1),A_pos_vert(1),Dpl_vert_depart(1),A_min(1),A_sec(1),A_delta_t(1),Type_
)%
%8435 RETURN %
%8440 !C
%8445 !C
%8450 !C
%8455 Param_redres: ! PARAMETRES DU REDRESSAGE%
%8460 OFF KEY %
%8465 Flag_menu_param=1%
%8470 PRINT TAB(1,1):"%** PARAMETRES DU REDRESSMENT **":TAB(80)%
%8475 CALL Parametre_auto(A_hyd(2),A_ox(2),R_vel(*),A_pos_horiz(2),A_pos_vert(2),Dpl_vert_depart(2),A_min(2),A_sec(2),A_delta_t(2),Type_
)%
%8480 RETURN %
%8485 !C
%8490 !C
%8495 !C
%8500 Param_etirement: ! PARAMETRES DE L'ETIREMENT%
%8505 OFF KEY %
%8510 Flag_menu_param=1%
%8515 PRINT TAB(1,1):"%** PARAMETRES DE L'ETIREMENT **":TAB(80)%
%8520 CALL Parametre_auto(A_hyd(3),A_ox(3),F_vel(*),A_pos_horiz(3),A_pos_vert(3),Dpl_vert_depart(3),A_min(3),A_sec(3),A_delta_t(3),Type_
)%
%8525 RETURN %
%8530 !C
%8535 !C
%8540 !C
%8545 Param_torsion: ! PARAMETRES DE TORSION DES COUPLEURS%
%8550 Flag_menu_param=1%
%8555 OFF KEY %
%8560 PRINT TAB(1,1):"%** PARAMETRES POUR LA TORSION DES COUPLEURS **"%
%8565 CALL Parametre_auto(A_hyd(4),A_ox(4),To_vel(*),A_pos_horiz(4),A_pos_vert(4),Dpl_vert_depart(4),A_min(4),A_sec(4),A_delta_t(4),Type_
)%
%8570 RETURN %
%8575 !C
%8580 !C
%8585 !C
%8590 Param_taper: ! PARAMETRES DES TAPERS%
%8595 OFF KEY %
%8600 Flag_menu_param=1%
%8605 PRINT TAB(1,1):"%** PARAMETRES POUR LES TAPERS **"%
%8610 CALL Parametre_auto(A_hyd(5),A_ox(5),Ta_vel(*),A_pos_horiz(5),A_pos_vert(5),Dpl_vert_depart(5),A_min(5),A_sec(5),A_delta_t(5),Type_
)%
%8615 RETURN %
%8620 !C
%8625 !C
%8630 !C
%8635 Param_fin: ! RETOUR%
%8640 Flag_menu_param=2%
%8645 OFF KEY %
%8650 RETURN %
%8655 !C
%8660 !C
%8665 !C
%8670 Fusion: ! OPERATION DE FUSION%
%8675 Flag_menu=1%
%8680 OFF KEY %
%8685 DISP %
%8690 PRINT TAB(1,3):TAB(80)%
%8695 !
%8700 ! POSITIONNEMENT DES MOTEURS%
%8705 !
%8710 OUTPUT 711:"00.4"%

```

```

8715 OUTPUT 711:"M"&FASCII$(A_pos_horiz(1))&
8720 OUTPUT 711:"M2"&FASCII$(A_pos_vert(1)*6.5)&
8725 OUTPUT 711:"M3"&
8730 OUTPUT 711:"M4"&
8735 MAT Step1=(95)&
8740 Step1(1)=-95&
8745 OUTPUT 711:"M0"&
8750 OUTPUT 711:"U1"&FASCII$(F_vel(1))&
8755 OUTPUT 711:"U2"&FASCII$(F_vel(2))&
8760 OUTPUT 711:"U3"&FASCII$(F_vel(3))&
8765 OUTPUT 711:"U4"&FASCII$(F_vel(4))&
8770 !&
8775 ! PROGRAMMATION DES MOTEURS&
8780 !&
8785 Pps(1)="M2"&FASCII$(A_pos_vert(1)*Dpl_vert_depart(1))&
8790 Pps(2)="U2"&FASCII$(F_vel(2))&
8795 Pps(3)="S1-95."&
8800 Pps(4)="S2"&FASCII$(Dpl_vert_depart(1))&
8805 Temps=0&
8810 IF F_vel(2)>0 THEN Temps=Dpl_vert_depart(1)/F_vel(2)&
8815 FOR I=1 TO 4&
8820 Pps(I*10)="S"&FASCII$(ROUND(SGN(Step1(I))*Temps*F_vel(I),-4))&
8825 NEXT I&
8830 Pps(25)="M2"&FASCII$(A_pos_vert(1)*6.5)&
8835 Pps(35)="S1-95."&
8840 Pps(36)=Pps(4)&
8845 Pps(39)="M2"&FASCII$(A_pos_vert(1)*3.5)&
8850 Pps(45)=Pps(1)&
8855 Pps(46)=Pps(2)&
8860 FOR I=1 TO 4&
8865 Pps(I+50)=Pps(I+10)&
8870 NEXT I&
8875 !&
8880 ! LES MOTEURS SONT PRETS A PARTIR&
8885 !&
8890 Vel_tot=F_vel(3)+F_vel(4)&
8895 Seconde_totale=R_min(1)*60+A_sec(1)&
8900 Etirement_total=Vel_tot*Seconde_totale&
8905 !&
8910 CALL Normalisation(0)&
8915 !&
8920 ! ALLUMAGE DE LA TORCHE ET AJUSTEMENT AU BON DEBIT&
8925 !&
8930 CALL Gaz(A_hyd(1),A_ox(1),"LA FUSION")&
8935 !&
8940 CALL Draw_graph("PUISSANCE VS ETIREMENT","ETIREMENT (mm)","PUISSANCE NORMALISEE (xxX)",0,Etirement_total,-20,110)&
8945 Statut_menus_mot=0&
8950 Horn=1&
8955 Experience(Vel_tot,Seconde_totale,A_delta_t(1),F_vel(1),F_vel(2),F_vel(3),F_vel(4),A_pos_vert(1),Dpl_vert_depart(1),Step1(*),Pps(*),Temps,Sweep,Horn)&
8960 DISABLE INTR 7&
8965 OFF TIMEOUT 7&
8970 FOR I=1 TO 4&
8975 OUTPUT 711:"C"&FASCII$(I)&
8980 ENTER 711:Crrt(I)&
8985 NEXT I&
8990 ENABLE INTR 7&
8995 ON TIMEOUT 7:CALL Time_out&
9000 A_pos_horiz(2)=Crrt(1)-2&
9005 A_pos_horiz(3)=ROUND((A_pos_horiz(1)+Crrt(1))/2,-4)&
9010 A_pos_horiz(4)=A_pos_horiz(3)&
9015 A_pos_vert(4)=A_pos_vert(1)*6.5&
9020 Param_node_ar(1)=Crrt(1)*2&
9025 Param_redresse=A_pos_horiz(1)*2&
9030 RETURN &
9035 !&
9040 !&
9045 !&
9050 Redressement: ! OPERATION DE REDRESSEMENT&
9055 Flag_menus=1&
9060 OFF KEY &
9065 OTSP &
9070 !&
9075 IF Statut_powertr=0 THEN &
9080 BEEP 400,2&
9085 PRINT TAB(1,9):"*** ATTENTION ***: ROCHEE NORMALISATION N'A ETE EFFECTUEE."&
9090 PRINT TAB(1,11):"SUCILLEZ PASSER PAR #FUSION# POUR UNE NORMALISATION A 2 OU 3 FIBRES #"&
9095 IF Type (>-1 THEN PRINT TAB(1,13):"SOUS PAR #ATTACHE# POUR UNE NORMALISATION A UNE SEULE FIBRE.#"&
9100 PRINT TAB(1,16):"PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIVRE ..."&
9105 PAUSE&

```

```

9110 RETURN §
9115 END IF §
9120 IF Type =-1 AND Statut_povertr(>3) THEN §
9125 BEEP 400,2§
9130 PRINT TABXY(1,9):"§§§§ ATTENTION §§§§ UNE NORMALISATION A TROIS FIBRES DOIT ETRE FAITE"§
9135 PRINT TABXY(1,10):"§§§§ AVANT D'EXECUTER CETTE MANIPULATION."§
9140 PRINT TABXY(1,13):"§§§§ SVEUILLEZ PASSER PAR §§§§ FUSIONS §§§§ POUR UNE NORMALISATION A 3 FIBRES §§§§"
9145 PRINT TABXY(1,16):"§§§§ PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIRE ..."§
9150 PAUSE§
9155 RETURN §
9160 END IF §
9165 IF Type =-2 OR Type =-3 THEN §
9170 IF Statut_povertr=1 THEN §
9175 PRINT TABXY(1,16):"§§§§ ATTENTION §§§§ UNE NORMALISATION POUR TAPER SERP UTILISEE."§
9180 ELSE §
9185 PRINT TABXY(1,16):"§§§§ ATTENTION §§§§ UNE NORMALISATION POUR COUPLEUR A DEUX FIBRES SERA UTILISEE"§
9190 END IF §
9195 REPEAT §
9200 INPUT "EST-CE LE TYPE DESIRE? [O ou N]" ,S§§§
9205 S§§§=UPCR(S§§§)§
9210 UNTIL S§§§="O" OR S§§§="N"§
9215 IF S§§§="O" THEN §
9220 PRINT TABXY(1,16):TAB(80)§
9225 ELSE §
9230 IF Statut_povertr=1 THEN §
9235 PRINT TABXY(1,18):"§§§§ SVEUILLEZ PASSER PAR §§§§ FUSIONS §§§§ POUR UNE NORMALISATION A 2 FIBRES."§
9240 ELSE §
9245 PRINT TABXY(1,18):"§§§§ SVEUILLEZ PASSER PAR §§§§ TAPER §§§§ POUR UNE NORMALISATION A UNE SEULE FIBRE."§
9250 END IF §
9255 DISP "PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIRE ..."§
9260 PAUSE§
9265 RETURN §
9270 END IF §
9275 END IF §
9280 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)§
9285 Sweep=1§
9290 PRINT TABXY(1,5):"§§§§ PARAMETRES SUPPLEMENTAIRES POUR LE REDRESSEMENT:"§
9295 PRINT TABXY(1,7):"§§§§ POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE:" §§§§ R_pos_horiz(2):" mm §§§§"
9300 PRINT TABXY(1,9):"§§§§ POSITION HORIZONTALE DE LA TORCHE AVANT LE RETOUR:" §§§§ Param_redresse:" mm §§§§"
9305 PRINT TABXY(1,11):"§§§§ VITESSE DE DEPLACEMENT HORIZONTAL DE LA TORCHE:" §§§§ R_vel(1):" mm/sec §§§§"
9310 INPUT "DESIREZ-VOUS MODIFIER UN DE CES PARAMETRES [O ou N]" ,R§§§
9315 ON POS("O",UPCR(R§§§))+1 GOTO 9310,9325,9410§
9320 ! §
9325 Flag_menu_2=0§
9330 DISP "CHOISIR UN PARAMETRE A MODIFIER [OU TERMINER]"§
9335 PRINT TABXY(1,16)§
9340 PRINT USING "BOX,/,BOX"§
9345 ON KEY 0 LABEL "POS.HOR.INIT." 7 GOSUB Redresse_1§
9350 ON KEY 1 LABEL "POS.PRE-RETOUR" 7 GOSUB Redresse_2§
9355 ON KEY 2 LABEL "VIT.TORC.HORIZ" 7 GOSUB Redresse_3§
9360 ON KEY 4 LABEL " RETOUR " 7 GOTO 9385§
9365 IF Flag_menu_2=0 THEN GOTO 9365§
9370 GOTO 9325§
9375 ! §
9380 ! §
9385 OFF KEY §
9390 DISP §
9395 PRINT TABXY(1,4)§
9400 PRINT USING "BOX,/,/,BOX,/,/,BOX,/,/,BOX"§
9405 ! §
9410 ! POSITIONNEMENT DES MOTEURS §
9415 ! §
9420 OUTPUT 711:"UO.4"§
9425 OUTPUT 711:"U1"&FNASCII$(R_pos_horiz(2))§
9430 OUTPUT 711:"U2"&FNASCII$(R_pos_vert(2)+6.5)§
9435 MAT Step1=(95)§
9440 OUTPUT 711:"UO"§
9445 OUTPUT 711:"U1"&FNASCII$(R_vel(1))§
9450 OUTPUT 711:"U2"&FNASCII$(R_vel(2))§
9455 OUTPUT 711:"U3"&FNASCII$(R_vel(3))§
9460 OUTPUT 711:"U4"&FNASCII$(R_vel(4))§
9465 ! §
9470 ! PROGRAMMATION DES MOTEURS §
9475 ! §
9480 Pp§(1)="U2"&FNASCII$(R_pos_vert(2)+Dpl_vert_depart(2))§
9485 Pp§(2)="U2"&FNASCII$(R_vel(2))§
9490 Pp§(4)="S2"&FNASCII$(Dpl_vert_depart(2))§
9495 Temps=0§
9500 IF R_vel(2)>0 THEN Temps=Dpl_vert_depart(2)/R_vel(2)§
9505 Pp§(10)="U1"&FNASCII$(Param_redresse)§

```

```

9510 FOR I=2 TO 4
9515 Pp$(I+9)="S"UAF$(I)&FMAscii$(PROUND(SGN(Step1(I))*Tempo*R_vel(I),-4))
9520 NEXT I
9525 Pp$(14)="U1"
9530 Pp$(15)="T1" & FMAscii$(A_pos_horiz(2))
9535 Pp$(16)="U1"
9540 Pp$(17)="T1" & FMAscii$(Param_redresse)
9545 Pp$(18)="J14-0"
9550 Pp$(23)="S195."
9555 Pp$(25)="T2" & FMAscii$(A_pos_vert(2)+6.5)
9560 Pp$(33)="S195."
9565 Pp$(36)=Pp$(4)
9570 Pp$(39)="T2" & FMAscii$(A_pos_vert(2)+3.5)
9575 Pp$(45)=Pp$(1)
9580 Pp$(46)=Pp$(2)
9585 Pp$(50)="T1"
9590 FOR I=1 TO 7
9595 Pp$(I+50)=Pp$(I+10)
9600 NEXT I
9605 Pp$(58)="J54-0"
9610 Pp$(59)="T"
9615 !
9620 ! LES MOTEURS SONT PRETS A PARTIR
9625 !
9630 Vel_tot=R_vel(3)+R_vel(4)
9635 Seconde_totale=A_rcn(2)+60+A_sec(2)
9640 Etirement_total=Vel_tot*Seconde_totale
9645 !
9650 ! ALLUMAGE DE LA TORCHE ET AJUSTEMENT AU BON DEBIT
9655 !
9660 CALL Gaz(A_hyd(2),A_ox(2),"LE REDRESSEMENT")
9665 !
9670 CALL Draw_graph("PUISSANCE US ETIREMENT","ETIREMENT (mm)","PUISSANCE NORMALISEE (xx)",0,Etirement_total,-20,110)
9675 Statut_menu_mot=0
9680 Norm=0
9685 Experience(Vel_tot,Seconde_totale,A_delta_t(2),R_vel(1),R_vel(2),R_vel(3),R_vel(4),A_pos_vert(2),Dpl_vert_deport(2),Step1(*),Pp$(*)
Tempo,Sweep,Norm)
9690 A_pos_vert(4)=A_pos_vert(2)+6.5
9695 RETURN
9700 !
9705 !
9710 !
9715 !
9720 Redresse_1:Flag_menu_2=1
9725 OFF KEY
9730 LOOP
9735 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE [mm]:",A_pos_horiz(2)
9740 A_pos_horiz(2)=PROUND(A_pos_horiz(2),-4)
9745 EXIT IF A_pos_horiz(2)=-99.9999 AND A_pos_horiz(2)=99.9999 AND A_pos_horiz(2)<>0
9750 BEEP 81.23*6..2
9755 PRINT TABXY(1,17):"ERREUR:" LA POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE
9760 PRINT TABXY(1,18):" DOIT ETRE ENTRE -99.9999 ET 99.9999 ET DIFFERENTE DE 0"
9765 END LOOP
9770 PRINT TABXY(1,7):TAB(80)
9775 PRINT TABXY(1,7):"POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE:" "A_pos_horiz(2):" mm
9780 RETURN
9785 !
9790 !
9795 !
9800 Redresse_2:Flag_menu_2=1
9805 OFF KEY
9810 LOOP
9815 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA POSITION HORIZ. DE LA TORCHE AVANT LE RETOUR [mm]:",Param_redresse
9820 Param_redresse=PROUND(Param_redresse,-4)
9825 EXIT IF Param_redresse=A_pos_horiz(2) AND Param_redresse=-99.9999 AND Param_redresse<>0
9830 BEEP 81.23*6..2
9835 PRINT TABXY(1,17):"ERREUR:" LA POSITION HORIZONTALE DE LA TORCHE AVANT LE RETOUR DOIT ETRE
9840 PRINT TABXY(1,18):" >= POS. INITIALE ET <= 99.9999 ET DIFFERENTE DE 0"
9845 END LOOP
9850 PRINT TABXY(1,9):TAB(80)
9855 PRINT TABXY(1,9):"POSITION HORIZONTALE DE LA TORCHE AVANT LE RETOUR:" "Param_redresse:" mm
9860 RETURN
9865 !
9870 !
9875 !
9880 Redresse_3:Flag_menu_2=1
9885 OFF KEY
9890 LOOP
9895 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VITESSE DE DEPLACEMENT HORIZONTAL DE LA TORCHE [mm/sec]:",R_vel(1)
9900 R_vel(1)=PROUND(R_vel(1),-4)

```

```

%9905 IF R_vel(1)<=.13 AND R_vel(1)>=0 THEN %
%9910 BEEP 300,.1%
%9915 WAIT .1%
%9920 BEEP 300,.1%
%9925 PRINT TABXY(1,17):"% ATTENTION %:" VERIFIER LA ZONE INTERDITE DES MOTEURS%"
%9930 PRINT TABXY(1,18):" PUIS PESSER SUR [CONTINUE]"%
%9935 PAUSE%
%9940 END IF%
%9945 EXIT IF R_vel(1)=0 AND R_vel(1)<=.4%
%9950 BEEP 81.23*6,.2%
%9955 PRINT TABXY(1,18):"%CORREUR:" LA VITESSE DOIT ETRE ENTRE 0 ET .4 mm/sec%"
%9960 END LOOP%
%9965 PRINT TABXY(1,11):TAB(80):"% "%
%9970 PRINT TABXY(1,11):"%VITESSE DE DEPLACEMENT HORIZONTAL DE LA TORCHE:"R_vel(1):"% mm/sec "%
%9975 RETURN %
%9980 !C
%9985 !C
%9990 !C
%9995 Etirement: ! OPERATION D'ETIREMENT%
%10000 Flag_menu=1%
%10005 OFF KEY %
%10010 DISP %
%10015 !%
%10020 IF Statut_povernt=0 THEN %
%10025 BEEP 400,.2%
%10030 PRINT TABXY(1,9):"%*** ATTENTION ***:" AUCUNE NORMALISATION N'A ETE EFFECTUEE.%
%10035 PRINT TABXY(1,11):"%VEUILLEZ PASSER PAR [FUSION] POUR UNE NORMALISATION A 2 OU 3 FIBRES %"
%10040 IF Type (>-1 THEN PRINT TABXY(1,13):"%300 PAR [TAPER] POUR UNE NORMALISATION A UNE SEULE FIBRE.%
%10045 PRINT TABXY(1,16):"%PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIRE ...%"
%10050 PAUSE%
%10055 RETURN %
%10060 END IF%
%10065 IF Type =-1 AND Statut_povernt(>3 THEN %
%10070 BEEP 400,.2%
%10075 PRINT TABXY(1,9):"%*** ATTENTION ***:" UNE NORMALISATION A TROIS FIBRES DOIT ETRE FAITE%"
%10080 PRINT TABXY(1,10):"% AVANT D'EXECUTER CETTE MANIPULATION.%
%10085 PRINT TABXY(1,13):"%VEUILLEZ PASSER PAR [FUSION] POUR UNE NORMALISATION A 3 FIBRES %"
%10090 PRINT TABXY(1,16):"%PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIRE ...%"
%10095 PAUSE%
%10100 RETURN %
%10105 END IF%
%10110 IF Type =-2 OR Type =-3 THEN %
%10115 IF Statut_povernt=1 THEN %
%10120 PRINT TABXY(1,16):"%*** ATTENTION ***:" UNE NORMALISATION POUR TAPER SERA UTILISEE.%
%10125 ELSE%
%10130 PRINT TABXY(1,16):"%*** ATTENTION ***:" UNE NORMALISATION POUR COUPLEUR A DEUX FIBRES SERA UTILISEE%"
%10135 END IF%
%10140 REPEAT%
%10145 INPUT "EST-CE LE TYPE DESIRE? [O ou N]":S%
%10150 S=S-UPC(S)%
%10155 UNTIL S="O" OR S="N"%
%10160 IF S="O" THEN %
%10165 PRINT TABXY(1,16):TAB(80)%
%10170 ELSE%
%10175 IF Statut_povernt=1 THEN %
%10180 PRINT TABXY(1,18):"%VEUILLEZ PASSER PAR [FUSION] POUR UNE NORMALISATION A 2 FIBRES.%
%10185 ELSE%
%10190 PRINT TABXY(1,18):"%VEUILLEZ PASSER PAR [TAPER] POUR UNE NORMALISATION A UNE SEULE FIBRE.%
%10195 END IF%
%10200 DISP "PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIRE ...%"
%10205 PAUSE%
%10210 RETURN %
%10215 END IF%
%10220 END IF%
%10225 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)%
%10230 !%
%10235 ! MODE ALLER-RETOUR DISPONIBLE POUR L'ETIREMENT ET LES TAPERS%
%10240 !%
%10245 INPUT "DESIREZ-VOUS UTILISER LE MODE "ALLER-RETOUR HORIZ." POUR LA TORCHE [O ou N]":R%
%10250 ON POS("O","N",UPC(R))>1 GOTO 10245,10260,10310%
%10255 !%
%10260 CALL Mode_aller_ret(Param_node_ar(%))%
%10265 !%
%10270 Dummy_aph3=R_pos_horiz(3)%
%10275 Dummy_ev1=E_vel(1)%
%10280 R_pos_horiz(3)=Param_node_ar(1)%
%10285 E_vel(1)=Param_node_ar(3)%
%10290 Sweep=1%
%10295 !%
%10300 ! POSITIONNEMENT DES MOTEURS%

```

```

10305 !
10310 OUTPUT 711:"U0.4"
10315 OUTPUT 711:"M1"&FNRASCII$(R_pos_horiz(3))
10320 OUTPUT 711:"M2"&FNRASCII$(R_pos_vert(3)+6.5)
10325 MAT Step1=(95)
10330 OUTPUT 711:"U3"
10335 OUTPUT 711:"U1"&BVAL$(E_vel(1))
10340 OUTPUT 711:"U2"&BVAL$(E_vel(2))
10345 OUTPUT 711:"U3"&BVAL$(E_vel(3))
10350 OUTPUT 711:"U4"&BVAL$(E_vel(4))
10355 !
10360 ! PROGRAMMATION DES MOTEURS
10365 !
10370 Pps(1)="M2"&FNRASCII$(R_pos_vert(3)+Dpl_vert_depart(3))
10375 Pps(2)="U2"&BVAL$(E_vel(2))
10380 Pps(4)="S2"&FNRASCII$(Dpl_vert_depart(3))
10385 Temps=0
10390 IF E_vel(2)>0 THEN Temps=Dpl_vert_depart(3)/E_vel(2)
10395 FOR I=1 TO 4
10400   Pps(I+10)="S"&BVAL$(I)&FNRASCII$(PROBND(SGN(Step1(I))*Temps+E_vel(I),-1))
10405 NEXT I
10410 Pps(25)="M2"&FNRASCII$(R_pos_vert(3)+6.5)
10415 Pps(36)=Pps(4)
10420 Pps(39)="M2"&FNRASCII$(R_pos_vert(3)+3.5)
10425 Pps(45)=Pps(1)
10430 Pps(46)=Pps(2)
10435 FOR I=1 TO 4
10440   Pps(I+50)=Pps(I+10)
10445 NEXT I
10450 !
10455 ! PROGRAMMATION SPECIALE SI LE MODE DE BALAYAGE EST CHOISI
10460 !
10465 IF Sweep=1 THEN
10470   Pps(10)="M1"&FNRASCII$(Param_node_ar(1)+Param_node_ar(2))
10475   Pps(11)=Pps(12) ! REMPLACE S1 PAR S2
10480   Pps(12)=Pps(13) ! REMPLACE S2 PAR S3
10485   Pps(13)=Pps(14) ! REMPLACE S3 PAR S4
10490   Pps(14)="U1"
10495   Pps(15)="M1"&FNRASCII$(Param_node_ar(1))
10500   Pps(16)="U1"
10505   Pps(17)="M1"&FNRASCII$(Param_node_ar(1)+Param_node_ar(2))
10510   Pps(18)="J1"
10515   Pps(23)="S195." ! INSTRUCTION DUMMY POUR REMPLACER I1
10520   Pps(33)="S195." ! INSTRUCTION DUMMY POUR REMPLACER I1
10525   Pps(50)="M1" ! REMPLACE I1 PAR M1
10530   Pps(51)=Pps(11) ! REMPLACE S1 PAR S2
10535   Pps(52)=Pps(12) ! REMPLACE S2 PAR S3
10540   Pps(53)=Pps(13) ! REMPLACE S3 PAR S4
10545   Pps(54)=Pps(14)
10550   Pps(55)=Pps(15)
10555   Pps(56)=Pps(16)
10560   Pps(57)=Pps(17)
10565   Pps(58)="J54-0"
10570   Pps(59)="I"
10575 END IF
10580 !
10585 ! LES MOTEURS SONT PRETS A PARTIR
10590 !
10595 Vel_tot=E_vel(3)+E_vel(4)
10600 Seconde_totale=R_sin(3)+60+R_sec(3)
10605 Etirement_total=Vel_tot*Seconde_totale
10610 !
10615 ! ALLUMAGE DE LA TORCHE ET AJUSTEMENT AU BON DEBIT
10620 !
10625 CALL Gaz(R_hyd(3),R_ox(3),"L'ETIREMENT")
10630 !
10635 CALL Draw_graph("PUISSANCE VS ETIREMENT","ETIREMENT (mm)","PUISSANCE NORMALISEE (xX)",0,Etirement_total,-20,110)
10640 Statut_menu_mot=0
10645 Horn=0
10650 Experience(Vel_tot,Seconde_totale,R_delta_t(3),E_vel(1),E_vel(2),E_vel(3),E_vel(4),R_pos_vert(3),Dpl_vert_depart(3),Step1(*),Pps(*),
  Temps,Sweep,Horn)
10655 R_pos_vert(4)=R_pos_vert(3)+6.5
10660 IF Sweep=1 THEN
10665   R_pos_horiz(3)=Dummy_aph3
10670   E_vel(1)=Dummy_ev1
10675 END IF
10680 RETURN
10685 !
10690 !
10695 !

```

```

10700 Torsion: 1 RETOUR DES MOTEURS SANS TORCHE POUR LA TORSION DU COUPLEUR
10705 Flag_mou=1
10710 OFF KEY
10715 DISP
10720 IF
10725 IF Statut_poverntr=0 THEN
10730 BEEP 400,.2
10735 PRINT TABXY(1,9):"*** ATTENTION ***: AUCUNE NORMALISATION N'A ETE EFFECTUEE."
10740 PRINT TABXY(1,11):"SVEUILLEZ PASSER PAR #FUSIONS POUR UNE NORMALISATION A 2 OU 3 FIBRES"
10745 IF Type (-)=-1 THEN PRINT TABXY(1,13):"SOI PAR #TAPERES POUR UNE NORMALISATION A UNE SEULE FIBRE."
10750 PRINT TABXY(1,16):"PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIRE ..."
10755 PAUSE
10760 RETURN
10765 END IF
10770 IF Type =-1 AND Statut_poverntr(>)3 THEN
10775 BEEP 400,.2
10780 PRINT TABXY(1,9):"*** ATTENTION ***: UNE NORMALISATION A TROIS FIBRES DOIT ETRE FAITE"
10785 PRINT TABXY(1,10):"AVANT D'EXECUTER CETTE MANIPULATION."
10790 PRINT TABXY(1,13):"SVEUILLEZ PASSER PAR #FUSIONS POUR UNE NORMALISATION A 3 FIBRES"
10795 PRINT TABXY(1,16):"PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIRE ..."
10800 PAUSE
10805 RETURN
10810 END IF
10815 IF Type =-2 OR Type =-3 THEN
10820 IF Statut_poverntr=1 THEN
10825 PRINT TABXY(1,16):"*** ATTENTION ***: UNE NORMALISATION POUR TAPER SERA UTILISEE."
10830 ELSE
10835 PRINT TABXY(1,16):"*** ATTENTION ***: UNE NORMALISATION POUR COUPLEUR A DEUX FIBRES SERA UTILISEE"
10840 END IF
10845 REPEAT
10850 INPUT "EST-CE LE TYPE DESIRE? (0 ou N) ",S
10855 S=UPC(S)
10860 UNTIL S="0" OR S="N"
10865 IF S="0" THEN
10870 PRINT TABXY(1,16):TAB(80)
10875 ELSE
10880 IF Statut_poverntr=1 THEN
10885 PRINT TABXY(1,18):"SVEUILLEZ PASSER PAR #FUSIONS POUR UNE NORMALISATION A 2 FIBRES."
10890 ELSE
10895 PRINT TABXY(1,18):"SVEUILLEZ PASSER PAR #TAPERES POUR UNE NORMALISATION A UNE SEULE FIBRE."
10900 END IF
10905 DISP "PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIRE ..."
10910 PAUSE
10915 RETURN
10920 END IF
10925 END IF
10930 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)
10935 IF
10940 ! POSITIONNEMENT DES MOTEURS
10945 IF
10950 OUTPUT 711:"U0.4"
10955 OUTPUT 711:"U1"&FNASCII$(A_pos_horiz(4))
10960 OUTPUT 711:"U2"&FNASCII$(A_pos_vert(4)+6.5)
10965 MAT Step1=(-95)
10970 OUTPUT 711:"U0"
10975 OUTPUT 711:"U1"&FNASCII$(To_vel(1))
10980 OUTPUT 711:"U2"&FNASCII$(To_vel(2))
10985 OUTPUT 711:"U3"&FNASCII$(To_vel(3))
10990 OUTPUT 711:"U4"&FNASCII$(To_vel(4))
10995 IF
11000 ! PROGRAMMATION DES MOTEURS
11005 IF
11010 Pp(1)="U2"&FNASCII$(A_pos_vert(4)+0pl_vert_depart(4))
11015 Pp(2)="U2"&FNASCII$(To_vel(4))
11020 Pp(3)="S1-95."
11025 Pp(4)="S2"&FNASCII$(0pl_vert_depart(4))
11030 Pp(5)="S3-95."
11035 Pp(6)="S4-95."
11040 Temps=0
11045 IF To_vel(2)>0 THEN Temps=0pl_vert_depart(4)/To_vel(2)
11050 FOR I=1 TO 4
11055 Dummy_s=ROUND(SIN(Step1(I))*Temps/To_vel(I),-4)
11060 IF Dummy_s=0 THEN Dummy_s=.0001
11065 Pp(I+10)="S"&FNASCII$(I)&FNASCII$(Dummy_s)
11070 NEXT I
11075 Pp(25)="U2"&FNASCII$(A_pos_vert(4)+6.5)
11080 Pp(35)="S1-95."
11085 Pp(36)=Pp(4)
11090 Pp(37)="S3-95."
11095 Pp(38)="S4-95."

```

```

%11100 Pps(39)=712*BFNfscii$(A_pos_vert(4)+3.5)
%11105 Pps(45)=Pps(1)
%11110 Pps(46)=Pps(2)
%11115 FOR I=1 TO 4
%11120 Pps(I+50)=Pps(I+10)
%11125 NEXT I
%11130 !
%11135 ! LES MOTEURS SONT PRETS A PARTIR
%11140 !
%11145 Vel_tot=Ia_vel(3)+Ia_vel(4)
%11150 Seconde_totale=A_min(4)+60*A_sec(4)
%11155 Etirement_total=Vel_tot*Seconde_totale
%11160 !
%11165 ! ALLUMAGE DE LA TORCHE ET AJUSTEMENT AU BON DEBITE
%11170 !
%11175 CALL Gaz(A_hyd(4),A_ox(4),"LA TORSION")
%11180 !
%11185 CALL Draw_graph("PUISSANCE US ETIREMENT", "ETIREMENT (mm)", "PUISSANCE NORMALISEE (xX)", 0, Etirement_total, -20, 110)
%11190 Statut_menu_not=0
%11195 Norm=0
%11200 Experience(Vel_tot, Seconde_totale, A_delta_t(4), Ia_vel(1), Ia_vel(2), Ia_vel(3), Ia_vel(4), A_pos_vert(4), Dpl_vert_depart(4), Step(4), Pp
%11205 s(4), Temps, Sweep, Norm)
%11210 !
%11215 !
%11220 !
%11225 Taper: ! FABRICATION D'UN TAPER
%11230 OFF KEY
%11235 Flag_menu=1
%11240 DISP
%11245 PRINT TABBY(1,3):TAB(80)
%11250 !
%11255 ! MODE ALLER-RETOUR DISPONIBLE POUR L'ETIREMENT ET LES TAPERS
%11260 !
%11265 INPUT "DESTIREZ-VOUS UTILISER LE MODE ""ALLER-RETOUR HORIZ."" POUR LA TORCHE (O ou N) ",A
%11270 ON POS("O","N") GOTO 11265,11280,11315
%11275 !
%11280 CALL Mode_aller_ret(Param_taper_ar(4))
%11285 !
%11290 Dummy_aph5=A_pos_horiz(5)
%11295 Dummy_tav1=Ia_vel(1)
%11300 A_pos_horiz(5)=Param_taper_ar(1)
%11305 Ia_vel(1)=Param_taper_ar(3)
%11310 Sweep=1
%11315 !
%11320 ! POSITIONNEMENT DES MOTEURS
%11325 !
%11330 OUTPUT 711:"UO.4"
%11335 OUTPUT 711:"U1"BFNfscii$(A_pos_horiz(5))
%11340 OUTPUT 711:"U2"BFNfscii$(A_pos_vert(5)+6.5)
%11345 OUTPUT 711:"H3"
%11350 OUTPUT 711:"H4"
%11355 MAT Step(4)= (95)
%11360 OUTPUT 711:"UO"
%11365 OUTPUT 711:"U1"BUVL$(Ia_vel(1))
%11370 OUTPUT 711:"U2"BUVL$(Ia_vel(2))
%11375 OUTPUT 711:"U3"BUVL$(Ia_vel(3))
%11380 OUTPUT 711:"U4"BUVL$(Ia_vel(4))
%11385 !
%11390 ! PROGRAMMATION DES MOTEURS
%11395 !
%11400 Pps(1)=712*BFNfscii$(A_pos_vert(5)+Dpl_vert_depart(5))
%11405 Pps(2)="U2"BFNfscii$(Ia_vel(2))
%11410 Pps(4)="S2"BFNfscii$(Dpl_vert_depart(5))
%11415 Temps=0
%11420 IF Ia_vel(2) THEN Temps=Dpl_vert_depart(5)/Ia_vel(2)
%11425 FOR I=1 TO 4
%11430 Pps(I+10)="S"BUVL$(I)BFNfscii$(PROUND(SGN(Step(I))*Temps*Ia_vel(I),-4))
%11435 NEXT I
%11440 Pps(25)=712*BFNfscii$(A_pos_vert(5)+6.5)
%11445 Pps(36)=Pps(4)
%11450 Pps(39)=712*BFNfscii$(A_pos_vert(5)+3.5)
%11455 Pps(45)=Pps(1)
%11460 Pps(46)=Pps(2)
%11465 FOR I=1 TO 4
%11470 Pps(I+50)=Pps(I+10)
%11475 NEXT I
%11480 !
%11485 ! PROGRAMMATION SPECIALE SI LE MODE DE BALAYAGE EST CHOISI
%11490 !

```

```

%11495 IF Sweep=1 THEN %
%11500 Pps(10)=T1*AFNfsc1:(Param_taper_ar(1)+Param_taper_ar(2));
%11505 Pps(11)=Pps(12) ! REPLACE S1 PAR S2;
%11510 Pps(12)=Pps(13) ! REPLACE S2 PAR S3;
%11515 Pps(13)=Pps(14) ! REPLACE S3 PAR S4;
%11520 Pps(14)="UI";
%11525 Pps(15)=T1*AFNfsc1:(Param_taper_ar(1));
%11530 Pps(16)="UI";
%11535 Pps(17)=T1*AFNfsc1:(Param_taper_ar(1)+Param_taper_ar(2));
%11540 Pps(18)="J14-0";
%11545 Pps(23)="S195." ! INSTRUCTION DUMMY POUR REMPLACER I1;
%11550 Pps(33)="S195." ! INSTRUCTION DUMMY POUR REMPLACER I1;
%11555 Pps(50)=T1 ! REPLACE I1 PAR M1;
%11560 FOR I=1 TO 7;
%11565 Pps(I+50)=Pps(I+10);
%11570 NEXT I;
%11575 Pps(58)="J54-0";
%11580 Pps(59)="T";
%11585 END IF;
%11590 !;
%11595 ! LES MOTEURS SONT PRETS A PARTIR;
%11600 !;
%11605 Vel_tot=Va_vel(3)+Va_vel(4);
%11610 Seconde_totale=R_min(5)+60*R_sec(5);
%11615 Etirement_total=Vel_tot*Seconde_totale;
%11620 !;
%11625 CALL Normalisation(1);
%11630 !;
%11635 ! ALLUMAGE DE LA TORCHE ET AJUSTEMENT AU BON DEBIT;
%11640 !;
%11645 CALL Gaz(R_hyd(5),R_ox(5),"LES TAPERS");
%11650 !;
%11655 CALL Draw_graph("PUISSANCE US ETIREMENT","ETIREMENT (mm)","PUISSANCE NORMALISEE (xxZ)",3,Etirement_total,-20,110);
%11660 Statut_memo_mot=0;
%11665 Norm=1;
%11670 Experience(Vel_tot,Seconde_totale,R_delta_t(5),Va_vel(1),Va_vel(2),Va_vel(3),Va_vel(4),R_pos_vert(5),Dpl_vert_depart(5),Step(1),Pp
$(1),Temps,Succes,Norm);
%11675 DISABLE INTR 7;
%11680 OFF TIMEOUT 7;
%11685 FOR I=1 TO 4;
%11690 OUTPUT 711:"C"RVALS(I);
%11695 ENTER 711;Crnt(I);
%11700 NEXT I;
%11705 ENABLE INTR 7;
%11710 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out;
%11715 R_pos_horiz(2)=R_pos_horiz(5)-2;
%11720 R_pos_vert(4)=R_pos_vert(5)+6.5;
%11725 Param_mode_ar(1)=R_pos_horiz(5)+2;
%11730 IF Sweep=1 THEN %
%11735 Param_redresse=R_pos_horiz(5)+Param_taper_ar(2)+2;
%11740 R_pos_horiz(3)=PROBND((R_pos_horiz(5)+Param_redresse-2)/2,-4);
%11745 R_pos_horiz(5)=Dumy_aph;
%11750 Va_vel(1)=Dumy_tau;
%11755 ELSE;
%11760 Param_redresse=Crnt(1)+2;
%11765 R_pos_horiz(3)=PROBND((R_pos_horiz(5)+Crnt(1))/2,-4);
%11770 END IF;
%11775 R_pos_horiz(4)=R_pos_horiz(3);
%11780 RETURN;
%11785 !;
%11790 !;
%11795 !;
%11800 !;
%11805 Finc ! RETOUR AU MENU PRINCIPAL;
%11810 OFF KEY;
%11815 Hyd=0;
%11820 Oxy=0;
%11825 OUTPUT 709:"R02,0,0R02,1,0";
%11830 Statut_torche=1;
%11835 SUBEXIT;
%11840 !;
%11845 !;
%11850 !;
%11855 !;
%11860 SUBEND;
%11865 !;
%11870 !;
%11875 !;
%11880 !;
%11885 !;

```

```

11890 !&
11895 SUB Parametre auto(A_hyd,A_ox,A_vel(1),A_pos_horiz,A_pos_vert,Op1_vert_depart,A_min,A_sec,A_delta_t,INTEGER Type_)&
11900 PRINT TABXY(1,3):"DEBITS DES GAZS:" HYDROGENE: ":A_hyd:" ml/min OXYGENE: ":A_ox:" ml/min"&
11905 PRINT TABXY(1,5):"VITESSE DES MOTEURS:" TORCHE HORIZ: ":A_vel(1):" mm/sec":TABXY(5,5):"TORCHE VERT: ":A_vel(2):" mm/sec"&
11910 PRINT TABXY(1,6):" GAUCHE: ":A_vel(3):" mm/sec":TABXY(5,6):"DROITE: ":A_vel(4):" mm/sec"&
11915 PRINT TABXY(1,8):"POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE:" ":A_pos_horiz:" mm"&
11920 PRINT TABXY(1,10):"POSITION VERTICALE D'UTILISATION DE LA TORCHE:" ":A_pos_vert:" mm"&
11925 PRINT TABXY(1,12):"DEPLACEMENT VERTICAL DE LA TORCHE APRES LE DEPART DES MOTEURS:" ":Op1_vert_depart:" mm"&
11930 PRINT TABXY(1,14):"DUREE MAXIMUM DE L'EXPERIENCE:" ":A_min:" min ":A_sec:" sec"&
11935 PRINT TABXY(1,16):"TEMPS ENTRE CHAQUE POINT:" ":A_delta_t:" sec"&
11940 !&
11945 !&
11950 Flag_menu=0&
11955 DISP "CHOISIR DE k0 A k9 OU SHIFT-k9 POUR MODIFIER UN PARAMETRE OU POUR TERMINER "&
11960 PRINT TABXY(1,16)&
11965 PRINT USING "BOX_/BOX"&
11970 ON KEY 0 LABEL "DEBIT HYDROGENE",9 GOSUB Debit_hyd&
11975 ON KEY 1 LABEL "VIT.TORC.HORIZ",9 GOSUB Vel_horiz&
11980 ON KEY 2 LABEL "VIT.TORC.VERT.",9 GOSUB Vel_vert&
11985 ON KEY 3 LABEL "POS.HOR.TORCHE",9 GOSUB Pos_horiz&
11990 ON KEY 4 LABEL "DUREE MAXIMUM",9 GOSUB Duree_max&
11995 ON KEY 5 LABEL "DEBIT OXYGENE",9 GOSUB Debit_ox&
12000 ON KEY 6 LABEL "VITESSE GAUCHE",9 GOSUB Vel_gauche&
12005 ON KEY 7 LABEL "VITESSE DROITE",9 GOSUB Vel_droite&
12010 ON KEY 8 LABEL "POS.VER.TORCHE",9 GOSUB Pos_vert&
12015 ON KEY 9 LABEL "FIN / DELTA T",9 GOSUB Fin&
12020 ON KEY 19,9 GOSUB Delta_t&
12025 IF Flag_menu=0 THEN GOTO 12025&
12030 Flag_menu=0&
12035 GOTO 11950&
12040 !&
12045 !&
12050 Debit_hyd: !&
12055 Flag_menu=1&
12060 OFF KEY &
12065 LOOP&
12070 INPUT "VEUILLEZ DONNER LE DEBIT D'HYDROGENE DESIRE (ml/min):",A_hyd&
12075 A_hyd=ROUND(A_hyd,0)&
12080 EXIT IF A_hyd=0 AND A_hyd<500 AND A_hyd=A_ox&
12085 BEEP 87.23*6,.2&
12090 PRINT TABXY(1,18):"ERREUR: LE DEBIT DOIT ETRE ENTRE 0 ET 500 ml/min ET PLUS GRAND QUE L'OXYGENE"&
12095 END LOOP&
12100 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)&
12105 PRINT TABXY(1,3):"DEBITS DES GAZS:" HYDROGENE: ":A_hyd:" ml/min OXYGENE: ":A_ox:" ml/min "&
12110 RETURN &
12115 !&
12120 !&
12125 Debit_ox: !&
12130 Flag_menu=1&
12135 OFF KEY &
12140 LOOP&
12145 INPUT "VEUILLEZ DONNER LE DEBIT D'OXYGENE DESIRE (ml/min):",A_ox&
12150 A_ox=ROUND(A_ox,-1)&
12155 EXIT IF A_ox=0 AND A_ox<100 AND A_ox<A_hyd&
12160 BEEP 87.23*6,.2&
12165 PRINT TABXY(1,18):"ERREUR: LE DEBIT DOIT ETRE ENTRE 0 ET 100 ml/min ET PLUS PETIT QUE L'HYDROGENE"&
12170 END LOOP&
12175 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)&
12180 PRINT TABXY(1,3):"DEBITS DES GAZS:" HYDROGENE: ":A_hyd:" ml/min OXYGENE: ":A_ox:" ml/min "&
12185 RETURN &
12190 !&
12195 !&
12200 Vel_horiz: !&
12205 Flag_menu=1&
12210 OFF KEY &
12215 LOOP&
12220 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VITESSE DE DEPLACEMENT HORIZONTAL DE LA TORCHE (mm/sec):",A_vel(1)&
12225 A_vel(1)=ROUND(A_vel(1),-1)&
12230 IF A_vel(1)<=.2 AND A_vel(1)=0 THEN &
12235 BEEP 300,.1&
12240 WAIT .1&
12245 BEEP 300,.1&
12250 PRINT TABXY(1,17):"ATTENTION: VERIFIER LA 2ME INTERDITE DES MOTEURS"&
12255 PRINT TABXY(1,18):" PUIS PESER SUR (CONTINUER)"&
12260 PAUSE&
12265 END IF&
12270 EXIT IF A_vel(1)=0 AND A_vel(1)<=.4&
12275 BEEP 87.23*6,.2&
12280 PRINT TABXY(1,18):"ERREUR: LA VITESSE DOIT ETRE ENTRE 0 ET .4 mm/sec"&
12285 END LOOP&

```

```

12290 PRINT TABXY(1,5):TAB(80):" "
12295 PRINT TABXY(1,5):"VITESSE DES MOTEURS:" TORCHE HORIZ.: ";A_vel(1):" mm/sec";TABXY(53,5):"TORCHE VERT.: ";A_vel(2):" mm/sec "
12300 RETURN
12305 !
12310 !
12315 Vel_vert: !
12320 Flag_menu=!
12325 OFF KEY
12330 LOOPS
12335 INPUT "VITESSE DE DEPLACEMENT VERTICAL DE LA TORCHE POUR L'APPROCHE FINALE [mm/sec]:";A_vel(2)
12340 A_vel(2)=ROUND(A_vel(2),-4)
12345 IF A_vel(2)<=.09 AND A_vel(2)>=0 THEN
12350 BEEP 300,.1
12355 WAIT .1
12360 BEEP 300,.1
12365 PRINT TABXY(1,17):"ATTENTION " VERIFIER LA ZONE INTERDITE DES MOTEURS"
12370 PRINT TABXY(1,18):" PUIS PESER SUR [CONTINUE]"
12375 PAUSE
12380 END IF
12385 EXIT IF A_vel(2)>=0 AND A_vel(2)<=.4
12390 BEEP 81.23*6,.2
12395 PRINT TABXY(1,18):"ERREUR:" LA VITESSE DOIT ETRE ENTRE 0 ET .4 mm/sec"
12400 END LOOP
12405 PRINT TABXY(1,5):TAB(80):" "
12410 PRINT TABXY(1,5):"VITESSE DES MOTEURS:" TORCHE HORIZ.: ";A_vel(1):" mm/sec";TABXY(53,5):"TORCHE VERT.: ";A_vel(2):" mm/sec "
12415 RETURN
12420 !
12425 !
12430 Vel_gauche: !
12435 Flag_menu=!
12440 OFF KEY
12445 LOOPS
12450 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VITESSE DE DEPLACEMENT DU MOTEUR DE GAUCHE [mm/sec]:";A_vel(3)
12455 A_vel(3)=ROUND(A_vel(3),-4)
12460 IF A_vel(3)<=.39 AND A_vel(3)>=.15 THEN
12465 BEEP 300,.1
12470 WAIT .1
12475 BEEP 300,.1
12480 PRINT TABXY(1,17):"ATTENTION " VERIFIER LA ZONE INTERDITE DES MOTEURS"
12485 PRINT TABXY(1,18):" PUIS PESER SUR [CONTINUE]"
12490 PAUSE
12495 END IF
12500 EXIT IF A_vel(3)>=0 AND A_vel(3)<=.4
12505 BEEP 81.23*6,.2
12510 PRINT TABXY(1,18):"ERREUR:" LA VITESSE DOIT ETRE ENTRE 0 ET .4 mm/sec"
12515 END LOOP
12520 PRINT TABXY(1,6):TAB(80):"
12525 PRINT TABXY(1,6):" GAUCHE: ";A_vel(3):" mm/sec";TABXY(53,6):"DROITE: ";A_vel(4):" mm/sec "
12530 RETURN
12535 !
12540 !
12545 Vel_droite: !
12550 Flag_menu=!
12555 OFF KEY
12560 LOOPS
12565 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VITESSE DE DEPLACEMENT DU MOTEUR DE DROITE [mm/sec]:";A_vel(4)
12570 A_vel(4)=ROUND(A_vel(4),-4)
12575 IF A_vel(4)<=.39 AND A_vel(4)>=.15 THEN
12580 BEEP 300,.1
12585 WAIT .1
12590 BEEP 300,.1
12595 PRINT TABXY(1,17):"ATTENTION " VERIFIER LA ZONE INTERDITE DES MOTEURS"
12600 PRINT TABXY(1,18):" PUIS PESER SUR [CONTINUE]"
12605 PAUSE
12610 END IF
12615 EXIT IF A_vel(4)>=0 AND A_vel(4)<=.4
12620 BEEP 81.23*6,.2
12625 PRINT TABXY(1,18):"ERREUR:" LA VITESSE DOIT ETRE ENTRE 0 ET .4 mm/sec"
12630 END LOOP
12635 PRINT TABXY(1,6):TAB(80):"
12640 PRINT TABXY(1,6):" GAUCHE: ";A_vel(3):" mm/sec";TABXY(53,6):"DROITE: ";A_vel(4):" mm/sec "
12645 RETURN
12650 !
12655 !
12660 Pos_horiz: !
12665 Flag_menu=!
12670 OFF KEY
12675 LOOPS
12680 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE [mm]:";A_pos_horiz
12685 A_pos_horiz=ROUND(A_pos_horiz,-4)

```

```

%12690 EXIT IF A_pos_horiz=>99.9999 AND A_pos_horiz<=<99.9999%
%12695 BEEP 81.23*6..2%
%12700 PRINT TABXY(1,17):"%ERREUR=% LA POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE":TABXY(1,18):" DOIT ETRE ENTRE -99.9999
ET 99.9999 mm"%
%12705 END LOOPE
%12710 PRINT TABXY(1,9):TAB(80)%
%12715 PRINT TABXY(1,8):"%POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE:" "A_pos_horiz:" mm "%
%12720 RETURN %
%12725 !%
%12730 !%
%12735 Pos_vert: !%
%12740 Flag_menu=!%
%12745 OFF KEY %
%12750 LOOPE
%12755 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA POSITION VERTICALE D'UTILISATION DE LA TORCHE [mm]:",A_pos_vert%
%12760 A_pos_vert=PROUND(A_pos_vert,-4)%
%12765 EXIT IF A_pos_vert=>8 AND A_pos_vert<=<9%
%12770 BEEP 81.23*6..2%
%12775 PRINT TABXY(1,17):"%ERREUR=% LA POSITION VERTICALE D'UTILISATION DE LA TORCHE":TABXY(1,18):" DOIT ETRE ENTRE -8 ET
9 mm"%
%12780 END LOOPE
%12785 PRINT TABXY(1,17):TAB(80)%
%12790 PRINT TABXY(1,18):TAB(80)%
%12795 PRINT TABXY(1,10):TAB(80)%
%12800 PRINT TABXY(1,10):"%POSITION VERTICALE D'UTILISATION DE LA TORCHE:" "A_pos_vert:" mm "%
%12805 LOOPE
%12810 INPUT "DEPLACEMENT VERTICALE DE LA TORCHE APRES LE DEPART DES MOTEURS [mm]:",Dpl_vert_depart%
%12815 Dpl_vert_depart=PROUND(Dpl_vert_depart,-4)%
%12820 EXIT IF Dpl_vert_depart=0 AND Dpl_vert_depart<=<6.5%
%12825 BEEP 81.23*6..2%
%12830 PRINT TABXY(1,18):"%ERREUR=% LE DEPLACEMENT VERTICALE DOIT ETRE ENTRE 0 ET 6.5 mm"%
%12835 END LOOPE
%12840 PRINT TABXY(1,12):TAB(80)%
%12845 PRINT TABXY(1,12):"%DEPLACEMENT VERTICALE DE LA TORCHE APRES LE DEPART DES MOTEURS:" "Dpl_vert_depart:" mm"%
%12850 RETURN %
%12855 !%
%12860 !%
%12865 Duree_max: !%
%12870 Flag_menu=!%
%12875 OFF KEY %
%12880 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA DUREE MAXIMALE DE L'EXPERIENCE [min,sec]:",A_min0,"SECONDE(S)?",A_sec0%
%12885 Sec_tot=A_min0*60+A_sec0%
%12890 Temps=0%
%12895 IF A_vel(2)<0 THEN Temps=Dpl_vert_depart/A_vel(2)%
%12900 IF Sec_tot<=0 OR INT(Sec_tot/A_delta_t)>32700 OR Sec_tot<=2*Temps+4 THEN %
%12905 BEEP 81.23*6..2%
%12910 PRINT TABXY(1,17):"%ERREUR=% LA DUREE DE L'EXPERIENCE DOIT ETRE POSITIVE OU PLUS LONGUE "%
%12915 PRINT TABXY(1,18):"OU PLUS COURTE OU EGALE A ":INT(A_delta_t*32700/60):" min. et ":A_delta_t*32700 MOD 60:" sec."%
%12920 DISP "%VALEUR INCHANGE. PESER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIVRE."%
%12925 PRISE%
%12930 ELSE%
%12935 A_min=A_min0%
%12940 A_sec=A_sec0%
%12945 PRINT TABXY(1,14):TAB(80)%
%12950 PRINT TABXY(1,14):"%DUREE MAXIMALE DE L'EXPERIENCE:" "A_min:" min "A_sec:" sec "%
%12955 END IF%
%12960 RETURN %
%12965 !%
%12970 !%
%12975 Delta_t: !%
%12980 Flag_menu=!%
%12985 OFF KEY %
%12990 IF Type =-2 THEN %
%12995 A_delta_min=.04%
%13000 ELSE%
%13005 A_delta_min=.1%
%13010 END IF%
%13015 INPUT "VEUILLEZ DONNER LE TEMPS ENTRE CHAQUE POINT [sec]:",A_delta_t0%
%13020 A_delta_t0=PROUND(A_delta_t0,-4)%
%13025 IF A_delta_t0<A_delta_min OR A_delta_t0.9999 OR INT((A_delta_min*60+A_sec)/A_delta_t0)>32700 THEN %
%13030 BEEP 81.23*6..2%
%13035 PRINT TABXY(1,17):"%ERREUR=% LE TEMPS ENTRE CHAQUE POINT DOIT ETRE ENTRE ":DABS(A_delta_min):" ET .99 sec"%
%13040 PRINT TABXY(1,18):"OU L'INTERVALLE MINIMUM PERMIS EST ":PROUND((A_delta_min*60+A_sec)/32700,-7)*.0004999,-3):" sec."%
%13045 DISP "%VALEUR INCHANGE. PESER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIVRE."%
%13050 PRISE%
%13055 ELSE%
%13060 A_delta_t=A_delta_t0%
%13065 PRINT TABXY(1,16):TAB(80)%
%13070 PRINT TABXY(1,16):"%TEMPS ENTRE CHAQUE POINT:" "A_delta_t:" sec "%
%13075 END IF%

```

```

13080 RETURN ;
13085 IC
13090 IC
13095 Fin: IC
13100 OFF KEY ;
13105 SUBEXIT;
13110 IC
13115 IC
13120 SUBEND;
13125 IC
13130 IC
13135 IC
13140 IC
13145 IC
13150 IC
13155 IC
13160 IC
13165 SUB Normalisation(Type_);
13170 COM /Norm/ Statut,Par_mai_no_filtr,Par_sec_no_filtr,Par_mai_filtred,Par_sec_filtred,Main_filter_val,Sec_filter_val,Norm_sec,Norm_mai_n,
Zero_mai_n,Zero_sec;
13175 COM /Norm2/ Par_trd_no_filtr,Par_trd_filtred,Trd_filter_val,Norm_trd,Zero_trd,INTEGER Type2;
13180 REAL Voltnorm(1:10);
13185 ! TYPE =0 POUR UNE NORMALISATION AUTRE QUE TAPER;
13190 ! TYPE =1 POUR UNE NORMALISATION A UNE FIBRE SEULEMENT DANS LE CANALDIE;
13195 ! TYPE2=-1 COUPLEUR A TROIS FIBRES;
13200 ! TYPE2=-2 COUPLEUR A DEUX FIBRES;
13205 ! TYPE2=-3 COUPLEUR A DEUX FIBRES ET PRESSIONS;
13210 ! STATUT=0: PAS DE NORMALISATION DE FAITES;
13215 ! STATUT=3: NORMALISATION DE COUPLEUR A TROIS FIBRES DEJA EFFECTUEE;
13220 ! STATUT=2: NORMALISATION DE COUPLEUR A DEUX FIBRES DEJA EFFECTUEE;
13225 ! STATUT=1: NORMALISATION DE TAPER DEJA EFFECTUEE;
13230 IF Type_ =0 AND Type2 =-1 AND Statut <> 3 THEN ;
13235 Zero_mai_n = 2.3;
13240 Zero_sec = 3.8;
13245 Zero_trd = 6.6;
13250 Main_filter_val = 1;
13255 Sec_filter_val = 1;
13260 Trd_filter_val = 1;
13265 Norm_mai_n = 1;
13270 Norm_sec = 1;
13275 Norm_trd = 1;
13280 END IF;
13285 IF Type_ =0 AND (Type2 =-2 OR Type2 =-3) AND Statut <> 2 THEN ;
13290 Zero_mai_n = 2.3;
13295 Zero_sec = 3.8;
13300 Zero_trd = 0;
13305 Main_filter_val = 1;
13310 Sec_filter_val = 1;
13315 Trd_filter_val = 1;
13320 Norm_mai_n = 1;
13325 Norm_sec = 1;
13330 Norm_trd = 0;
13335 END IF;
13340 IF Type_ =1 AND Statut <> 1 THEN ;
13345 Zero_mai_n = 2.3;
13350 Zero_sec = 0;
13355 Zero_trd = 0;
13360 Main_filter_val = 1;
13365 Sec_filter_val = 1;
13370 Trd_filter_val = 1;
13375 Norm_mai_n = 1;
13380 Norm_sec = 0;
13385 Norm_trd = 0;
13390 END IF;
13395 PRINT TABXY(1,3): "ETAT ACTUEL DE LA NORMALISATION DES PUISSANCES:";
13400 PRINT TABXY(1,5): " DETECTEUR " ; ZERO " ; REPONSE " ; FILTRED " ";
13405 PRINT TABXY(1,6): " " ; NORMALISEE " ; DE MODES " ";
13410 PRINT TABXY(1,7): " CH " (N) " (Z) " (X TRANS.) ";
13415 IMAGE 5X,2A,6X,500.0,6X,000.0,6X,000.0;
13420 IF Type_ =0 THEN ;
13425 PRINT USING 13415: "00",Zero_sec,100/Norm_sec,100/Sec_filter_val;
13430 PRINT USING 13415: "01",Zero_mai_n,100/Norm_mai_n,100/Main_filter_val;
13435 IF Type2 =-1 THEN PRINT USING 13415: "02",Zero_trd,100/Norm_trd,100/Trd_filter_val;
13440 ELSE;
13445 PRINT TABXY(1,9);
13450 PRINT USING 13415: "01",Zero_mai_n,100/Norm_mai_n,100/Main_filter_val;
13455 END IF;
13460 IF (Type_ =0 AND Type2 =-1 AND Statut =3) OR (Type_ =0 AND (Type2 =-2 OR Type2 =-3) AND Statut =2) OR (Type_ =1 AND Statut =1) THEN ;
13465 INPUT "DESIRES-VOUS RENORMALISER LES PUISSANCES? EO ou NJ",B;
13470 ON POS("ON",UPDC(B))>1 GOTO 13465,13480,14965;

```

```

13475 END IF
13480 INPUT "TYPE DE NORMALISATION DESIREE: MANUELLE OU AUTOMATIQUE? CN ou AJ",R%
13485 IF Type=0 THEN
13490 SELECT UPDC(R%):
13495 CASE "M":
13500 Flag=0%
13505 DISP "CHOISIR UNE VALEUR A MODIFIER OU TERMINER [KJ]":
13510 ON KEY 0 LABEL "#00-ZERO",7 GOSUB Zero_0%
13515 ON KEY 1 LABEL "#01-ZERO",7 GOSUB Zero_01%
13520 IF Type2=-1 THEN ON KEY 2 LABEL "#02-ZERO",7 GOSUB Zero_02%
13525 ON KEY 3 LABEL "#00-FILTRE",7 GOSUB Filtre_00%
13530 ON KEY 4 LABEL "RETOUR",7 GOTO Retour0%
13535 ON KEY 5 LABEL "#00-REPONSE",7 GOSUB Rep_00%
13540 ON KEY 6 LABEL "#01-REPONSE",7 GOSUB Rep_01%
13545 IF Type2=-1 THEN ON KEY 7 LABEL "#02-REPONSE",7 GOSUB Rep_02%
13550 ON KEY 8 LABEL "#01-FILTRE",7 GOSUB Filtre_01%
13555 IF Type2=-1 THEN ON KEY 9 LABEL "#02-FILTRE",7 GOSUB Filtre_02%
13560 IF
13565 Boucle0: IF Flag=0 THEN GOTO Boucle0%
13570 GOTO 13500%
13575 IF
13580 IF
13585 Retour0: IF Type2=-1 THEN
13590 Statut=3%
13595 ELSE
13600 Statut=2%
13605 END IF
13610 DISP
13615 OFF KBD
13620 PRINT "VEUILLEZ MAINTENANT INSTALLER LES FIBRES-":
13625 PRINT " " FIBRE PRINCIPALE " AU POWERMETER " 01 "":
13630 IF Type2=-1 THEN
13635 PRINT " " FIBRE AUXILIAIRE I " AU POWERMETER " 00 "":
13640 PRINT " " FIBRE AUXILIAIRE II " AU POWERMETER " 02 "":
13645 ELSE
13650 PRINT " " FIBRE AUXILIAIRE " AU POWERMETER " 00 "":
13655 END IF
13660 PRINT "PRESSER SUR [CONTINUE] LORSQUE L'INSTALLATION EST TERMINEE ...":
13665 PAUSE
13670 PRINT " *** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE ***":
13675 SUBROUTINE
13680 IF
13685 IF
13690 Zero_00: OFF KEY
13695 Flag=1%
13700 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VALEUR DU ZERO POUR LE DETECTEUR 00 [ en mV]",Zero_sec%
13705 PRINT TABBY(1,0)%
13710 PRINT USING 13415:"00",Zero_sec,100/Norm_sec,100/Sec_filter_val%
13715 RETURN
13720 IF
13725 IF
13730 Zero_01: OFF KEY
13735 Flag=1%
13740 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VALEUR DU ZERO POUR LE DETECTEUR 01 [ en mV]",Zero_main%
13745 PRINT TABBY(1,9)%
13750 PRINT USING 13415:"01",Zero_main,100/Norm_main,100/Main_filter_val%
13755 RETURN
13760 IF
13765 IF
13770 Zero_02: OFF KEY
13775 Flag=1%
13780 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VALEUR DU ZERO POUR LE DETECTEUR 02 [ en mV]",Zero_trd%
13785 PRINT TABBY(1,10)%
13790 PRINT USING 13415:"02",Zero_trd,100/Norm_trd,100/Ird_filter_val%
13795 RETURN
13800 IF
13805 IF
13810 Rep_00: OFF KE?
13815 Flag=1%
13820 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA REPONSE NORMALISEE DU DETECTEUR 00 [ en X]",Norm_dun%
13825 Norm_sec=100/Norm_dun%
13830 PRINT TABBY(1,0)%
13835 PRINT USING 13415:"00",Zero_sec,100/Norm_sec,100/Sec_filter_val%
13840 RETURN
13845 IF
13850 IF
13855 Rep_01: OFF KEY
13860 Flag=1%
13865 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA REPONSE NORMALISEE DU DETECTEUR 01 [ en X]",Norm_dun%
13870 Norm_nain=100/Norm_dun%

```

```

13875 PRINT TABXY(1,9)
13880 PRINT USING 13415:"01",Zero_main,100/Norm_main,100/Main_filter_val
13885 RETURN
13890 IF
13895 IF
13900 Rep_02: OFF KEY
13905 Flag=1
13910 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA REPONSE NORMALISEE DU DETECTEUR 02 [ en X] ",Norm_dum
13915 Norm_trd=100/Norm_dum
13920 PRINT TABXY(1,10)
13925 PRINT USING 13415:"02",Zero_trd,100/Norm_trd,100/Trd_filter_val
13930 RETURN
13935 IF
13940 IF
13945 Filtre_00:OFF KEY
13950 Flag=1
13955 INPUT "VEUILLEZ DONNER LE POURCENTAGE DE TRANSMISSION DU FILTRE DU DETECTEUR 00 [ en X] ",filtre_dum
13960 Sec_filter_val=100/filtre_dum
13965 PRINT TABXY(1,8)
13970 PRINT USING 13415:"00",Zero_sec,100/Norm_sec,100/Sec_filter_val
13975 RETURN
13980 IF
13985 IF
13990 Filtre_01:OFF KEY
13995 Flag=1
14000 INPUT "VEUILLEZ DONNER LE POURCENTAGE DE TRANSMISSION DU FILTRE DU DETECTEUR 01 [ en X] ",filtre_dum
14005 Main_filter_val=100/filtre_dum
14010 PRINT TABXY(1,9)
14015 PRINT USING 13415:"01",Zero_main,100/Norm_main,100/Main_filter_val
14020 RETURN
14025 IF
14030 IF
14035 Filtre_02:OFF KEY
14040 Flag=1
14045 INPUT "VEUILLEZ DONNER LE POURCENTAGE DE TRANSMISSION DU FILTRE DU DETECTEUR 02 [ en X] ",filtre_dum
14050 Trd_filter_val=100/filtre_dum
14055 PRINT TABXY(1,10)
14060 PRINT USING 13415:"02",Zero_trd,100/Norm_trd,100/Trd_filter_val
14065 RETURN
14070 IF
14075 IF
14080 CASE "A"
14085 OFF TIMEOUT 7
14090 OUTPUT 709:"UNSWRO"
14095 OUTPUT 710:"00"
14100 PRINT "F **** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE ****"
14105 IF Type2=-1 THEN
14110 PRINT TABXY(1,4):"NORMALISATION DES PUISSANCES POUR LES COUPLEURS A TROIS FIBRES:"
14115 PRINT TABXY(1,6):"LIBERER L'OUVERTURE AU DEVANT DES TROIS POLYMETERS":TAB(80)
14120 ELSE
14125 PRINT TABXY(1,4):"NORMALISATION DES PUISSANCES POUR LES COUPLEURS A DEUX FIBRES:"
14130 PRINT TABXY(1,6):"LIBERER L'OUVERTURE AU DEVANT DES POLYMETERS 00 ET 01":TAB(80)
14135 END IF
14140 PRINT "ET LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]":TAB(80)
14145 PAUSE
14150 OUTPUT 709:"UT3US"
14155 ENTER 709:Voltnorm(*)
14160 Zero_sec=SUN(Voltnorm)/10*1000
14165 OUTPUT 710:"01"
14170 WAIT .2
14175 OUTPUT 709:"UT3US"
14180 ENTER 709:Voltnorm(*)
14185 Zero_main=SUN(Voltnorm)/10*1000
14190 IF Type2=-1 THEN
14195 OUTPUT 710:"02"
14200 WAIT .2
14205 OUTPUT 709:"UT3US"
14210 ENTER 709:Voltnorm(*)
14215 Zero_trd=SUN(Voltnorm)/10*1000
14220 ELSE
14225 Zero_trd=0
14230 END IF
14235 OUTPUT 710:"00"
14240 PRINT TABXY(1,6):"METTRE LA FIBRE ECLAIREE DANS LE POLYMETRE 00 (sans filtreur de modes)":TAB(80)
14245 PRINT "ET LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]"
14250 PAUSE
14255 OUTPUT 709:"UT3US"
14260 ENTER 709:Voltnorm(*)
14265 Pur_sec_no_filtr=SUN(Voltnorm)/10*1000-Zero_sec
14270 PRINT TABXY(1,6):"INSTALLER MAINTENANT LE FILTREUR DE MODES SUR LA MEME FIBRE":TAB(80)

```

```

14275 PRINT "ET LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]";TAB(80);
14280 PAUSE;
14285 OUTPUT 709:"UT3US";
14290 ENTER 709:Voltnorm(0);
14295 Pur_sec_filtred=SUM(Voltnorm)/10*1000-Zero_sec;
14300 Sec_filter_val=Pur_sec_no_filtr/Pur_sec_filtred ! CALCUL DE LA VALEUR DU FILTRE;
14305 IF Type2=-1 THEN ;
14310 OUTPUT 710:"02";
14315 PRINT TABXY(1,6):"COUPER MAINTENANT LA FIBRE ...";TAB(80);
14320 PRINT "ET INSERER LA NOUVELLE PARTIE DANS LE POWERMETER 02 (sans filtreur de modes)";
14325 PRINT TAB(80);
14330 PRINT "LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]";
14335 PAUSE;
14340 OUTPUT 709:"UT3US";
14345 ENTER 709:Voltnorm(0);
14350 Pur_trd_no_filtr=SUM(Voltnorm)/10*1000-Zero_trd;
14355 PRINT TABXY(1,6):"INSTALLER MAINTENANT LE FILTREUR DE MODES SUR CETTE SECONDE FIBRE";TAB(80);
14360 PRINT TAB(80);
14365 PRINT "ET LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]";TAB(80);
14370 PRINT TAB(80);
14375 PAUSE;
14380 OUTPUT 709:"UT3US";
14385 ENTER 709:Voltnorm(0);
14390 Pur_trd_filtred=SUM(Voltnorm)/10*1000-Zero_trd;
14395 Trd_filter_val=Pur_trd_no_filtr/Pur_trd_filtred! CALCUL DE LA VALEUR DU FILTRE;
14400 ELSE;
14405 Trd_filter_val=1;
14410 END IF;
14415 OUTPUT 710:"01";
14420 PRINT TABXY(1,6):"COUPER MAINTENANT LA FIBRE ...";TAB(80);
14425 PRINT "ET INSERER LA NOUVELLE PARTIE DANS LE POWERMETER 01 (sans filtreur de modes)";
14430 PRINT TAB(80);
14435 PRINT "LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]";
14440 PAUSE;
14445 OUTPUT 709:"UT3US";
14450 ENTER 709:Voltnorm(0);
14455 Pur_main_no_filtr=SUM(Voltnorm)/10*1000-Zero_main;
14460 PRINT TABXY(1,6):"INSTALLER MAINTENANT LE FILTREUR DE MODES SUR CETTE SECONDE FIBRE";TAB(80);
14465 PRINT TAB(80);
14470 PRINT "ET LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]";TAB(80);
14475 PRINT TAB(80);
14480 PAUSE;
14485 OUTPUT 709:"UT3US";
14490 ENTER 709:Voltnorm(0);
14495 Pur_main_filtred=SUM(Voltnorm)/10*1000-Zero_main;
14500 Main_filter_val=Pur_main_no_filtr/Pur_main_filtred ! CALCUL DE LA VALEUR DU FILTRE;
14505 OUTPUT 709:"UNUSOURTUT";
14510 IF;
14515 Norm_main=1! RATIO DE NORMALISATION DE LA PUISSANCE DU CANAL 01;
14520 Norm_sec=Pur_main_no_filtr/Pur_sec_no_filtr ! RATIO DE NORMALISATION DE LA PUISSANCE DU CANAL 00;
14525 IF Type2=-1 THEN ;
14530 Norm_trd=Pur_main_no_filtr/Pur_trd_no_filtr;
14535 ELSE;
14540 Norm_trd=0;
14545 END IF;
14550 IF;
14555 PRINT TABXY(1,6):"INSTALLER MAINTENANT LES FIBRES SUR LES SUPPORTS A SUCCION POUR L'EXPERIENCE ";
14560 PRINT "LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]";TAB(80);
14565 IF Type2=-1 THEN ;
14570 Statut=3! LA NORMALISATION EST FAITE;
14575 ELSE;
14580 Statut=2;
14585 END IF;
14590 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out;
14595 PAUSE;
14600 PRINT TABXY(1,3);
14605 PRINT USING "BOX,/,/BOX,/,/BOX";
14610 CASE ELSE;
14615 GOTO 13400;
14620 END SELECT;
14625 ELSE;
14630 SELECT UPD(RB);
14635 CASE "1";
14640 Flag=0;
14645 DISP "CHOISIR UNE VALEUR A MODIFIER OU TERMINER [k-1]";
14650 ON KEY 0 LABEL "001:ZERO",7 GOSUB Zero_01;
14655 ON KEY 1 LABEL "001:FILTRÉ",7 GOSUB Filtré_01;
14660 ON KEY 4 LABEL "RETOUR",7 GOTO Retour1;
14665 IF;
14670 Boucle1: IF Flag=0 THEN GOTO Boucle1;

```

```

14675 GOTO 14640
14680 IF
14685 IF
14690 Retour: Statut=1
14695 DISP
14700 OFF KEY
14705 PRINT "Veuillez maintenant installer la fibre au devant du POWERMETER 01"
14710 PRINT "Puis presser sur [CONTINUE] ..."
14715 PAUSE
14720 PRINT " ***** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE *****"
14725 SUBEND
14730 IF
14735 IF
14740 CASE "A"
14745 OFF TIMEOUT 7
14750 OUTPUT 709:"VDSUAD"
14755 PRINT " ***** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE *****"
14760 PRINT TAB(1,4):"NORMALISATION DES PUISSANCES POUR LES TAPERS"
14765 OUTPUT 710:"01"
14770 PRINT TAB(1,6):"LIBERER L'OUVERTURE DU POWERMETER 01":TAB(80)
14775 PRINT "ET LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]":TAB(80)
14780 PAUSE
14785 OUTPUT 709:"UT3US10UT3US"
14790 ENTER 709:Voltnorm(*)
14795 Zero_main=SUM(Voltnorm)/10*1000
14800 Zero_sec=0
14805 Zero_trd=0
14810 PRINT TAB(1,6):"METTRE MAINTENANT LA FIBRE DANS LE POWERMETER 01 (sans filtreur de modes)":TAB(80)
14815 PRINT "ET LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]":TAB(80)
14820 PAUSE
14825 OUTPUT 709:"UT3US"
14830 ENTER 709:Voltnorm(*)
14835 Pwr_main_no_filtr=SUM(Voltnorm)/10*1000-Zero_main
14840 PRINT TAB(1,6):"INSTALLER FINALEMENT LE FILTREUR DE MODES SUR CETTE FIBRE":TAB(80)
14845 PRINT "ET LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]":TAB(80)
14850 PAUSE
14855 OUTPUT 709:"UT3US"
14860 ENTER 709:Voltnorm(*)
14865 Pwr_main_filtred=SUM(Voltnorm)/10*1000-Zero_main
14870 Main_filter_val=Pwr_main_no_filtr/Pwr_main_filtred
14875 OUTPUT 709:"UNTUSUATUT1"
14880 IF
14885 Statut=1
14890 Sec_filter_val=1
14895 Trd_filter_val=1
14900 Norm_main=1
14905 Norm_sec=0
14910 Norm_trd=0
14915 PRINT TAB(1,6):"INSTALLER MAINTENANT LA FIBRE SUR LES SUPPORTS A SUCCION POUR L'EXPERIENCE":TAB(80)
14920 PRINT "LORSQUE CECI SERA FAIT, PESER SUR [CONTINUE]":TAB(80)
14925 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out
14930 PAUSE
14935 PRINT TAB(1,3)
14940 PRINT USING "BOX,/,/,BOX,/,/,BOX"
14945 CASE ELSE
14950 GOTO 13480
14955 END SELECT
14960 END IF
14965 PRINT " ***** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE *****"
14970 SUBEND
14975 IF
14980 IF
14985 IF
14990 IF
14995 IF
15000 IF
15005 IF
15010 IF
15015 SUB Allume_torche
15020 COM /torche/ Start,hyd,oxy
15025 OUTPUT 709:"BOZ_0,BOZ_1,0"
15030 PRINT "ALLUMAGE DE LA TORCHE"
15035 PRINT "VERIFIER QUE LES VALVES AUX RESERVOIRS SONT OUVERTES ET "
15040 PRINT "VOIR A SE PROCEDER UN BRIQUET."
15045 PESER ENSUITE SUR [CONTINUE].
15045 PAUSE
15050 OUTPUT 710:"04"
15055 PRINT "PREPAREZ-VOUS A ALLUMER LA TORCHE ET ATTENDEZ LE SIGNAL."
15060 OUTPUT 709:"BOZ_0,BSO"
15065 WAIT 2

```

```

15070 BEEP 4
15075 PRINT "ALLUMEZ MAINTENANT LA TORCHE ET PESER SUR [CONTINUER]"
15080 Hyd=85
15085 Oxy=85
15090 Statut=2
15095 PAUSE
15100 SUBEND
15105 IF
15110 IF
15115 IF
15120 IF
15125 IF
15130 IF
15135 IF
15140 IF
15145 SUB Experience(Vel_tot0,Seconde_totale,Int_sec0,Vel_torche0,Vel_vert,Vel_gauche0,Vel_droite0,A_pos_vert,Dpl_vert_depart,Step1(*),Pps(*),
),Temps,Sweep,Norm)
15150 OPTION BASE 1
15155 DIM /Torche/ Statut_torche,Hyd,Oxy
15160 DIM /Norm/ Statut_gouvernr,Pwmain_no_filt,Pwr_sec_no_filt,Pwr_main_filtred,Pwr_sec_filtred,Main_filter_val,Sec_filter_val,Norm_sec,N
orm_main,Zero_main,Zero_sec
15165 DIM /NormZ/ Pwr_trd_no_filt,Pwr_trd_filtred,Ird_filter_val,Norm_trd,Zero_trd,INTEGER Type2
15170 ! FIN DE LA LIGNE PRECEDENTE ZERO MAIN, ZERO SEC
15175 DIM /Comments/ INTEGER Comments,Param(*),Comments(*)
15180 DIM /Vecteurs/ X(*),Y0(*),Y1(*),Y2(*),Y3(*)
15185 DIM /Process/ INTEGER Type,_first_point,last_point,Nb_cycle,REAL Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Vel_tot,Hyd,Oxy,Int_sec,Delta_x
c
15190 ! POUR LA REGION COMMUNE, ON NE PEUT AVOIR DES VARIABLES TRANSFEREES
15195 ! PAR SOUS-PROGRAMME
15200 Vel_torche=Vel_torche0
15205 Vel_droite=Vel_droite0
15210 Vel_gauche=Vel_gauche0
15215 Vel_tot=Vel_tot0
15220 Int_sec=Int_sec0
15225 Type=Type2
15230 DIM Z=0:25
15235 REAL Voltnorm(10),Vel(4)
15240 INTEGER Point_no,I
15245 REAL X(0:32700),Y0(0:32700),Y1(0:32700),Y2(0:32700),Y3(0:32700)
15250 IF
15255 PRINT TABXY(17,2):TAB(80)
15260 PRINT TABXY(17,3):TAB(80)
15265 PRINT TABXY(17,2):"TRANSFERT DU PROGRAMME AU CONTROLLEUR DES MOTEURS."
15270 PRINT TABXY(17,3):"UN MOMENT SUP..."
15275 DISABLE INTR ?
15280 OFF TIMEOUT ?
15285 OUTPUT 711:"C2"
15290 ENTER 711:Pos2
15295 OUTPUT 711:"P"
15300 ENTER 711:Z:6
15305 OUTPUT 711:"60"
15310 ENTER 711:Z:6
15315 FOR I=0 TO 59
15320 OUTPUT 711:Pps(I)
15325 ENTER 711:Z:6
15330 NEXT I
15335 OUTPUT 711:"E"
15340 Z=SPOLL(711)
15345 BEEP 400,.2
15350 IF
15355 IF
15360 ON TIMEOUT 7.1 CALL Time_out
15365 ENABLE INTR ?
15370 IF
15375 PRINT TABXY(1,2):TAB(80)
15380 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)
15385 IF
15390 CLEAR 722
15395 CLEAR 724
15400 SELECT Type_I
15405 CASE -1
15410 PRINT TABXY(17,2):"ENTREZ L'ECHELLE DE TENSION POUR LE VOLTMETRE DE SYSTEME ..."
15415 PRINT TABXY(17,3):" 10V : 0 -> 2 Volts          10V : 0 -> 20 Volts"
15420 ON KBD,6 GOTO 15435
15425 Boucles:GOTO Boucles
15430 IF
15435 SELECT UPC(KBD)
15440 CASE "8"
15445 OFF KBD
15450 OUTPUT 724:"DOS,EDS,M1S,T2,F1,R2"

```

```

15455 CASE "B"
15460 OFF KBO
15465 OUTPUT 724:"DOS,EDS,MIS,T2,F1,R3"
15470 CASE ELSE
15475 OFF KBO
15480 BEEP 400,.2
15485 GOTO 15420
15490 END SELECT
15495 CASE -2
15500 OUTPUT 724:"DOS,EDS,MIS,T2,F1,R3"
15505 CASE -3
15510 OUTPUT 724:"DOS,EDS,MIS,T2,F1,R2"
15515 END SELECT
15520 !
15525 PRINT TABXY(17,2):TAB(80)
15530 PRINT TABXY(17,3):TAB(80)
15535 PRINT TABXY(17,2):CHR(130):"PRESSER SUR : ""CONTINUE"" POUR DEBUTER L'EXPERIENCE":CHR(128)
15540 PAUSE
15545 !
15550 !
15555 OFF KBO
15560 PRINT TABXY(17,2):"ABAISSMENT DE LA TORCHE ET DEBUT AUTOMATIQUE DE L'EXPERIENCE.":TAB(80)
15565 PRINT TABXY(8,3):CHR(130):"":CHR(128):" EXP. EN COURS":TAB(80)
15570 !
15575 IF Horn=1 THEN
15580 ! MESURE DE LA LUMIERE INCIDENTE
15585 OUTPUT 710:"01"
15590 OUTPUT 709:"UT3USTUNIQUADUT3US"
15595 WAIT .2
15600 ENTER 709:Voltnorm(=)
15605 Pwrmain no filtr=(SUM(Voltnorm)/10*1000-Zero_main)*Main_filter_val*Horn_main
15610 OUTPUT 709:"UN1USOUT1"
15615 WAIT .2
15620 END IF
15625 !
15630 OUTPUT 722:"R4 T2 ZD 1STI S00 00"
15635 OUTPUT 709:"UT2UR3UR4QUSUNT"
15640 ! VOIR AVANT POUR LE VOLTMETRE DE SYSTEME 724
15645 OUTPUT 710:"00"
15650 WAIT .2
15655 !
15660 ON ERROR GOSUB Data_error! PROVISION POUR UNE DIVISION PAR 0
15665 Error_flag=0
15670 !
15675 !
15680 Delay_flag=0
15685 Arrêt_moteur=0
15690 Pos_vert_depart=R_pos_vert+Dpl_vert_depart
15695 Pos_vert_fin=R_pos_vert+6.5
15700 Time=0
15705 Point_no=0
15710 Nb_cycle=0
15715 Hyd=Hyd
15720 Oxy=Oxy
15725 X(0)=0
15730 Y0(0)=0 ! AUXILIAIRE NO 1
15735 Y1(0)=100 ! MARINE
15740 Y2(0)=0 ! PERTE
15745 Y3(0)=0 ! AUXILIAIRE NO 2
15750 OFF TIMEDUT
15755 IF ABS(Pos2-Pos_vert_depart)/.4) THEN
15760 ON DELAY ABS(Pos2-Pos_vert_depart)/.4*1.4,6 GOTO 15795
15765 OUTPUT 711:"GO"
15770 ELSE
15775 OUTPUT 711:"GO"
15780 GOTO 15795
15785 END IF
15790 Boucleb:GOTO Boucleb
15795 !
15800 OFF DELAY
15805 SELECT Type
15810 CASE -1
15815 ON INTR 7,6 GOSUB Cycle_1
15820 CASE -2
15825 ON INTR 7,6 GOSUB Cycle_2
15830 CASE -3
15835 ON INTR 7,6 GOSUB Cycle_3
15840 END SELECT
15845 ON DELAY Seconde_totale-temps-2*5weep-.5,7 GOSUB Delay_1
15850 ON KBO,7 GOSUB Kbd_intr1

```

```

%15855 PRINT TABXY(14,2):"PRESSEZ SUR : "T" ==>TERMINER L'EXECUTION "X"==>ARRET RAPIDE";TAB(80);
%15860 PRINT TABXY(8,3):"EXP. EN COURS" "5" ==>ARRET DES MOTEURS SEULEMENT ";
%15865 PRINT TABXY(65,2):"%CYCLES:"Nb_cycle:"";
%15870 OUTPUT 724:"E4";
%15875 OUTPUT 709:"TO"VAL$(INT(int_sec=1000));
%15880 !;
%15885 Boucle:IF Delay_flag=0 THEN GOTO Boucle;
%15890 IF Error_flag=1 THEN ;
%15895 GOTO Terminate_error;
%15900 ELSE;
%15905 GOTO Terminate;
%15910 END IF;
%15915 !;
%15920 !;
%15925 Data error: 1 PROTECTION CONTRE UNE DIVISION PAR 0;
%15930 DISABLE INTR ?;
%15935 OUTPUT 724:"E05.T1";
%15940 OUTPUT 709:"TO"VAL$UT1";
%15945 OUTPUT 722:"T1 IOSTI Z1";
%15950 OFF DELAY;
%15955 OFF KBD;
%15960 BEEP 81.23*6..2;
%15965 Error_flag=1;
%15970 OUTPUT 711:"T";
%15975 WAIT 1.5;
%15980 OUTPUT 711:"T";
%15985 WAIT 1.5;
%15990 OUTPUT 711:"U2.4";
%15995 OUTPUT 711:"%2"LFMA$ci1$(Pos_vert_fin);
%16000 Delay_flag=1;
%16005 IF ERR=31 THEN ;
%16010 PRINT TABXY(8,2):"ERREUR DE DIVISION PAR 0 == LA FIBRE EST PROBABLEMENT BRISÉE.";TAB(80);
%16015 IF Purnain_no_filt=0 THEN Purnain_no_filt=-2000 ! SANS NORMALISATION;
%16020 IF Horn_nain=0 THEN Horn_nain=1 ! SANS NORMALISATION;
%16025 IF EXRL(17125) OR EXRL(17140) OR EXRL(17295) OR EXRL(17305) OR EXRL(17450) OR EXRL(17460) THEN ;
%16030 Const=Purnain_no_filt*Horn_nain*(1-Y2(Point_no-1)/100);
%16035 Tension0=Const*Y0(Point_no-1);
%16040 Tension1=Const*Y1(Point_no-1);
%16045 IF Type=-1 THEN Tension2=Const*Y3(Point_no-1);
%16050 END IF;
%16055 ELSE;
%16060 PRINT TABXY(8,2):"ERREUR ==: ";ERR;TAB(80);
%16065 END IF;
%16070 PRINT TABXY(8,3):"EXP. TERMINEE: FERMETURE DES GAZ ET REAJUSTEMENT DES AXES. UN MOMENT SUP.";TAB(80);
%16075 ON INTR 7,13 CALL Interrupt_sub;
%16080 ENABLE INTR ?;
%16085 WAIT 2;
%16090 RETURN ;
%16095 !;
%16100 !;
%16105 !;
%16110 !;
%16115 Kbd_intr: ! SOUS-ROUTINE D'INTERUPTION PAR LE CLAVIER;
%16120 SELECT UPCH(KBD);
%16125 CASE "T";
%16130 IF Arret_moteur=0 THEN ;
%16135 OUTPUT 711:"T";
%16140 IF Sweep=1 THEN ;
%16145 ON DELAY 2,8 GOTO 16165;
%16150 SYSTEM PRIORITY 5;
%16155 Boucle9: IF Error_flag=0 THEN Boucle9;
%16160 !;
%16165 SYSTEM PRIORITY 7;
%16170 OUTPUT 711:"T";
%16175 END IF;
%16180 OUTPUT 711:"620";
%16185 PRINT TABXY(14,2):"RELEVEMENT DE LA TORCHE. UN INSTANT SUP.";TAB(80);
%16190 PRINT TABXY(8,3):"EXP. TERMINEE";TAB(80);
%16195 IF Temps.01 THEN ;
%16200 ON DELAY Temps*1.5,8 GOTO 16250;
%16205 SYSTEM PRIORITY 5;
%16210 ELSE;
%16215 GOTO 16250;
%16220 END IF;
%16225 Boucle8: IF Error_flag=0 THEN GOTO Boucle8;
%16230 !;
%16235 ELSE;
%16240 OUTPUT 711:"%2"LFMA$ci1$(Pos_vert_fin);
%16245 END IF;
%16250 SYSTEM PRIORITY 7;

```

```

16255 OFF DELAY%
16260 OFF KBD%
16265 DISABLE INTR 7%
16270 OUTPUT 724:"EOS,T1"%
16275 OUTPUT 722:"T1 IOSTI Z1"%
16280 OUTPUT 709:"FOURAUT1"%
16285 ON INTR 7,13 CALL Interrupt_sub%
16290 ENABLE INTR 7%
16295 Delay_flag=1%
16300 CASE "X"%
16305 OUTPUT 709:"AO2,0,0AO2,1,0"%
16310 IF Arret_moteur=0 THEN OUTPUT 711:"T"%
16315 Hyd=0%
16320 Oxy=0%
16325 PRINT TABXY(14,2):"EVALUATION DES PUISSANCES FINALES. UN INSTANT SUP.":TAB(80)%
16330 PRINT TABXY(8,3):"- CEXP. TERMINEE":TAB(80)%
16335 ON DELAY * 8 GOTO 16355%
16340 SYSTEM PRIORITY 5%
16345 Boucler:IF Error_flag=0 THEN GOTO Boucler%
16350 !%
16355 SYSTEM PRIORITY 7%
16360 OUTPUT 711:"T2"BFASCII$(Pos_vert_fin)%
16365 ON DELAY 3,8 GOTO 16385%
16370 SYSTEM PRIORITY 5%
16375 Boucler:IF Error_flag=0 THEN GOTO Boucler%
16380 !%
16385 SYSTEM PRIORITY 7%
16390 OFF DELAY%
16395 OFF KBD%
16400 DISABLE INTR 7%
16405 OUTPUT 724:"EOS,T1"%
16410 OUTPUT 722:"T1 IOSTI Z1"%
16415 OUTPUT 709:"FOURAUT1"%
16420 ON INTR 7,13 CALL Interrupt_sub%
16425 ENABLE INTR 7%
16430 Delay_flag=1%
16435 CASE "S"%
16440 IF Arret_moteur=0 THEN %
16445 OUTPUT 711:"T"%
16450 IF Sweep=1 THEN %
16455 ON CYCLE 2,8 GOTO 16475%
16460 SYSTEM PRIORITY 5%
16465 Boucle7: IF Error_flag=0 THEN Boucle7%
16470 !%
16475 SYSTEM PRIORITY 7%
16480 OFF CYCLE%
16485 OUTPUT 711:"T"%
16490 END IF%
16495 OUTPUT 711:"G30"%
16500 PRINT TABXY(14,2):"PRESSER SUR : **T** ==>TERMINER L'EXECUTION **X**==>ARRET RAPIDE":TAB(80)%
16505 PRINT TABXY(8,3):"%MOTEURS ARRETES **C** ==>POUR REPARTIR LES MOTEURS":TAB(80)%
16510 Arret_moteur=1%
16515 END IF%
16520 CASE "C"%
16525 IF Arret_moteur=1 THEN %
16530 OUTPUT 711:"G45"%
16535 PRINT TABXY(8,3):"%EXP. EN COURS **S** ==>ARRET DES MOTEURS SEULEMENT":TAB(80)%
16540 Arret_moteur=0%
16545 END IF%
16550 END SELECT%
16555 RETURN %
16560 !%
16565 !%
16570 !%
16575 Delay: !%
16580 IF Arret_moteur=0 THEN %
16585 OUTPUT 711:"T"%
16590 IF Sweep=1 THEN %
16595 ON DELAY 2,8 GOTO 16615%
16600 SYSTEM PRIORITY 5%
16605 Boucle8: IF Error_flag=0 THEN Boucle8%
16610 !%
16615 SYSTEM PRIORITY 7%
16620 OUTPUT 711:"T"%
16625 END IF%
16630 OUTPUT 711:"G20"%
16635 PRINT TABXY(14,2):"RELEVEMENT DE LA TORCHE. UN INSTANT SUP.":TAB(80)%
16640 PRINT TABXY(8,3):"- CEXP. TERMINEE":TAB(80)%
16645 IF Temps>.01 THEN %
16650 ON DELAY Temps*.9,8 GOTO 16700%

```

```

16655 SYSTEM PRIORITY 5%
16660 ELSE%
16665 GOTO 16700%
16670 END IF%
16675 Bouclec:IF Error_flag=0 THEN GOTO Bouclecf
16680 IF%
16685 ELSE%
16690 OUTPUT 711:"M2"&FMA%sci%<Pos_vert_fin>%
16695 END IF%
16700 SYSTEM PRIORITY 7%
16705 DISABLE INTR 7%
16710 OUTPUT 724:"EOS,11"%
16715 OUTPUT 722:"T1 IOSTI Z1"%
16720 OUTPUT 709:"TOURNAUT1"%
16725 ON INTR 7,13 CALL Interrupt_sub%
16730 ENABLE INTR 7%
16735 OFF DELAY%
16740 OFF KBD%
16745 Delay_flag=1%
16750 RETURN %
16755 IF%
16760 IF%
16765 Terminate: IF%
16770 BEEP 81.23*7,..2%
16775 PRINT TABXY(14,2):"REAJUSTEMENT DES AXES ET FERMETURE DES GAZ. UN INSTANT SUP%"
16780 PRINT TABXY(8,3):"- [EXP. TERMINEE]":TAB(80)%
16785 Terminate_error=LOCAL 722%
16790 LOCAL 724%
16795 OUTPUT 709:"AO2,0,0AO2,1,0"%
16800 Hyd=0%
16805 Oxy=0%
16810 Statut_torche=1%
16815 OFF ERROR %
16820 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out%
16825 FOR I=1 TO 4%
16830 OUTPUT 711:"S"&BURL%<I>&FMA%sci%<StepI(I)>%
16835 NEXT I%
16840 OUTPUT 711:"U2"&BURL%<Vel_vert>%
16845 Y0(0)=Y0(1)%
16850 Y1(0)=Y1(1)%
16855 Y2(0)=Y2(1)%
16860 Y3(0)=Y3(1)%
16865 WAIT 2.5%
16870 ! ON NE CONSERVE QUE LA PARTIE NECESSAIRE DES VECTEURS%
16875 First_point=0%
16880 Last_point=Point_no%
16885 REDIM X(0:Last_point),Y0(0:Last_point),Y1(0:Last_point),Y2(0:Last_point),Y3(0:Last_point)%
16890 Comments=0 ! POUR STOCKER DES PARAMETRES SUPPLEMENTAIRES%
16895 CALL Draw_graph("PUISSANCE VS ETIREMENT", "ETIREMENT (mm)", "PUISSANCE NORMALISEE (xxZ)", 0,X(Last_point),-20,110)%
16900 LINE TYPE 8%
16905 MOVE X(0),Y0(0)%
16910 FOR I=1 TO Last_point%
16915 DRAW X(I),Y0(I)%
16920 NEXT I%
16925 LINE TYPE 1%
16930 MOVE X(0),Y1(0)%
16935 FOR I=1 TO Last_point%
16940 DRAW X(I),Y1(I)%
16945 NEXT I%
16950 IF Type<>-2 THEN %
16955 LINE TYPE 4%
16960 MOVE X(0),Y3(0)%
16965 FOR I=1 TO Last_point%
16970 DRAW X(I),Y3(I)%
16975 NEXT I%
16980 LINE TYPE 1%
16985 END IF%
16990 MOVE X(0),Y2(0)%
16995 FOR I=1 TO Last_point%
17000 DRAW X(I),Y2(I)%
17005 NEXT I%
17010 LINE TYPE 1%
17015 Delay_flag=1%
17020 Delta_x=Vel_tot*Int_sec%
17025 CALL Processing%
17030 PRINT " UN MOMENT SUP. %"
17035 OUTPUT 710:"00"%
17040 SUBEXIT%
17045 IF%
17050 IF%

```

```

17055 PC
17060 IC
17065 Cycle 1:SYSTEM PRIORITY 9 ! CYCLE DE PRISE DE MESURE
17070 IF BIT(SPOLL(724),5) THEN
17075 ENTER 724:Volte
17080 Tension2=(Volte*1000-Zero_trd)*Ird_filtre_val*Horn_trd
17085 Time=Time+Int_sec
17090 Point_no=Point_no+1
17095 ENTER 722:Volth
17100 Tension1=(Volth*1000-Zero_nain)*Main_filtre_val*Horn_nain
17105 X(Point_no)=Vel_tot*Time
17110 MOVE X(Point_no-1),Y0(Point_no-1)
17115 ENTER 709:Volta
17120 Tension0=(Volta*1000-Zero_se)*Sec_filtre_val*Horn_sec
17125 Y0(Point_no)=(Tension0/(Tension0+Tension1+Tension2))*100 ! AUX.1 CH0
17130 Y1(Point_no)=(Tension1/(Tension0+Tension1+Tension2))*100 ! MAIN CH1
17135 Y3(Point_no)=(Tension2/(Tension0+Tension1+Tension2))*100 ! AUX.2 CH2
17140 Y2(Point_no)=((Purnain_no_filtre-(Tension0+Tension1+Tension2))/Purnain_no_filtre)*100 ! LOSSE
17145 Nb_cycle=Nb_cycle+(SGN(Y1(Point_no)-50))=0 AND SGN(Y1(Point_no-1)-50)<0)
17150 DRAW X(Point_no),Y0(Point_no)
17155 MOVE X(Point_no-1),Y1(Point_no-1)
17160 DRAW X(Point_no),Y1(Point_no)
17165 MOVE X(Point_no-1),Y3(Point_no-1)
17170 DRAW X(Point_no),Y3(Point_no)
17175 MOVE X(Point_no-1),Y2(Point_no-1)
17180 DRAW X(Point_no),Y2(Point_no)
17185 PRINT TAB(65,3):"NbCYCLES=";Nb_cycle;"
17190 ELSE
17195 IF BIT(SPOLL(711),6)=1 THEN
17200 ENTER 711:Z
17205 Z=SPOLL(711)
17210 END IF
17215 END IF
17220 ENABLE INTR 7
17225 RETURN
17230 IC
17235 IC
17240 IC
17245 Cycle 2:SYSTEM PRIORITY 9 ! CYCLE DE PRISE DE MESURE
17250 IF BIT(SPOLL(724),5) THEN
17255 ENTER 722:Volth
17260 Tension1=(Volth*1000-Zero_nain)*Main_filtre_val*Horn_nain
17265 Time=Time+Int_sec
17270 Point_no=Point_no+1
17275 X(Point_no)=Vel_tot*Time
17280 MOVE X(Point_no-1),Y1(Point_no-1)
17285 ENTER 709:Volta
17290 Tension0=(Volta*1000-Zero_se)*Sec_filtre_val*Horn_sec
17295 Y0(Point_no)=(Tension0/(Tension0+Tension1))*100 ! AUX. CH0
17300 Y1(Point_no)=(Tension1/(Tension0+Tension1))*100 ! MAIN CH1
17305 Y2(Point_no)=((Purnain_no_filtre-(Tension0+Tension1))/Purnain_no_filtre)*100 ! LOSSE
17310 Nb_cycle=Nb_cycle+(SGN(Y1(Point_no)-50))=0 AND SGN(Y1(Point_no-1)-50)<0)
17315 DRAW X(Point_no),Y1(Point_no)
17320 MOVE X(Point_no-1),Y2(Point_no-1)
17325 DRAW X(Point_no),Y2(Point_no)
17330 PRINT TAB(65,3):"NbCYCLES=";Nb_cycle;"
17335 ELSE
17340 IF BIT(SPOLL(711),6)=1 THEN
17345 ENTER 711:Z
17350 Z=SPOLL(711)
17355 END IF
17360 END IF
17365 ENABLE INTR 7
17370 RETURN
17375 IC
17380 IC
17385 IC
17390 Cycle 3:SYSTEM PRIORITY 9 ! CYCLE DE PRISE DE MESURE
17395 IF BIT(SPOLL(724),5) THEN
17400 ENTER 724:Volte ! MESURE DE LA PRESSION
17405 Time=Time+Int_sec
17410 Point_no=Point_no+1
17415 Y3(Point_no)=Volte*50
17420 ENTER 722:Volth
17425 Tension1=(Volth*1000-Zero_nain)*Main_filtre_val*Horn_nain
17430 X(Point_no)=Vel_tot*Time
17435 MOVE X(Point_no-1),Y1(Point_no-1)
17440 ENTER 709:Volta
17445 Tension0=(Volta*1000-Zero_se)*Sec_filtre_val*Horn_sec
17450 Y0(Point_no)=(Tension0/(Tension0+Tension1))*100 ! AUX. CH0

```

```

17455 Y1(Point_no)=(Tension1/(Tension0+Tension1))*100 I MATH CHOISE
17460 Y2(Point_no)=(Purmain_no_fit-(Tension0+Tension1))/Purmain_no_fit*100 I LOSSF
17465 Nb_cycle=Nb_cycle+(SGN(Y1(Point_no)-50))=0 AND SGN(Y1(Point_no-1)-50)<0)
17470 DRAW X(Point_no),Y1(Point_no)
17475 MOVE X(Point_no-1),Y2(Point_no-1)
17480 DRAW X(Point_no),Y2(Point_no)
17485 LINE TYPE 4
17490 MOVE X(Point_no-1),Y3(Point_no-1)
17495 DRAW X(Point_no),Y3(Point_no)
17500 LINE TYPE 1
17505 PRINT TABXY(65,3);"%CYCLES:";Nb_cycle;"%"
17510 ELSE
17515 IF BIT(SPOLL(711),6)=1 THEN
17520 ENTER 711:Z=0
17525 Z=SPOLL(711)
17530 END IF
17535 END IF
17540 ENABLE INTR 7
17545 RETURN
17550 IC
17555 IC
17560 IC
17565 SUBEND
17570 IC
17575 IC
17580 IC
17585 IC
17590 IC
17595 IC
17600 IC
17605 IC
17610 DEF FNASCII(A)
17615 DIM A$(10)
17620 A$=VAL$(PRIND(A,-4))
17625 IF POS(A$,".")=0 THEN A$=A$. " "
17630 RETURN A$
17635 FNEHD
17640 IC
17645 IC
17650 IC
17655 IC
17660 IC
17665 SUB Gaz(A_hyd,A_oxv,Type)
17670 COM /Torche/ Statut_torche,Hyd,Oxv
17675 !
17680 ! ALLUMAGE DE LA TORCHE ET AJUSTEMENT AU BON DEBIT
17685 !
17690 IF Statut_torche=1 AND A_hyd>0 THEN
17695 DISP "% SECTION DE L'ALLUMAGE DE LA TORCHE %"
17700 CALL Allume_torche
17705 PRINT "% **** SOUS-PROGRAMME DE FABRICATION AUTOMATIQUE **** %"
17710 DISP
17715 END IF
17720 DISP "% AJUSTEMENT DES GAZS POUR %Type% ". ATTENDRE LE SIGNAL SUP. %"
17725 Hyd=A_hyd
17730 Oxv=A_oxv
17735 CALL Ajuste_gaz
17740 DISP
17745 PRINT TABXY(1,4);"%PERIODE D'AJUSTEMENT MANUEL DES DEBITS%"
17750 PRINT "%METTRE LES COMMANDEURS DU CONTROLEUR DE DEBITS SUR [LOCAL]%"
17755 PRINT "%PUIS MODIFIER LES DEBITS MANUELLEMENT A L'AIDE DES POTENTIOMETRES%"
17760 PRINT "% PESER SUR [CONTINUE] LORSQUE VOUS AUREZ TERMINE. %"
17765 PAUSE
17770 !
17775 PRINT "%%"
17780 DISP
17785 SUBEND
17790 IC
17795 IC
17800 IC
17805 IC
17810 IC
17815 SUB Ajuste_gaz
17820 COM /Torche/ Statut_torche,Hyd,Oxv
17825 IF Hyd=0 THEN
17830 Oxv=0
17835 OUTPUT 709;"AO2,0,0AO2,1,0"
17840 WRIT 7
17845 BEEP 81,23=6,,2
17850 Statut_torche=1

```

```

17855 SUBEXITE
17860 END IF
17865 OUTPUT 709:"A02,0,"@VALS(Hyd=10)
17870 WAIT 2
17875 OUTPUT 709:"A02,1,"@VALS(Oxy=50)
17880 WAIT 2
17885 BEEP 81.23*6..2
17890 OUTPUT 710:"00"
17895 SUBENDE
17900 !C
17905 !C
17910 !C
17915 !C
17920 SUB Mode_aller_ret(Param_ar(*)
17925 COM /Torche/ Statut_torche,Hyd,Oxy
17930 !
17935 PRINT TABXY(1,3):"PARAMETRES DU MODE ALLER-RETOUR HORIZONTAL DE LA TORCHE:"
17940 PRINT TABXY(1,5):"POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE:"Param_ar(1):" mm "
17945 PRINT TABXY(1,7):"DISTANCE HORIZONTALE DU BALAYAGE DE LA TORCHE:"Param_ar(2):" mm "
17950 PRINT TABXY(1,9):"VITESSE DE BALAYAGE HORIZONTAL DE LA TORCHE:"Param_ar(3):" mm/sec "
17955 !
17960 !
17965 Flag_menu_3=0
17970 DISP "CHOISIR UN PARAMETRE A MODIFIER [OU TERMINER]"
17975 PRINT TABXY(1,16)
17980 PRINT USING "BOX,/,BOX"
17985 ON KEY 0 LABEL "POS.HOR.TORCHE",7 GOSUB Ar_param_1
17990 ON KEY 1 LABEL " DELTA X ",7 GOSUB Ar_param_2
17995 ON KEY 2 LABEL "UIT.TORC.HORIZ",7 GOSUB Ar_param_3
18000 ON KEY 4 LABEL " RETOUR ",7 GOTO 18020
18005 IF Flag_menu_3=0 THEN GOTO 18005
18010 GOTO 17965
18015 !
18020 OFF KEY
18025 DISP
18030 PRINT TABXY(1,2)
18035 PRINT USING "BOX,/,/,BOX,/,/,BOX,/,/,BOX"
18040 SUBEXITE
18045 !
18050 !
18055 !
18060 !
18065 Ar_param_1:Flag_menu_3=1
18070 OFF KEY
18075 LOOP
18080 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE [mm]:",Param_ar(1)
18085 Param_ar(1)=ROUND(Param_ar(1),-1)
18090 EXIT IF Param_ar(1)=-99.9999 AND Param_ar(1)=99.9999 AND Param_ar(1)<>0
18095 BEEP 81.23*6..2
18100 PRINT TABXY(1,17):"ERREUR:" LA POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE"
18105 PRINT TABXY(1,18):" DOIT ETRE ENTRE -99.9999 ET 99.9999 ET DIFFERENTE DE 0"
18110 END LOOP
18115 PRINT TABXY(1,5):TAB(80)
18120 PRINT TABXY(1,5):"POSITION HORIZONTALE INITIALE DE LA TORCHE:"Param_ar(1):" mm "
18125 RETURN
18130 !
18135 !
18140 !
18145 Ar_param_2:Flag_menu_3=1
18150 OFF KEY
18155 LOOP
18160 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA DISTANCE DE BALAYAGE HORIZONTAL DE LA TORCHE [mm]:",Param_ar(2)
18165 Param_ar(2)=ROUND(Param_ar(2),-1)
18170 EXIT IF Param_ar(2)=0 AND Param_ar(2)<=30 AND Param_ar(2)+Param_ar(1)<0
18175 BEEP 81.23*6..2
18180 PRINT TABXY(1,17):"ERREUR:" LA DISTANCE DE BALAYAGE HORIZONTAL DOIT ETRE"
18185 PRINT TABXY(1,18):" ENTRE 0 ET 30 mm ET LA DESTINATION DOIT ETRE NON NULLE"
18190 END LOOP
18195 PRINT TABXY(1,7):TAB(80)
18200 PRINT TABXY(1,7):"DISTANCE HORIZONTALE DU BALAYAGE DE LA TORCHE:"Param_ar(2):" mm "
18205 RETURN
18210 !
18215 !
18220 !
18225 Ar_param_3:Flag_menu_3=1
18230 OFF KEY
18235 LOOP
18240 INPUT "VEUILLEZ DONNER LA VITESSE DE DEPLACEMENT HORIZONTAL DE LA TORCHE [mm/sec]:",Param_ar(3)
18245 Param_ar(3)=ROUND(Param_ar(3),-1)
18250 IF Param_ar(3)<=.13 AND Param_ar(3)=0 THEN

```

```

18255     BEEP 300,.1%
18260     WAIT .1%
18265     BEEP 300,.1%
18270     PRINT TABXY(1,17):"ATTENTION == VERIFIER LA ZONE INTERDITE DES MOTEURS"%
18275     PRINT TABXY(1,18):"    PUIS PESER SUR [CONTINUE]"%
18280     PAUSE%
18285     END IF%
18290     EXIT IF Param_ar(3)=0 AND Param_ar(3)<=.4%
18295     BEEP 81.23*6,.2%
18300     PRINT TABXY(1,18):"%ERREUR== LA VITESSE DOIT ETRE ENTRE 0 ET .4 mm/sec"%
18305     END LOOP%
18310     PRINT TABXY(1,9):TAB(80):" "%
18315     PRINT TABXY(1,9):"%VITESSE DE BALAYAGE HORIZONTAL DE LA TORCHE=";Param_ar(3);" mm/sec  "%
18320     RETURN %
18325     !%
18330     !%
18335     !%
18340     SUBEND%
18345     !%
18350     !%
18355     !%
18360     !%
18365     !%
18370     !%
18375     !%
18380     !%
18395     SUB Plot_graph(Xmin0,Xmax0,INTEGER Ymin0,Ymax0,First_point,Last_point,REAL X(*),Y0(*),Y1(*),Y2(*),Y3(*),INTEGER Graph(*),Type_%)%
18390     OPTION BASE 1%
18395     DIM /Plot/ Us(*) ,INTEGER Pen1(*),Plot_stat%
18400     DIM /Plot_title/ Titre$,Titre2$,Titre3$,Abscisse$,Ordonnee$%
18405     INTEGER Pen0,Position,Type_2%
18410     IF Plot_stat=0 THEN %
18415     Titre$="SYMMETRIC FUSED TAPER COUPLER"%
18420     Titre2$="COUPLING AND LOSS vs ELONGATION"%
18425     Titre3$=""%
18430     Abscisse$="ELONGATION (mm)"%
18435     Ordonnee$="NORMALIZED POWER (z)"%
18440     END IF%
18445     !%
18450     ! IF TYPE_0 : SEULEMENT UNE COURBE%
18455     ! IF TYPE_<0 AND <3 : TROIS COURBES%
18460     ! IF TYPE_3 : QUATRE COURBES%
18465     !%
18470     Type_2=1%
18475     ! IF TYPE_2=0 : MAIN OR COUPLED ARM EN PUISSANCE ABSOLUE EXO%
18480     ! IF TYPE_2=1 : COUPLING RATIO EX/(X+Y)I%
18485     ! IF TYPE_2=2 : NORMALIZED CURVE OR SPECTRUM CURVE EX/Y ou FFTI%
18490     PRINT TABXY(17,2):"VEUILLEZ SPECIFIER LE MODELE DU PLOTTER:"%
18495     PRINT TABXY(17,3):"%S% ==> HP9872A (4 CRAYONS) %B% ==> HP7475 (6 CRAYONS)"%
18500     ON KBD,14 GOTO 18515%
18505     Boucle00=GOTO Boucle00%
18510     !%
18515     SELECT UPC>(KBD)%
18520     CASE "A"%
18525     OFF KBD%
18530     P_model$="A"%
18535     CASE "B"%
18540     OFF KBD%
18545     P_model$="B"%
18550     CASE ELSE%
18555     OFF KBD%
18560     GOTO 18490%
18565     END SELECT%
18570     PRINT TABXY(17,2):"VERIFIER QUE LE PLOTTER EST A L'ADRESSE **705**":TAB(80)%
18575     PRINT TABXY(17,3):"ET QU'IL EST ALLUME, PUIS PESER SUR [CONTINUE] ...":TAB(80)%
18580     PAUSE%
18585     PRINT TABXY(17,2):TAB(80)%
18590     PRINT TABXY(17,3):TAB(80)%
18595     ON TIMEOUT ? 6 GOSUB Plot_time_out%
18600     CLEAR%
18605     PLOTTER IS 705,"HPGL"%
18610     PRINT TABXY(10,2):"METTRE UNE FEUILLE DANS LE PLOTTER, PUIS PESER SUR [CONTINUE] ...":TAB(80)%
18615     IF P_model$="A" THEN PRINT TABXY(10,3):"NOTE: LA FEUILLE DOIT ETRE ALLIGNEE AVEC LA LIGNE BLEUE."%
18620     PEN 0%
18625     PAUSE%
18630     OFF TIMEOUT ?%
18635     PRINT TABXY(1,2):TAB(80)%
18640     PRINT TABXY(1,3):TAB(80)%
18645     PRINT TABXY(1,17):"DIMENSIONS ACTUELLES DE L'ARE DES X: X MINIMUM: ";Xmin0;" X MAXIMUM: ";Xmax0%
18650     INPUT "VOULEZ-VOUS CHANGER LES DIMENSIONS DE L'ARE DES X? (O ou N)";Change_dim%

```

```

18655 Change_dir$=UPC$(Change_dir$);
18660 IF Change_dir$="0" THEN ;
18665 INPUT "X minimum ?",Xmin,"X maximum ?",Xmax;
18670 ELSE;
18675 Xmin=Xmin0;
18680 Xmax=Xmax0;
18685 END IF;
18690 PRINT TABXY(1,17):TAB(80);
18695 IF ABS(Ymax0-Ymin0)<1 THEN ;
18700 Ymin=Ymin0-1;
18705 Ymax=Ymax0+1;
18710 ELSE;
18715 Ymin=Ymin0;
18720 Ymax=Ymax0;
18725 END IF;
18730 IF Change_dir$="0" THEN ;
18735 INPUT "VOULEZ-VOUS TRACER LES COURBES SEULEMENT (SANS LES TITRES ET LES AXES CO ou NO)?",No_title$;
18740 No_title$=UPC$(No_title$);
18745 ELSE;
18750 No_title$="N";
18755 END IF;
18760 IF P_model$="B" THEN ;
18765 INPUT "DESIRES-VOUS LE GRAPHE SUR FEUILLES MULTIPLES POUR LA PHOTOGRAPHIE (O ou N)?",Stop$;
18770 Stop$=UPC$(Stop$);
18775 ELSE;
18780 Stop$="N";
18785 END IF;
18790 IF No_title$="0" THEN GOTO 18935;
18795 IF P_model$="R" THEN ;
18800 ULEXPOR 0,99.62,4.38,69.72;
18805 ELSE;
18810 ULEXPOR 0,138.8,4.5,95.5;
18815 END IF;
18820 WINDOW 0,138.8,4.5,95.5;
18825! SECTION DES TITRES;
18830 PRINT "Y":TABXY(1,3):"TITRES PAR DEFAUT:";
18835 PRINT TABXY(1,6):"TITRE PRINCIPAL :# " :Titre1$:TAB(80);
18840 PRINT TABXY(1,8):"SECOND TITRE :# " :Titre2$:TAB(80);
18845 PRINT TABXY(1,10):"TROISIEME TITRE :# " :Titre3$:TAB(80);
18850 PRINT TABXY(1,12):"NOM DE L'AXE DES X :# " :Abscisse$:TAB(80);
18855 PRINT TABXY(1,14):"NOM DE L'AXE DES Y :# " :Ordonnee$:TAB(80);
18860 PRINT TABXY(1,18):"VEUILLEZ DONNER LE TITRE SUIVANT: [CONT] pour le titre par défaut [40 car.NBKI]";
18865 INPUT "TITRE PRINCIPAL:" Titre1$;
18870 PRINT TABXY(1,6):"TITRE PRINCIPAL :# " :Titre1$:TAB(80);
18875 INPUT "SECOND TITRE:" Titre2$;
18880 PRINT TABXY(1,8):"SECOND TITRE :# " :Titre2$:TAB(80);
18885 INPUT "TROISIEME TITRE:" Titre3$;
18890 PRINT TABXY(1,10):"TROISIEME TITRE :# " :Titre3$:TAB(80);
18895 INPUT "NOM DE L'AXE DES X:" Abscisse$;
18900 PRINT TABXY(1,12):"NOM DE L'AXE DES X :# " :Abscisse$:TAB(80);
18905 INPUT "NOM DE L'AXE DES Y:" Ordonnee$;
18910 PRINT TABXY(1,14):"NOM DE L'AXE DES Y :# " :Ordonnee$:TAB(80);
18915 PRINT TABXY(1,18):TAB(80);
18920 INPUT "VOULEZ-VOUS MODIFIER UN DE CES TITRES (O ou N)?",Tit$;
18925 Tit$=UPC$(Tit$);
18930 IF Tit$(0)"N" THEN GOTO 18860;
18935 PRINT "F";
18940 PRINT TABXY(1,4):"ASSIGNATION DES CRAYONS ET DES VITESSES:#":TAB(54):"CRAYON #":TAB(67):"VITESSE#";
18945 IF Plot_stat=0 THEN ;
18950 FOR I=1 TO 7;
18955 Penl(I)=1;
18960 Us(I,1)="";
18965 Us(I,2)="MAXIMUM";
18970 NEXT I;
18975 IF P_model$="R" THEN ;
18980 Penl(3)=2;
18985 Penl(4)=1;
18990 Penl(5)=3;
18995 Penl(6)=4;
19000 Penl(7)=2;
19005 ELSE;
19010 Penl(7)=3;
19015 END IF;
19020 Plot_stat=1;
19025 END IF;
19030 IF No_title$="N" THEN ;
19035 PRINT TABXY(1,6):"TITRE PRINCIPAL:#":TAB(56):Penl(1):TAB(65):Us(I,2);
19040 PRINT TABXY(1,7):"AUTRES TITRES ET AXES:#":TAB(56):Penl(2):TAB(65):Us(2,2);
19045 PRINT TABXY(1,8):"LIGNE(S) TIREE(S) (S'IL Y A LIEU):#":TAB(56):Penl(3):TAB(65):Us(3,2);
19050 END IF;

```

```

19055 IF Type=0 THEN §
19060 PRINT TABXY(1,9):"§COURBE DE DONNEES-§":TAB(56):Penl(4):TAB(65):Us(4,2)§
19065 ELSE§
19070 PRINT TABXY(1,9):"§PREMIERE COURBE (F. AUXILIAIRE)§":TAB(56):Penl(4):TAB(65):Us(4,2)§
19075 PRINT TABXY(1,10):"§SECONDE COURBE (F. PRINCIPALE)§":TAB(56):Penl(5):TAB(65):Us(5,2)§
19080 PRINT TABXY(1,11):"§TROISIEME COURBE (PERTE)§":TAB(56):Penl(6):TAB(65):Us(6,2)§
19085 END IF§
19090 IF Type=3 THEN §
19095 PRINT TABXY(1,12):"§QUATRIEME COURBE (F. AUX. #2 ou PRESSION)§":TAB(56):Penl(7):TAB(65):Us(7,2)§
19100 END IF§
19105 LOOP§
19110 INPUT "VOULEZ-VOUS MODIFIER UNE DE CES ASSIGNATIONS EO ou M?" ,Ggg§
19115 Ggg=UPC(Ggg)§
19120 EXIT IF Ggg="N"§
19125 INPUT "DONNER LE NUMERO D'APPARITION DE L'ITEM A MODIFIER (1,2,3 ...)" ,Position§
19130 IF No_title="0" THEN Position=Position+3§
19135 IF P_model="A" THEN §
19140 PRINT TABXY(1,14):"§NUMEROS DE CRAYON-§ 0 à 4 §VALEURS DE VITESSE-§ 1 à 36 cm/s OU MAX"§
19145 ELSE§
19150 PRINT TABXY(1,14):"§NUMEROS DE CRAYON-§ 0 à 6 §VALEURS DE VITESSE-§ .38 à 32.1 cm/s OU MAX"§
19155 END IF§
19160 LOOP§
19165 SELECT Position§
19170 CASE 1§
19175 PRINT TABXY(1,18):"§TITRE PRINCIPAL-§ .....§"
19180 CASE 2§
19185 PRINT TABXY(1,18):"§AUTRES TITRES ET AXES-§ .....§"
19190 CASE 3§
19195 PRINT TABXY(1,18):"§LIGNE(S) TIREE(S)-§ .....§"
19200 CASE 4§
19205 IF Type=0 THEN §
19210 PRINT TABXY(1,18):"§COURBE DE DONNEES-§ .....§"
19215 ELSE§
19220 PRINT TABXY(1,18):"§PREMIERE COURBE (F. AUXILIAIRE)§ .....§"
19225 END IF§
19230 CASE 5§
19235 PRINT TABXY(1,18):"§SECONDE COURBE (F. PRINCIPALE)§ .....§"
19240 CASE 6§
19245 PRINT TABXY(1,18):"§TROISIEME COURBE (PERTE)§ .....§"
19250 CASE 7§
19255 PRINT TABXY(1,18):"§QUATRIEME COURBE (F. AUX. #2 ou PRESSION)§ .....§"
19260 CASE ELSE§
19265 BEEP §
19270 GOTO 19125§
19275 END SELECT§
19280 INPUT "NO DE CRAYON, VITESSE MAX ou valeur numérique?" ,Pen0,"VITESSE MAX ou valeur numérique?" ,Us0§
19285 Test=(P_model="A" AND 0(<Pen0 AND Pen0<4) OR (P_model="B" AND 0(<Pen0 AND Pen0<6))§
19290 Flag_us=0§
19295 IF UPC(Us0(1,1))="M" THEN §
19300 Us0="10" IDURV§
19305 Us0(Position,2)=TAB(MAXIMUM)§
19310 Us0(Position,1)="§"
19315 Flag_us=1§
19320 ELSE§
19325 IF UR(0*Us0)=0 THEN Us0="0"§
19330 END IF§
19335 Us0=VAL(Us0)§
19340 Test=Test AND ((P_model="A" AND 1(<Us0 AND Us0<36) OR (P_model="B" AND .38<Us0 AND Us0<32.1))§
19345 EXIT IF Test§
19350 BEEP 500 ,1§
19355 PRINT TABXY(1,16):"§ERREUR-§ PARAMETRE(S) INVALIDE(S)"§
19360 END LOOP§
19365 Penl(Position)=Pen0§
19370 IF Flag_us(>1) THEN §
19375 Us0(Position,1)=VAL(UR(Us0))§
19380 Us0(Position,2)=VAL(UR(Us0))§
19385 END IF§
19390 PRINT TABXY(54,Position+5):Penl(Position):TABXY(63,Position+5):Us0(Position,2): " §"
19395 PRINT TABXY(1,14):TAB(80)§
19400 PRINT TABXY(1,16):TAB(80)§
19405 PRINT TABXY(1,18):TAB(80)§
19410 END LOOP§
19415 PRINT "F"§
19420 LOAD Graph(*)§
19425 PRINT TABXY(10,2):" OPERATION D'IMPRESSION EN COURS":TAB(80)§
19430 PRINT TABXY(10,3):" UN MOMENT SUP ...":TAB(80)§
19435 IF No_title="0" THEN GOTO 19625§
19440 CSIZE 7/1,394 ,5§
19445 IF P_model="B" THEN CSIZE 7 ,.5§
19450 LOAD 6§

```

```

19455 GSEND "US"00$(1,1)
19460 PEN Pen1(1)
19465 FOR I=-.1 TO .1 STEP .2 ! FOR I=-.1 TO .1 STEP .2
19470 FOR J=-.1 TO .1 STEP .2 ! FOR J=-.1 TO .1 STEP .2
19475 MOVE 75+I,95+J
19480 LABEL Titre1
19485 NEXT J
19490 NEXT I
19495 IF Stop$="0" THEN GOSUB Pause_5
19500 GSEND "US"00$(2,1)
19505 PEN Pen1(2)
19510 CSIZE 6/1.394,.6
19515 IF P_model$="B" THEN CSIZE 6,.6
19520 LORG 6
19525 MOVE 75,85
19530 LABEL Titre2
19535 MOVE 15,5,78,5
19540 RECTANGLE 119,17
19545 CSIZE 5/1.394,.6
19550 IF P_model$="B" THEN CSIZE 5,.6
19555 MOVE 75,76
19560 LABEL Titre3
19565 CSIZE 5/1.394,.7
19570 IF P_model$="B" THEN CSIZE 5,.7
19575 LORG 4
19580 MOVE 75,4,5
19585 LABEL Abscisse
19590 LORG 6
19595 DEGE
19600 LDIR 90
19605 MOVE 1,42,5
19610 CSIZE 5/1.394,.55
19615 IF P_model$="B" THEN CSIZE 5,.55
19620 LABEL Ordonnee
19625 IF P_model$="A" THEN
19630 UTELPOR 11,12,96,47,11,92,51,42
19635 ELSE
19640 UTELPOR 15,5,134,5,15,70
19645 END IF
19650 WINDOW Xmin,Xmax,Ymin,Ymax
19655 IF No_title$="0" THEN GOTO 20220
19660 Epsilon=1.E-5
19665 SELECT PRORND(Xmax-Xmin,-3)
19670 CASE <=.5-Epsilon
19675 Xspace=.01
19680 Xmajor=5
19685 CASE .5 TO 1-Epsilon
19690 Xspace=.02
19695 Xmajor=5
19700 CASE 1 TO 2-Epsilon
19705 Xspace=.05
19710 Xmajor=4
19715 CASE 2 TO 5-Epsilon
19720 Xspace=.1
19725 Xmajor=5
19730 CASE 5 TO 10-Epsilon
19735 Xspace=.2
19740 Xmajor=5
19745 CASE 10 TO 20-Epsilon
19750 Xspace=.5
19755 Xmajor=4
19760 CASE 20 TO 50-Epsilon
19765 Xspace=1
19770 Xmajor=5
19775 CASE 50 TO 100-Epsilon
19780 Xspace=2
19785 Xmajor=5
19790 CASE 100 TO 200-Epsilon
19795 Xspace=5
19800 Xmajor=4
19805 CASE 200 TO 500-Epsilon
19810 Xspace=10
19815 Xmajor=5
19820 CASE 500 TO 1000-Epsilon
19825 Xspace=20
19830 Xmajor=5
19835 CASE 1000 TO 2000-Epsilon
19840 Xspace=50
19845 Xmajor=4
19850 CASE 2000 TO 5000-Epsilon

```

```

19955 Xspace=100%
19960 Xmajor=5%
19965 CASE ELSE%
19970 Xspace=200%
19975 Xmajor=5%
19980 END SELECT%
19985 SELECT ROUND((Ymax-Ymin)/1.2,-2)%
19990 CASE (=,1)%
19995 Yspace=.01%
19900 CASE .1+Epsilon TO .2%
19905 Yspace=.02%
19910 CASE .2+Epsilon TO .5%
19915 Yspace=.05%
19920 CASE .5+Epsilon TO 1%
19925 Yspace=.1%
19930 CASE 1+Epsilon TO 2%
19935 Yspace=.2%
19940 CASE 2+Epsilon TO 5%
19945 Yspace=.5%
19950 CASE 5+Epsilon TO 10%
19955 Yspace=1%
19960 CASE 10+Epsilon TO 20%
19965 Yspace=2%
19970 CASE 20+Epsilon TO 50%
19975 Yspace=5%
19980 CASE 50+Epsilon TO 100%
19985 Yspace=10%
19990 CASE 100+Epsilon TO 200%
19995 Yspace=20%
20000 CASE 200+Epsilon TO 500%
20005 Yspace=50%
20010 CASE 500+Epsilon TO 1000%
20015 Yspace=100%
20020 CASE 1000+Epsilon TO 2000%
20025 Yspace=200%
20030 CASE 2000+Epsilon TO 5000%
20035 Yspace=500%
20040 CASE ELSE%
20045 Yspace=1000%
20050 END SELECT%
20055 AXES Xspace,0,Xmin-Xspace*Xmajor,Ymin,Xmajor,2,2.5%
20060 AXES Xspace,0,Xmin-Xspace*Xmajor,Ymax,Xmajor,2,2.5%
20065 AXES 0,Yspace,Xmin,0-100*Yspace*2,Xmajor,2,2.5%
20070 AXES 0,Yspace,Xmax,0-100*Yspace*2,Xmajor,2,2.5%
20075 CLIP OFF%
20080 LINE TYPE 1%
20085 LDIR OF%
20090 LORG 6%
20095 CSIZE 1/1.394,.6%
20100 IF P_model#="B" THEN CSIZE 4,.6%
20105 FOR I=Xmin TO Xmax STEP Xspace*Xmajor%
20110 MOVE I,Ymin%
20115 LABEL DROUND(I,4)%
20120 NEXT I%
20125 LORG 6%
20130 CSIZE 1/1.394,.5%
20135 IF P_model#="B" THEN CSIZE 4,.5%
20140 Y_label_min=INT(ABS(Ymin/(2*Yspace)))*SGN(Ymin)*Yspace*2%
20145 FOR I=Y_label_min TO Ymax STEP Yspace*2%
20150 MOVE Xmin,I%
20155 LABEL DROUND(I,4)%
20160 NEXT I%
20165 PENUP%
20170 LINE TYPE 5,2%
20175 Rz=(Ymax-Ymin)/1.2%
20180 IF Type_2=1 THEN Rz=Rz/2%
20185 IF Type_2=2 THEN Rz=2*Rz%
20190 GSEMD "US"RUS(3,1)%
20195 PEN Pen1(3)%
20200 FOR I=0 TO Ymax STEP Rz%
20205 MOVE Xmin,I%
20210 DRAW Xmax,I%
20215 NEXT I%
20220 PENUP%
20225 CLIP ON%
20230 LINE TYPE 1%
20235 IF No_title#="N" AND Stop#="0" THEN GOSUB Pause_1
20240 MOVE X(first_point),YD(first_point)%
20245 GSEMD "US"RUS(4,1)%
20250 PEN Pen1(4)%

```

```

20255 FOR I=first_point TO Last_point%
20260 DRAW X(I),Y0(I)%
20265 NEXT I%
20270 PENUP%
20275 IF Type <> 0 THEN %
20280 IF Stop%="0" THEN GOSUB Pause_%
20285 MOVE X(first_point),Y1(first_point)%
20290 GSEND "US"RUS(5,1)%
20295 PEN Pen1(5)%
20300 FOR I=first_point TO Last_point%
20305 DRAW X(I),Y1(I)%
20310 NEXT I%
20315 PENUP%
20320 IF Stop%="0" THEN GOSUB Pause_%
20325 MOVE X(first_point),Y2(first_point)%
20330 GSEND "US"RUS(6,1)%
20335 PEN Pen1(6)%
20340 FOR I=first_point TO Last_point%
20345 DRAW X(I),Y2(I)%
20350 NEXT I%
20355 PENUP%
20360 IF Type =5 THEN %
20365 IF Stop%="0" THEN GOSUB Pause_%
20370 MOVE X(first_point),Y3(first_point)%
20375 GSEND "US"RUS(7,1)%
20380 PEN Pen1(7)%
20385 FOR I=first_point TO Last_point%
20390 DRAW X(I),Y3(I)%
20395 NEXT I%
20400 PENUP%
20405 END IF%
20410 END IF%
20415 CLIP OFF%
20420 PEN OF%
20425 GSEND "US"%
20430 PLOTTER IS 3,"INTERNAL"%
20435 PEN 1%
20440 LINE TYPE 1%
20445 VIEWPORT 11,126,10,85%
20450 WINDOW Xwind,Xmax0,-20,110%
20455 CLIP OFF%
20460 ON TIMEOUT 7,1 CALL Time_out%
20465 SUBEXIT%
20470 !%
20475 !%
20480 !%
20485 Plot_time_out: !%
20490 BEEP 01,23*7,..2%
20495 PRINT TABXY(17,2):"LE PLOTTER N'EST PAS A L'ADRESSE ""705"":TAB(80)%
20500 PRINT TABXY(17,3):"FAIRE LA CORRECTION ET PESER SUR [CONTINUE]":TAB(80)%
20505 PAUSE%
20510 PRINT "F"%
20515 PLOTTER IS 705,"HPGL"%
20520 RETURN %
20525 !%
20530 !%
20535 !%
20540 !%
20545 Pause :BEEP 500,..1%
20550 PEN OF%
20555 PRINT TABXY(10,2):"VEUILLEZ INSERER UNE NOUVELLE FEUILLE DE PAPIER DANS LE PLOTTER":TAB(80)%
20560 PRINT TABXY(10,3):"POIS PESER SUR [CONTINUE] ...":TAB(80)%
20565 PAUSE%
20570 PRINT TABXY(10,2):" OPERATION B'IMPRESSIOM EN COURS ":TAB(80)%
20575 PRINT TABXY(10,3):" UN MOMENT SUP ...":TAB(80)%
20580 RETURN %
20585 !%
20590 !%
20595 !%
20600 SOBEND%
20605 !%
20610 !%
20615 !%
20620 !%
20625 !%
20630 !%
20635 !%
20640 !%
20645 SUB Plot_recall%
20650 OPTION BASE 1%

```

```

%20655 COM /Comments/ INTEGER Comments,Param$(*),Comments$(*)%
%20660 COM /Vecteurs/ X(*),Y0(*),Y1(*),Y2(*),Y3(*)%
%20665 COM /Process/ INTEGER Type,_first_point,_last_point, Nb_cycle,REAL Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Vel_tot,Hydn,Oxyn,Int_sec,Delta_x
%
%20670 COM /Graph/ INTEGER Graph(*),Graph1(*),Graph2(*)%
%20675 INTEGER Total_pt,I,Fp,Lp%
%20680 Comments=0%
%20685 GIMTY%
%20690 GCLARP%
%20695 DISP %
%20700 PRINT "F *** RAPPEL D'UNE COURBE STOCKEE SUR DISQUETTE ***"
%20705 PRINT "Mettre la disquette contenant le fichier choisi dans le disc drive"
%20710 PRINT "Puis peser sur **CONTINUE**"
%20715 PAUSE%
%20720 ON ERROR GOTO File_error%
%20725 PRINT "F"
%20730 CAT %
%20735 INPUT "Donner le nom du fichier contenant la courbe choisie: [puis peser sur **ENTER**]",A%
%20740 PRINT "FUn moment sup."
%20745 !%
%20750 ! LECTURE DES POINTS%
%20755 !%
%20760 ASSIGN @Graph TO A%
%20765 ON ERROR GOTO Old_file%
%20770 ENTER @Graph,1:Type,_first_point,_last_point,Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Comments%
%20775 IF Type >=0 THEN Old_file%
%20780 Total_pt=_last_point-_first_point+1 ! TOTAL_PT = NOMBRE DE POINTS TOTALS
%20785 REDIM X(First_point:Last_point),Y0(First_point:Last_point),Y1(First_point:Last_point),Y2(First_point:Last_point),Y3(First_point:Last_point)%
%20790 SELECT Type,%
%20795 CASE -1,-5 ! FICHER DE TROIS COURBES%
%20800 IF Total_pt>5461 THEN REDIM Y0(First_point:First_point+5460),Y2(First_point:First_point+5460),Y3(First_point:First_point+5460)%
%20805 IF Comments=1 THEN %
%20810 ENTER @Graph,1:Type,_first_point,_last_point,Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Comments,Y0(*),Comments$(1),Comments$(2),Comment
s$(3)%
%20815 ENTER @Graph,2:Y2(*),Comments$(4),Comments$(5),Comments$(6),Param$(1),Param$(2),Param$(3)%
%20820 ENTER @Graph,3:Hydn,Oxyn,Int_sec,Y3(*),Comments$(7),Comments$(8),Param$(4),Param$(5),Param$(6),Param$(7),Param$(8),Param$(9),
Param$(10)%
%20825 ELSE%
%20830 Comments=0%
%20835 ENTER @Graph,1:Type,_first_point,_last_point,Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Comments,Y0(*)%
%20840 ENTER @Graph,2:Y2(*)%
%20845 ENTER @Graph,3:Hydn,Oxyn,Int_sec,Y3(*)%
%20850 END IF%
%20855 IF Total_pt>5461 THEN %
%20860 REDIM X(First_point+5461:Last_point),Y0(First_point:Last_point),Y1(First_point+5461:Last_point),Y2(First_point:Last_point),Y3
(First_point:Last_point)%
%20865 ASSIGN @Graph TO %
%20870 ASSIGN @Graph TO "2" @ARC3%
%20875 ENTER @Graph,1:X(*)%
%20880 ENTER @Graph,2:Y1(*)%
%20885 MAT Y0(First_point+5461:Last_point)= X%
%20890 MAT Y2(First_point+5461:Last_point)= Y1%
%20895 ENTER @Graph,3:X(*)%
%20900 MAT Y3(First_point+5461:Last_point)= X%
%20905 REDIM X(First_point:Last_point),Y1(First_point:Last_point)%
%20910 END IF%
%20915 IF Type =-1 THEN %
%20920 MAT Y1 = Y0+Y3%
%20925 MAT Y1 = (100)-Y1%
%20930 ELSE%
%20935 MAT Y1 = (100)-Y0%
%20940 END IF%
%20945 CASE -2 ! FICHER DE DEUX COURBES%
%20950 IF Total_pt>8131 THEN REDIM Y0(First_point:First_point+8130),Y2(First_point:First_point+8130)%
%20955 IF Comments=1 THEN %
%20960 ENTER @Graph,1:Type,_fp,Lp,Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Comments,Y0(*),Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments$(1),Comments$(2),Comm
ents$(3),Comments$(4)%
%20965 ENTER @Graph,2:Y2(*),Comments$(5),Comments$(6),Comments$(7),Comments$(8),Param$(*)%
%20970 ELSE%
%20975 Comments=0%
%20980 ENTER @Graph,1:Type,_first_point,_last_point,Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Comments,Y0(*),Hydn,Oxyn,Int_sec%
%20985 ENTER @Graph,2:Y2(*)%
%20990 END IF%
%20995 IF Total_pt>8131 THEN %
%21000 REDIM X(First_point+8131:Last_point),Y0(First_point:Last_point),Y1(First_point+8131:Last_point),Y2(First_point:Last_point)%
%21005 ASSIGN @Graph TO %
%21010 ASSIGN @Graph TO "2" @ARC3%
%21015 ENTER @Graph,1:X(*)%
%21020 ENTER @Graph,2:Y1(*)%

```

```

%21025     MAT Y0(first_point:8131:last_point)= X%
%21030     MAT Y2(first_point:8131:last_point)= Y1%
%21035     REDDIM X(first_point:last_point),Y1(first_point:last_point)%
%21040     END IF%
%21045     MAT Y1= (100)-Y0%
%21050     CASE ELSE%
%21055     GOTO did_file%
%21060     END SELECT%
%21065     Vel_tot=Vel_gauche+Vel_droite%
%21070     Delta_x=Vel_tot*Int_sec%
%21075     FOR I=first_point TO Last_point%
%21080     X(I)=I+Delta_x%
%21085     NEXT I%
%21090     OFF ERROR %
%21095     !%
%21100     ! LES POINTS ANALYSES SONT DE FIRST_POINT A LAST_POINT%
%21105     !%
%21110     ASSIGN @Graph TO *%
%21115     ON ERROR GOTO File_error ! POUR TRAPPER DES FICHIERS DE LONG. D'ONDES
%21120     Vel_tot=Vel_gauche+Vel_droite%
%21125     OFF ERROR %
%21130     Delta_x=Vel_tot*Int_sec%
%21135     PRINT "X"%
%21140     !%
%21145     ! SI TYPE_=-1 ALORS COUPLEURS A TROIS FIBRES%
%21150     ! SI TYPE_=-2 ALORS COUPLEURS A DEUX FIBRES%
%21155     ! SI TYPE_=-3 ALORS COUPLEURS A DEUX FIBRES ET PRESSTION%
%21160     !%
%21165     IF Type_=-3 THEN %
%21170     REPEAT%
%21175     INPUT "Choisir une des courbes: %COUPLAGE vs ETIREMENT% %E% ou %COUPLAGE vs PRESSTION% %CP% ",R%
%21180     R=UPCR(R)%
%21185     UNTIL R="P" OR R="E"%
%21190     IF R="P" THEN %
%21195     MAT SEARCH Y3,max:Y3_max%
%21200     Y3_max=Y3_max+50%
%21205     CALL Draw_graph("COUPLAGE vs PRESSTION", "PRESSTION (psi)", "COEFF. DE COUPLAGE (xx)", 0,PROUND(Y3_max+50,2),-20,110)%
%21210     CALL Draw_graph("COUPLAGE vs PRESSTION", "PRESSTION (psi)", "COEFF. DE COUPLAGE (xx)", 0,2500,-20,110)%
%21215     CLIP ON%
%21220     MAT Y3= Y3*(50)%
%21225     MOVE Y3(first_point),Y0(first_point)%
%21230     FOR I=first_point TO Last_point%
%21235     DRAW Y3(I),Y0(I)%
%21240     NEXT I%
%21245     MOVE Y3(first_point),Y1(first_point)%
%21250     Mb_cycle=0%
%21255     FOR I=first_point+1 TO Last_point%
%21260     Mb_cycle=Mb_cycle+(SGN(Y1(I)-50))=0 AND SGN(Y1(I-1)-50)<0)%
%21265     DRAW Y3(I),Y1(I)%
%21270     NEXT I%
%21275     CLIP OFF%
%21280     GSTORE Graph(*)%
%21285     Stop 1=0%
%21290     REPEAT%
%21295     ON KBD,@ GOTO Kbd_intr%
%21300     PRINT TABAY(14,2):"PRESSER SUR : **I** ==> IMPRIMER      **O** ==> PARAMETRES":TAB(80)%
%21305     PRINT TABAY(14,3):"      **T** ==> TERMINER":TAB(80)%
%21310     PRINT TABAY(54,3):"%CYCLES:"@R@L$(Mb_cycle)%""%
%21315     Boucles:
%21320     !%
%21325     !%
%21330     !%
%21335     Kbd_intr:
%21340     PRINT TABAY(1,2):TAB(80)%
%21345     PRINT TABAY(1,3):TAB(80)%
%21350     SELECT UPCR(KBD)%
%21355     CASE ="I"%
%21360     OFF KBD%
%21365     CALL Output_graph(Output_device)%
%21370     IF Output_device=701 THEN %
%21375     CALL Parameter(Graph(*),Graph2(*),Type_,Mb_cycle,0,2500,-20,110,Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydr,@ys,@ys,Int_sec)%
%21380     CALL Comments_query(Graph(*),0)%
%21385     CALL Print_graph(Graph(*),Graph2(*)%
%21390     IF Comments=1 THEN %
%21395     Print_comments(701)%
%21400     ELSE%
%21405     PRINTER IS 701%
%21410     PRINT "F"%
%21415     END IF%
%21420     PRINTER IS CRT%

```

```

21425 ELSE
21430 Plot_graph(0,2500,-10,110,first_point,last_point,Y3(*),Y0(*),Y1(*),Y2(*),Y3(*),Graph(*),0)
21435 END IF
21440 CASE = "0"
21445 OFF KBD
21450 CALL Parameter(Graph(*),Graph2(*),Type_,Nb_cycle,0,2500,-20,110,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hydr,0,xyn,Int_sec)
21455 WAIT 5
21460 IF Comments=1 THEN
21465 LOAD Graph(*)
21470 PRINT TABXY(15,2):"VOULEZ-VOUS LES AUTRES COMMENTAIRES? EO ou NJ":TAB(80)
21475 ON KBD,10 GOTO 21490
21480 Boucle_us:
21485 !
21490 SELECT UPC(KBD)
21495 CASE = "0"
21500 OFF KBD
21505 GCLEAR
21510 PRINT " "
21515 Print_comments(CRT)
21520 DISP "PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIVRE"
21525 PAUSE
21530 PRINT " "
21535 DISP
21540 CASE = "N"
21545 OFF KBD
21550 PRINT TABXY(1,2):TAB(80)
21555 CASE ELSE
21560 OFF KBD
21565 GOTO 21475
21570 END SELECT
21575 END IF
21580 LOAD Graph(*)
21585 CASE = "T"
21590 OFF KBD
21595 GCLEAR
21600 Stop_1=1
21605 CASE ELSE
21610 OFF KBD
21615 END SELECT
21620 UNTIL Stop_1=1
21625 END IF
21630 END IF
21635 IF Type (<)-3 OR (Type =-3 AND R0(>"P") THEN
21640 CALL Draw_graph("PUISSANCE VS ETIREMENT", "ETIREMENT (mm)", "PUISSANCE NORMALISEE (xx)", X(first_point), X(last_point), -20, 110)
21645 LINE TYPE 8
21650 MOVE X(first_point), Y0(first_point)
21655 FOR I=first_point TO last_point
21660 DRAW X(I), Y0(I)
21665 NEXT I
21670 LINE TYPE 1
21675 Nb_cycle=0
21680 MOVE X(first_point), Y1(first_point)
21685 FOR I=first_point+1 TO last_point
21690 Nb_cycle=Nb_cycle+(SGN(Y1(I)-50))=0 AND SGN(Y1(I-1)-50)<0)
21695 DRAW X(I), Y1(I)
21700 NEXT I
21705 IF Type (<)-2 THEN
21710 LINE TYPE 4
21715 MOVE X(first_point), Y3(first_point)
21720 FOR I=first_point TO last_point
21725 DRAW X(I), Y3(I)
21730 NEXT I
21735 LINE TYPE 1
21740 END IF
21745 MOVE X(first_point), Y2(first_point)
21750 FOR I=first_point TO last_point
21755 DRAW X(I), Y2(I)
21760 NEXT I
21765 CALL Processing
21770 END IF
21775 SUBEXIT
21780 !
21785 !
21790 !
21795 !
21800 file_error: ! MANIPULATION D'UNE ERREUR DE LECTURE DES DONNEES
21805 Comments=0
21810 BEEP 81,23*2,2
21815 PRINT " ":TABXY(1,15):CHR(129):"ERREUR:"CHR(128):" FICHER ABSENT OU INAPPROPRIE."
21820 ASSIGN @graph TO *

```

```

%21825 GOTO 20705%
%21830 !%
%21835 !%
%21840 !%
%21845 Old_file: !%
%21850 ON ERROR GOTO File_error%
%21855 Type =0%
%21860 File%="X"%
%21865 File_error=0%
%21870 PRINT "SVEUILLEZ DONNER LE TYPE DE FICHIER S'IL EST CONNU:%%"
%21875 PRINT "Y%=> FICHIER AVEC DES VALEURS DE PRESSION HYDROSTATIQUE: (MAIN23).%"
%21880 PRINT "Y%=> FICHIER CONSTRUIT AVEC LES VECTEURS Y0 ET Y2: (MAIN24).%"
%21885 PRINT "Y%=> FICHIER CONSTRUIT AVEC LES VECTEURS X, Y0 ET Y2: (MAIN22).%"
%21890 PRINT "Y%=> FICHIER CONSTRUIT AVEC LES VECTEURS X, Y0, Y1 ET Y2: (MAIN21-MAIN0).%"
%21895 PRINT "Y%=> FICHIER CONSTRUIT AVEC LES VECTEURS X-Y0-Y1-Y2: (MAIN7-MAIN1).%"
%21900 PRINT "Y%=> FICHIER DE TYPE INCONNU.%"
%21905 REPEAT%
%21910 INPUT "CHOISIR UNE LETTRE POUR ACCELERER LA LECTURE: (A-E,X),File%
%21915 File%=UPC$(File%)%
%21920 UNTIL (NUM$(File%)>64 AND NUM$(File%)<70) OR File%="X"%
%21925 !%
%21930 !%
%21935 PRINT "UN MOMENT SUP.%"
%21940 !%
%21945 ! LECTURE DES POINTS%
%21950 !%
%21955 ASSIGN @Graph TO %%
%21960 ASSIGN @Graph TO A%
%21965 ENTER @Graph,1:First_point,Last_point%
%21970 Total_pt=Last_point-First_point+1 ! TOTAL_PT = NOMBRE DE POINTS TOTALE
%21975 READIN X(first_point:Last_point),Y0(first_point:Last_point),Y1(first_point:Last_point),Y2(first_point:Last_point),Y3(first_point:Last_point)%
%21980 IF Total_pt>8131 THEN %
%21985 File_error=1%
%21990 File%="X"%
%21995 GOTO File_b%
%22000 END IF%
%22005 SELECT File%
%22010 CASE "A"%
%22015 GOTO file_af%
%22020 CASE "B"%
%22025 GOTO file_bf%
%22030 CASE "C"%
%22035 GOTO file_cf%
%22040 CASE "D"%
%22045 GOTO file_df%
%22050 CASE "E"%
%22055 GOTO file_ef%
%22060 CASE "X"%
%22065 GOTO file_of%
%22070 END SELECT%
%22075 !%
%22080 !%
%22085 !%
%22090 File_a: !%
%22095 File_error=1%
%22100 ON ERROR GOTO File_df%
%22105 ENTER @Graph,5:Y3(=%)
%22110 ENTER @Graph,1:First_point,Last_point,X(=%),Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments%
%22115 IF Comments=1 THEN %
%22120 ENTER @Graph,1:First_point,Last_point,X(=%),Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments,Comments$(1),Comments$(2)
%22125 ENTER @Graph,2:Y0(=%),Comments$(3),Comments$(4),Comments$(5)%
%22130 ENTER @Graph,3:Y1(=%),Comments$(6),Comments$(7),Comments$(8)%
%22135 ENTER @Graph,4:Y2(=%),Param$(=%)
%22140 ELSE%
%22145 Comments=0%
%22150 ENTER @Graph,2:Y0(=%)
%22155 ENTER @Graph,3:Y1(=%)
%22160 ENTER @Graph,4:Y2(=%)
%22165 END IF%
%22170 Type =-3 ! FILE TYPE=%
%22175 ! Y3 DE 0 A 100 POUR 0 A 5000 PSI POUR 0 A 2 Volt%
%22180 OFF ERROR %
%22185 GOTO 21100%
%22190 !%
%22195 !%
%22200 !%
%22205 File_b:IF File_error=0 THEN %
%22210 ON ERROR GOTO File_of%

```

```

22215 ELSE
22220 ON ERROR GOTO File_ef
22225 END IF
22230 IF File_error=1 AND File="B" THEN GOTO File_ef
22235 IF Total_pt>8131 THEN REDIM Y0(First_point:First_point+8130),Y2(First_point:First_point+8130)
22240 ENTER @Graph,1:First_point>Last_point,Y0(*),Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments
22245 IF Comments=1 THEN
22250 ENTER @Graph,1:First_point>Last_point,Y0(*),Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments,Comments$(1),Comments$(2)
),Comments$(3),Comments$(4)
22255 ENTER @Graph,2:Y2(*),Comments$(5),Comments$(6),Comments$(7),Comments$(8),Param$(*)
22260 ELSE
22265 Comments=0
22270 ENTER @Graph,2:Y2(*)
22275 END IF
22280 IF Total_pt>8131 THEN
22285 REDIM X(First_point+8131>Last_point),Y0(First_point>Last_point),Y1(First_point+8131>Last_point),Y2(First_point>Last_point)
22290 ASSIGN @Graph TO *
22295 ASSIGN @Graph TO *2,"TAB[3]"
22300 ENTER @Graph,1:X(*)
22305 ENTER @Graph,2:Y1(*)
22310 MAT Y0(First_point+8131>Last_point)=X
22315 MAT Y2(First_point+8131>Last_point)=Y1
22320 REDIM X(First_point>Last_point),Y1(First_point>Last_point)
22325 END IF
22330 MAT Y1=(100)-Y0
22335 Delta_x=(Vel_gauche+Vel_droite)*Int_sec
22340 FOR I=first_point TO Last_point
22345 X(I)=I*Delta_x
22350 NEXT I
22355 Type=-2 ! File_type=4
22360 OFF ERROR
22365 GOTO 21100
22370 !
22375 !
22380 !
22385 File_c:IF File_error=0 THEN
22390 ON ERROR GOTO File_ef
22395 ELSE
22400 ON ERROR GOTO File_b
22405 END IF
22410 IF File_error=1 AND File="C" THEN GOTO File_b
22415 ENTER @Graph,3:Y2(*)
22420 ENTER @Graph,1:First_point>Last_point,X(*),Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments
22425 IF Comments=1 THEN
22430 ENTER @Graph,1:First_point>Last_point,X(*),Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments,Comments$(1),Comments$(2)
),Comments$(3)
22435 ENTER @Graph,2:Y0(*),Comments$(4),Comments$(5),Comments$(6),Comments$(7)
22440 ENTER @Graph,3:Y2(*),Comments$(8),Param$(*)
22445 ELSE
22450 Comments=0
22455 ENTER @Graph,2:Y0(*)
22460 END IF
22465 MAT Y1=(100)-Y0
22470 Type=-2 ! File_type=3
22475 OFF ERROR
22480 GOTO 21100
22485 !
22490 !
22495 !
22500 File_d:IF File_error=0 THEN
22505 ON ERROR GOTO File_ef
22510 ELSE
22515 ON ERROR GOTO File_cf
22520 END IF
22525 IF File_error=1 AND File="D" THEN GOTO File_cf
22530 ENTER @Graph,4:Y2(*)
22535 ENTER @Graph,1:First_point>Last_point,X(*),Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments
22540 IF Comments=1 THEN
22545 ENTER @Graph,1:First_point>Last_point,X(*),Vel_torche,Vel_gauche,Vel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,Comments,Comments$(1),Comments$(2)
),Comments$(3)
22550 ENTER @Graph,2:Y0(*),Comments$(3),Comments$(4),Comments$(5)
22555 ENTER @Graph,3:Y1(*),Comments$(6),Comments$(7),Comments$(8)
22560 ENTER @Graph,4:Y2(*),Param$(*)
22565 ELSE
22570 Comments=0
22575 ENTER @Graph,2:Y0(*)
22580 ENTER @Graph,3:Y1(*)
22585 END IF
22590 Type=-2 ! FILE_TYPE=2
22595 OFF ERROR

```

```

22600 GOTO 21100
22605 !
22610 !
22615 !
22620 File_e:IF File_error=0 THEN
22625 ON ERROR GOTO File_a
22630 ELSE
22635 ON ERROR GOTO File_error
22640 END IF
22645 IF File_error=1 AND File="E" THEN GOTO File_error
22650 Comments=0
22655 ASSIGN @Graph TO
22660 ASSIGN @Graph TO AS
22665 ENTER @Graph,1:First_point,Last_point,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec,X(*),Y0(*),Y1(*),Y2(*)
22670 Type=-2 ! File_type=5
22675 OFF ERROR
22680 GOTO 21100
22685 !
22690 !
22695 SUBEND
22700 !
22705 !
22710 !
22715 !
22720 !
22725 SUB Processing
22730 OPTION BASE 1
22735 DIM /Graph/ INTEGER Graph(*),Graph1(*),Graph2(*)
22740 DIM /Comments/ INTEGER Comments,Param(*),Comments$(*)
22745 DIM /Vecteurs/ X(*),Y0(*),Y1(*),Y2(*),Y3(*)
22750 DIM /Process/ INTEGER Type,First_point,Last_point,Nb_cycle,REAL Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Uel_tot,Hydn,Oxyn,Int_sec,Delta_x
22755 INTEGER Plot_type,Point_no1,Point_no2,I,Nb_cycle0
22760 STORE Graph(*)
22765 SELECT Type
22770 CASE -1,-3
22775 Plot_type=3
22780 L1=5460 ! NOMBRE DE POINT MAXIMUM POUR LE STORAGE DE DONNEES
22785 L2=10960 ! 5460*5500
22790 CASE -2
22795 Plot_type=1
22800 L1=8130
22805 L2=16320 ! 8130*8190
22810 END SELECT
22815 Delta_x_tot=X(Last_point)-X(First_point)
22820 Stop_1=0
22825 REPEAT
22830 ON KBD,B GOTO Kbd_intr0
22835 PRINT TABXY(7,2):"PRESSER SUR: **I** ==> IMPRIMER **S** ==> STOCKER **L** ==> STCK.MAX":TAB(80)
22840 PRINT TABXY(7,3):" **R** ==> AGRANDISSEMENT **D** ==> PARAMETRES **T** ==> TERMINER":TAB(80)
22845 PRINT TABXY(7,5):"%CYCLES=%DURLE*(Nb_cycle)&"
22850 Boucle0:GOTO Boucle0
22855 !
22860 !
22865 !
22870 Kbd_intr0:
22875 PRINT TABXY(1,2):TAB(80)
22880 PRINT TABXY(1,3):TAB(80)
22885 SELECT KBD
22890 CASE "I"
22895 OFF KBD
22900 CALL Output_graph(Output_device)
22905 IF Output_device=701 THEN
22910 CALL Parameter(Graph(*),Graph2(*),Type,Nb_cycle,X(First_point),X(Last_point),-20,110,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hydn,Oxyn,Int_sec)
22915 CALL Comments_query(Graph(*),0)
22920 CALL Print_graph(Graph(*),Graph2(*))
22925 IF Comments=1 THEN
22930 Print_comments(701)
22935 ELSE
22940 PRINTER IS 701
22945 PRINT "F"
22950 END IF
22955 PRINTER IS CRT
22960 ELSE
22965 Plot_graph(X(First_point),X(Last_point),-10,110,First_point,Last_point,X(*),Y0(*),Y1(*),Y2(*),Y3(*),Graph(*),Plot_type)
22970 END IF
22975 CASE "B"
22980 OFF KBD
22985 CALL Parameter(Graph(*),Graph2(*),Type,Nb_cycle,X(First_point),X(Last_point),-20,110,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hydn,0

```

```

xvm,Int_sec);
22990      WAIT 5;
22995      IF Comments=1 THEN ;
23000          LOAD Graph(*);
23005          PRINT TABXY(15,2):"VOULEZ-VOUS LES AUTRES COMMENTAIRES? (O ou N)":TAB(80);
23010          ON KBD,10 GOTO 23025;
23015      Boucle_c:  GOTO Boucle_c;
23020          ;
23025          SELECT UPDS(KBD);
23030          CASE ="O";
23035              OFF KBD;
23040              CLEAR;
23045              PRINT " ";
23050              Print_comments(CRT);
23055              DISP "PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIVRE:";
23060              PAUSE;
23065              PRINT " ";
23070              DISP ;
23075          CASE ="N";
23080              OFF KBD;
23085              PRINT TABXY(1,2):TAB(80);
23090          CASE ELSE;
23095              OFF KBD;
23100              GOTO 23010;
23105          END SELECT;
23110      END IF;
23115      LOAD Graph(*);
23120      CASE ="L";
23125          OFF KBD;
23130          PRINT TABXY(17,2):"INTERVALLES MAXIMUM de STORAGE:  ";L1=Delta_x;" mm = 1/2 disque":TAB(80);
23135          PRINT TABXY(17,3):"  ";L2=Delta_x;" mm = 1  disque":TAB(80);
23140          WAIT 3;
23145          CASE ="S";
23150              OFF KBD;
23155              IF Last_point-first_point+1>L2+1 THEN ;
23160                  BEEP @.23*6,.2;
23165                  PRINT TABXY(12,2):"LE NOMBRE DE POINTS A STOCKER EST TROP ELEVE...[CONTINUE]":TAB(80);
23170                  PRINT TABXY(12,3):"DEMANDER ""STK.MAX"" ("L") POUR LES LIMITE DE STORAGE PERMISES.";
23175                  PAUSE;
23180                  GOTO 22825;
23185              END IF;
23190              CALL Comments_query(Graph(*),1);
23195              CALL Stock_graphpour(Type_Graph(*),First_point,Last_point,L1,L2,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hydr,Oxyg,Int_sec,Y0(*),Y1(
*) ,Y2(*),Y3(*));
23200          CASE ="T";
23205              OFF KBD;
23210              CLEAR;
23215              Stop_1=1;
23220          CASE ="R";
23225              OFF KBD;
23230              PRINT TABXY(17,2):"DONNER LES ETIREMENT X1 ET X2 DE L'AGRANDISSEMENT CHOISI";
23235              CLIP OFF;
23240              AREA PEN -1;
23245              LINE TYPE 1;
23250              MOVE X(First_point)-.095*Delta_x_tot,-13;
23255              RECTANGLE .29*Delta_x_tot,19,FILL_EDGE;
23260              LOOP;
23265              INPUT "X1 [mm] ",X1,"X2 [mm] ",X2;
23270              EXIT IF X(First_point)<=X1 AND X1<X2 AND X2<=X(Last_point);
23275              PRINT TABXY(17,3):CHR(129):"INTERVALLE INCORRECT,VEUILLEZ REDONNER LES VALEURS":CHR(128);
23280              END LOOP;
23285              Point_no1=INT(X1/Delta_x)+1;
23290              Point_no2=INT(X2/Delta_x+.999);
23295              CALL Draw_graph("PUISSANCE VS ETIREMENT","ETIREMENT (mm)","PUISSANCE NORMALISEE (xx)",X1,X2,-20,110);
23300              CLIP ON;
23305              LINE TYPE 0;
23310              MOVE X(Point_no1),Y0(Point_no1);
23315              FOR I=Point_no1 TO Point_no2;
23320                  DRAW X(I),Y0(I);
23325              NEXT I;
23330              LINE TYPE 1;
23335              Nb_cycles=Nb_cycles;
23340              Nb_cycles=0;
23345              MOVE X(Point_no1),Y1(Point_no1);
23350              FOR I=Point_no1+1 TO Point_no2;
23355                  Nb_cycles=Nb_cycles+(SGN(Y1(I)-50))=0 AND SGN(Y1(I-1)-50)<0);
23360              DRAW X(I),Y1(I);
23365              NEXT I;
23370              IF Type (<)-2 THEN ;
23375                  LINE TYPE 4;

```

```

23380      MOVE X(Point_no1),Y3(Point_no1)
23385      FOR I=Point_no1 TO Point_no2
23390          DRAW X(I),Y3(I)
23395      NEXT I
23400      LINE TYPE 1
23405      END IF
23410      MOVE X(Point_no1),Y2(Point_no1)
23415      FOR I=Point_no1 TO Point_no2
23420          DRAW X(I),Y2(I)
23425      NEXT I
23430      CLIP OFF
23435      Stop_2=0
23440      GSTORE Graph1(*)
23445      REPEAT
23450          ON KBD,B GOTO Kbd_intr1
23455          PRINT TABXY(7,2):"PRESSER SUR : "I"" => IMPRIMER  ""S"" => STOCKER  ""L"" => STCK.MAX":TAB(80)
23460          PRINT TABXY(7,3):" ""R"" => RETOUR AU GRAPHE INITIAL  ""D"" => PARAM."
23465          PRINT TABXY(7,5):"%CYCLES=%VALS(Mb_cycle)%"
23470      Boucle4: GOTO Boucle4
23475      !
23480      !
23485      !
23490      Kbd_intr1: !
23495          PRINT TABXY(1,2):TAB(80)
23500          PRINT TABXY(1,3):TAB(80)
23505          SELECT KBD
23510          CASE "I"
23515              OFF KBD
23520              CALL Output_graph(Output_device)
23525              IF Output_device=701 THEN
23530                  CALL Parameter(Graph1(*),Graph2(*),Type,Nb_cycle,X1,X2,-20,110,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hydr,Oryn,Int_sec)
23535                  CALL Comments_query(Graph1(*),0)
23540                  CALL Print_graph(Graph1(*),Graph2(*))
23545                  IF Comments=1 THEN
23550                      Print_comments(701)
23555                  ELSE
23560                      PRINTER IS 701
23565                      PRINT "F"
23570                      END IF
23575                      PRINTER IS CRT
23580                  ELSE
23585                      CALL Plot_graph(X1,X2,-10,110,Point_no1,Point_no2,X(*),Y0(*),Y1(*),Y2(*),Y3(*),Graph1(*),Plot_type)
23590                  END IF
23595          CASE "L"
23600              OFF KBD
23605              PRINT TABXY(17,2):"INTERVALLES MAXIMUM de STORAGE:  ":L1=Delta_x:" mn = 1/2 disque":TAB(80)
23610              PRINT TABXY(17,3):"  ":L2=Delta_x:" mn = 1  disque":TAB(80)
23615              WAIT 3
23620          CASE "D"
23625              OFF KBD
23630              CALL Parameter(Graph1(*),Graph2(*),Type,Nb_cycle,X1,X2,-20,110,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hydr,Oryn,Int_sec)
23635              WAIT 5
23640              IF Comments=1 THEN
23645                  GLOAD Graph1(*)
23650                  PRINT TABXY(15,2):"VOULEZ-VOUS LES AUTRES COMMENTAIRES? (O ou N)":TAB(80)
23655                  ON KBD,10 GOTO 23670
23660      Boucle__ : GOTO Boucle__
23665      !
23670          SELECT UPDB(KBD)
23675          CASE "O"
23680              OFF KBD
23685              GCLERE
23690              PRINT "F"
23695              Print_comments(CRT)
23700              DISP "PRESSER SUR [CONTINUE] POUR POURSUIVRE"
23705              PAUSE
23710              PRINT "F"
23715              DISP
23720          CASE "N"
23725              OFF KBD
23730              PRINT TABXY(1,2):TAB(80)
23735          CASE ELSE
23740              OFF KBD
23745              GOTO 23655
23750          END SELECT
23755      END IF
23760      GLOAD Graph1(*)
23765      CASE "S"
23770          OFF KBD
23775          IF (Point_no2-Point_no1+1)>L2+1 THEN

```

```

23780      BEEP 01.23*6,.25
23785      PRINT TABXY(12,2):"LE NOMBRE DE POINTS A STOCKER EST TROP ELEVE; ...[CONTINUER]-TAB(80);
23790      PRINT TABXY(12,3):"DEMANDER ""STK.MAX"" ("L") POUR LES LIMITES DE STORAGE PERMISES.";
23795      PAUSE;
23800      GOTO 23445;
23805      END IF;
23810      CALL Comments_querv(Graph1(*),1);
23815      CALL Stack_graphpour(Type_Graph1(*),Point_no1,Point_no2,L1,L2,Uel_torche,Uel_gauche,Uel_droite,Hydrn,fixm,int_sec,Y0(*),
,Y1(*),Y2(*),Y3(*));
23820      CASE ="R";
23825      OFF KBD;
23830      CLEAR;
23835      GLOAD Graph(*);
23840      WINDOW X(First_point),X(Last_point),-20,110;
23845      Nb_cycle=Nb_cycle0;
23850      Stop_2=1;
23855      CASE ELSE;
23860      OFF KBD;
23865      END SELECT;
23870      UNTIL Stop_2=1;
23875      CASE ELSE;
23880      OFF KBD;
23885      END SELECT;
23890      UNTIL Stop_1=1;
23895      SUBEND;

```

ANNEXE B  
PROGRAMMES DU CONTROLEUR DES MOTEURS

LISTE DES COMMANDES DES MOTEURS

- Vxy: Modifie la vitesse du moteur "x" pour la valeur "y"
- Mxy: Déplace le moteur "x" à la position absolue "y"
- Sxy: Modifie l'incrément de déplacement du moteur "x" pour la valeur "y"
- Ix : Incrémente la position du moteur "x" par la valeur "y" donnée par Sxy
- Wx : Attendre que le moteur "x" ait atteint sa position pour effectuer la prochaine instruction du programme
- Jnn: Saute à la ligne "nn" du programme
- T : Arrête le programme

ABREVIATIONS UTILISEES

- $\Delta t$  : Temps nécessaire pour que la torche passe de la hauteur de départ des moteurs d'étirement à la hauteur d'utilisation de la torche
- $\Delta h$  : Hauteur de la torche au moment où les moteurs d'étirement débutent leurs déplacements p/r à la hauteur d'utilisation de la torche
- Op.h : Hauteur d'utilisation de la torche
- $\Delta x$  : Longueur de balayage de la torche (si utilisée)
- Velx : Vitesse de déplacement du moteur "x"
- To.Vel: Vitesse de déplacement vertical de la torche







UNIVERSITÉ D'OTTAWA  
UNIVERSITY OF OTTAWA