

22 Octobre 1986

## LE "CONFIGURATION MODELLING"

A. Lévy-Mandel

## INTRODUCTION

Le Configuration Modelling est un ensemble de programmes résidents dans les consoles et dans le PRDEV, qui permettent à un opérateur de faire exécuter le programme MAD avec les données de son choix. Il est également possible de faire une mise à l'échelle des courants des alimentations quand l'énergie a changé, soit à partir de la configuration présente dans la machine, soit à partir d'une configuration de référence (configuration nominale à 500 MeV). L'utilisateur peut aussi demander une correction de chromaticité ou un changement du point de travail.

## STRUCTURE GENERALE ET MOYENS D'INTERACTION

Deux options principales sont offertes avec MAD :

- CALC (COMPUTATION OF THE TWISS PARAMETERS) : fait un calcul des paramètres de Twiss, avec une configuration (énergie, valeurs des quadripoles, etc) donnée.

- MATCH (MATCHING PROCEDURE) : recherche les conditions d'adaptation de la machine pour des valeurs (tune, poids, etc) données.

Les écrans et autres moyens d'interaction sont utilisés de la façon suivante :

- touch panel : pour choisir des options;

- TV couleur : affichage des données, modifiées ou non;
- écran graphique : affichage des résultats principaux;
- boule roulante et bouton associé : choix des paramètres à modifier, éventuellement des courbes à afficher;
- clavier : modifications des paramètres;
- petits écrans noir/blanc : résultats supplémentaires;

## FICHIERS ET PROGRAMMES

Tous les fichiers utilisés et créés par le programme sont représentés à la figure 1. Le programme lui-même est résident dans les ordinateurs des consoles (CC). Dans le PRDEV existe un fichier de référence, dans lequel se trouve la configuration nominale (aux trois énergies 500,600 et 650 MeV). C'est à partir de ce fichier qu'est créé le fichier pour lequel on va exécuter MAD (Input MAD). Le fichier Input MAD tiendra compte des modifications introduites par l'utilisateur. Une fois le Input MAD transporté dans le PRDEV, on exécute MAD. Ceci produit un autre fichier, appelé Output MAD, qui peut être transporté dans le CC pour générer les affichages des résultats. Les fichiers Input et Output MAD sont, dans le PRDEV et dans le CC, des fichiers volatiles. Il pourrait aussi y avoir un fichier contenant les résultats correspondant au fichier de référence. Le lien entre les mesures faites sur la machine elle-même et les forces normalisées correspondant à ces courants est fait par une base de données résidente dans l'ordinateur TREES, et des routines ICCI qui donnent directement la valeur du polynome de conversion, selon l'élément (cf Annexe 6).

Dans tout ce qui suit, le bouton "HOME" permet de remonter au niveau 0, le bouton "PREVIOUS DISPLAY" au niveau précédent.

## TOUCH PANEL - NIVEAU 0

Le programme fait l'acquisition des courants dans les alimentations, les affiche ainsi que les éventuels messages d'erreurs (les valeurs

afficheés sont AQN (CCV)). l'utilisateur a la possibilité de modifier les valeurs affichées au moyen du curseur et du clavier. Chaque fois qu'une modification est faite, le programme vérifie qu'on a spécifié une valeur à l'intérieur de l'intervalle de validité de l'approximation polynomiale (permettant de faire la correspondance entre courants et forces). Un message d'avertissement est affiché, le cas échéant. Le touch panel affiche:

- COMPUTE ENERGY AND GRADIENTS (1)
- THEORETICAL CONFIGURATION (2)
- CHROMATICITY CORRECTION (3)
- ROUGH TUNES SETTING (4)
- ENERGY SCALING FROM ACTUAL CONFIGURATION (5)
- ENERGY SCALING FROM REFERENCE CONFIGURATION (6)
- USE CCV VALUES (7)
- HELP (8)

Le premier bouton permet de passer au niveau 1 en calculant les paramètres de la machine.

Le deuxième "annule" l'acquisition et permet de choisir une énergie de travail quelconque. Les valeurs des forces normalisées seront interpolées à partir des valeurs contenues dans le fichier de référence. Dans le cas contraire, l'énergie de référence (600 MeV) est affichée.

On a le choix entre :

- MODIFY THE ENERGY
- CONTINUE

Le bouton CONTINUE permet de passer au niveau suivant.

Le troisième bouton déclenche en premier lieu une exécution de MAD, pour calculer la chromaticité actuelle de la machine. On passe au

niveau suivant, après l'affichage des résultats.

Le quatrième bouton déclenche également une exécution de MAD, cette fois pour calculer le point de travail.

Les boutons 5 et 6 permettent de faire une mise à l'échelle des courants dans le cas où l'énergie aurait changé.

Pour le bouton 5, on suppose que le courant dans les dipôles a été réajusté pour centrer le faisceau. L'opérateur doit donner l'énergie de référence, c'est-à-dire celle à laquelle correspondent les courants des quadripôles. Les gradients sont calculés avec l'énergie de référence, puis les courants sont recalculés avec la nouvelle énergie.

Dans le cas du bouton 6, les gradients utilisés sont ceux de la référence (configuration nominale à 500MeV). Les courants seront ensuite recalculés avec l'énergie correspondant au courant des dipôles.

Le bouton 7 permet d'utiliser pour les courants les valeurs de contrôle au lieu des valeurs d'acquisition, prises par défaut.

Le bouton HELP (8) fait s'afficher sur un des écrans noir-blanc une liste des actions déclenchées par les boutons.

#### TOUCH PANEL - NIVEAU 1 (chrom. corr.)

Il est affiché la chromaticité actuelle de la machine (calculée au préalable par MAD), ainsi que la chromaticité désirée (=1 par défaut). L'utilisateur peut modifier ces valeurs (sélection avec la boule roulante). Le touch panel affiche:

- COMPUTE NEW CURRENTS
  
- HOME
  
- EXIT

Le premier bouton permet de passer au niveau suivant.

**TOUCH PANEL - NIVEAU 2 (chrom. corr.)**

Après calcul (voir Annexe 5), les nouveaux courants sont affichés. L'utilisateur peut les envoyer ou non aux alimentations, par les boutons:

- SEND TO HARDWARE
- PREVIOUS DISPLAY
- HOME
- EXIT

**TOUCH PANEL - NIVEAU 1 (tunes setting)**

Le point de travail calculé par MAD est affiché, ainsi que le point de travail désiré (par défaut le point de travail nominal). L'utilisateur peut modifier ces valeurs. Ensuite, l'utilisateur peut sélectionner :

- COMPUTE NEW CURRENTS
- HOME
- EXIT

**TOUCH PANEL - NIVEAU 2 (tunes setting)**

Le calcul des nouveaux gradients consiste en un ensemble d'équations linéaires de la forme :

$$\Delta K = C_x \Delta Q_x + C_y \Delta Q_y$$

pour chaque des familles de quadripoles. Les courants correspondant sont ensuite calculés et affichés. On a les boutons suivants :

- SEND TO HARDWARE
- PREVIOUS DISPLAY
- HOME
- EXIT

TOUCH PANEL - NIVEAU 1 (scaling)

Les gradients sont présentés à l'utilisateur. Le bouton

CONVERT TO CURRENTS

permet de faire apparaître les courants à envoyer au matériel.

TOUCH PANEL - NIVEAU 2 (scaling)

On a le choix entre :

- SEND TO HARDWARE
- HOME
- EXIT

TOUCH PANEL - NIVEAU 1 (run MAD)

En fonction de l'énergie choisie ou mesurée, les valeurs des forces

des quadripoles (du fichier de référence, avec ou sans interpolation entre les énergies) sont affichées. L'utilisateur a la possibilité de modifier n'importe quel paramètre affiché (sauf l'énergie), au moyen du curseur et du clavier. Une vérification de la validité de la valeur est faite.

Note: pour des énergies inférieures à 500 MeV, les paramètres choisis (dans le cas où l'énergie a été choisie) sont ceux de 500 MeV, l'approximation polynomiale n'étant plus valable.

Le touch panel donne le choix entre:

- CHANGE BENDING MODEL (1)
  
- LOAD SPECIAL BENDING (2)
  
- SAVE SPECIAL BENDING (3)
  
- LOAD CONFIGURATION (4)
  
- SAVE CONFIGURATION (5)
  
- EDIT OFFLINE (6) -> CONTINUE
  
- MATCHING PARAMETERS (7)
  
- CREATE RESULTS FILE (8)
  
- RUN MAD (9)
  
- COMPUTE COMPLETE MACHINE (10)
  
- CONVERT TO CURRENTS (11)
  
- PREVIOUS DISPLAY
  
- HELP
  
- EXIT

L'utilisateur a la possibilité à tout moment de modifier les valeurs affichées avec la boule roulante et le bouton associé.

(1) Donne la possibilité de modifier les paramètres de l'aimant modèle.

(2) Permet de charger les paramètres d'un aimant modèle à partir d'un fichier extérieur.

Ce bouton n'apparaît que si l'on est dans l'option CALC.

(3) Crée un fichier lisible par l'instruction (2).

Ce bouton n'apparaît que si l'on est dans l'option CALC.

(4) Permet de charger une configuration mise en mémoire dans un fichier (celle-ci comprend l'aimant modèle).

(5) Crée un fichier lisible par l'instruction (4).

(6) Permet d'éditer le fichier Input MAD avant de l'exécuter, pour les cas spéciaux. Le fichier sera éditable sur le CC, à partir d'un terminal de la salle de contrôle (ordinateur CONSn, - n étant le numéro de la console- fichier RUNMAD-DATA:DATA sous l'utilisateur LPI-MODEL). Un bouton Continue (touch panel) exécutera la suite.

On ne retourne plus, avec ce fichier, à ce niveau de touch panel.

(7) Donne l'accès aux paramètres du matching, i.e. tune, avances de phase, etc. Ceux-ci seront affichés sur le même écran que les autres paramètres, à la place des paramètres de l'aimant modèle (cf figure 2).

Ce bouton une fois poussé, on passe dans le régime MATCH. On n'a plus la possibilité de modifier les paramètres de l'aimant modèle. Pour revenir à l'option CALC, il faut repasser par le niveau 0 (à l'aide du bouton PREVIOUS DISPLAY).

(8) Si ce bouton n'est pas pressé avant l'exécution de MAD, le fichier de résultat ne sera pas créé. Ceci permet de raccourcir le temps d'exécution.

(9) Crée le fichier Input MAD et l'envoie au PRDEV pour exécuter MAD. Si l'exécution s'arrête prématurément (erreur dans les données, timeout dépassé,...), l'utilisateur a la possibilité de faire imprimer le fichier écho (contenant l'écho des données et les messages d'erreur) et/ou de revenir à l'affichage principal pour modifier les

données (voir ci-dessous).

(10) Déclenche une autre exécution de MAD qui donnera un listing des valeurs des paramètres de Twiss pour la machine avec tous les éléments; crée également un fichier Tape3 complet.

(11) Déclenche le calcul et l'affichage des courants correspondants aux gradients et à l'énergie actuelle. L'utilisateur peut ensuite choisir d'envoyer ou non les courants aux alimentations.

#### TOUCH PANEL NIVEAU 2 - MATCHING RESULTS (run MAD)

Ce niveau n'est actif que si l'on a procédé auparavant à un matching (et si l'exécution de MAD s'est bien passée). Le Touch Panel indique:

- KEEP MATCHING RESULTS
  
- DISCARD MATCHING RESULTS

Si l'utilisateur demande à garder les résultats du matching, l'écran vidéo est rafraîchi avec les nouvelles valeurs des gradients des quadripoles (qui sont affichées avec le graphe). Dans le cas contraire, aucune action n'a lieu et on passe directement au niveau suivant.

#### TOUCH PANEL NIVEAU 3 - RESULTS (run MAD)

1) Si l'exécution s'est bien passée:

A partir du fichier avec les paramètres de Twiss, on affiche un graphe standard (cf figure 3) :  $\beta_{ex}$ ,  $\beta_{ey}$ ,  $D_x$  pour la moitié de la machine. Les emplacements des aimants de courbure et des quadripoles (sauf ceux des QTR, dont le gradient est très faible) sont indiqués avec le graphe. Les valeurs du point de travail, de la chromaticité et du  $\gamma$  à la transition sont également affichées. Si l'exécution de

MAD à laquelle le graphe correspond comprenait une adaptation, on donne : la valeur finale de la fonction de pénalité, et celles des forces des familles de quadripoles.

Note : si MAD a trouvé l'un des plans instable, un message d'erreur est donné, mais les autres valeurs sont tout de même affichées sur le graphe.

Le graphe affiché, le touch panel indique :

- GET ECHO LISTING (1)
  
- GET RESULTS LISTING (2) (s'il a été créé)
  
- COMPUTE COMPLETE MACHINE (3)
  
- CONVERT TO CURRENTS (4)
  
- PREVIOUS DISPLAY (5)
  
- EXIT (6)

Le fichier ECHO contient la copie de la source des données ainsi que les indications de MAD sur la complétion du programme (avertissements et erreurs en particulier).

Avec le bouton (3), on déclenche une autre exécution de MAD : les valeurs des éléments (aimant modèle, sextupoles, quadripoles, dans le cas d'un matching les valeurs des forces trouvées) sont remplacées dans un fichier de données contenant la machine complète. Quand l'exécution est terminée, le listing du résultat est imprimé. Si il y a eu un problème au cours de l'exécution, le fichier écho est imprimé au lieu du résultat, et un message d'erreur est affiché.

Toutes les impressions de fichiers (boutons 1,2 et 3) se font sur les imprimantes de ligne locales (salles de contrôle), pour l'utilisateur CNSVi, i étant le numéro du serveur qui a fait la liaison avec le PRDEV.

Le bouton (4) déclenche le calcul des courants correspondant aux gradients affichés, ainsi qu'à l'énergie choisie ou mesurée au départ. Ils sont affichés sur l'écran vidéo, et l'utilisateur a la possibilité de les modifier au moyen du curseur et du clavier. On peut ensuite envoyer les valeurs affichées aux alimentations ou annuler l'opération:

- SEND TO HARDWARE
  
- PREVIOUS DISPLAY
  
- HOME
  
- EXIT

Une acquisition des courants est faite immédiatement après le contrôle, pour vérifier si les courants ont été ajustés correctement. Le résultat de cette acquisition est également affiché sur l'écran vidéo.

2) S'il y a eu un problème lors de l'exécution;

Il peut s'agir par exemple d'une erreur d'exécution, de l'expiration du timeout ou d'une défaillance du calculateur ND-500 ou du lien avec celui-ci. Dans ce cas, on a les choix suivants:

- GET ECHO LISTING (s'il existe)
  
- PREVIOUS DISPLAY
  
- EXIT

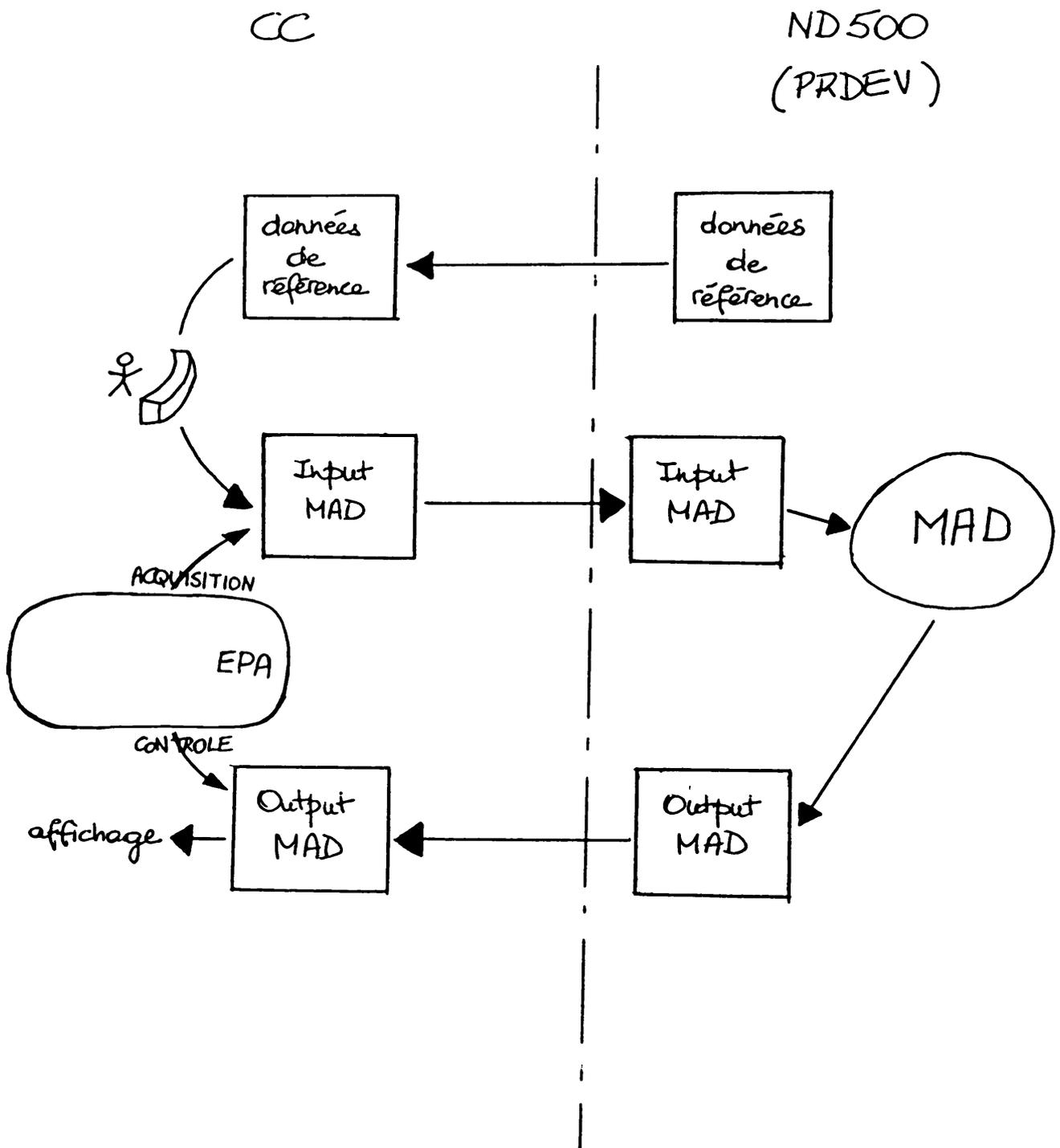


Figure 1 - Fichiers et Programmes

CONFIGURATION

ENERGY : 600MeV

QUAD. QFW - K = 1.234567  
 QUAD. QTR - K = -.0878883  
 QUAD. QFL - K = 1.37143  
 QUAD. QFH - K = .567518  
 QUAD. QFI - K = .532464  
 QUAD. QDH - K = -.569381

SEXT. SX - K = 0  
 SEXT. SY - K = 0

MATCHING PARAMETERS

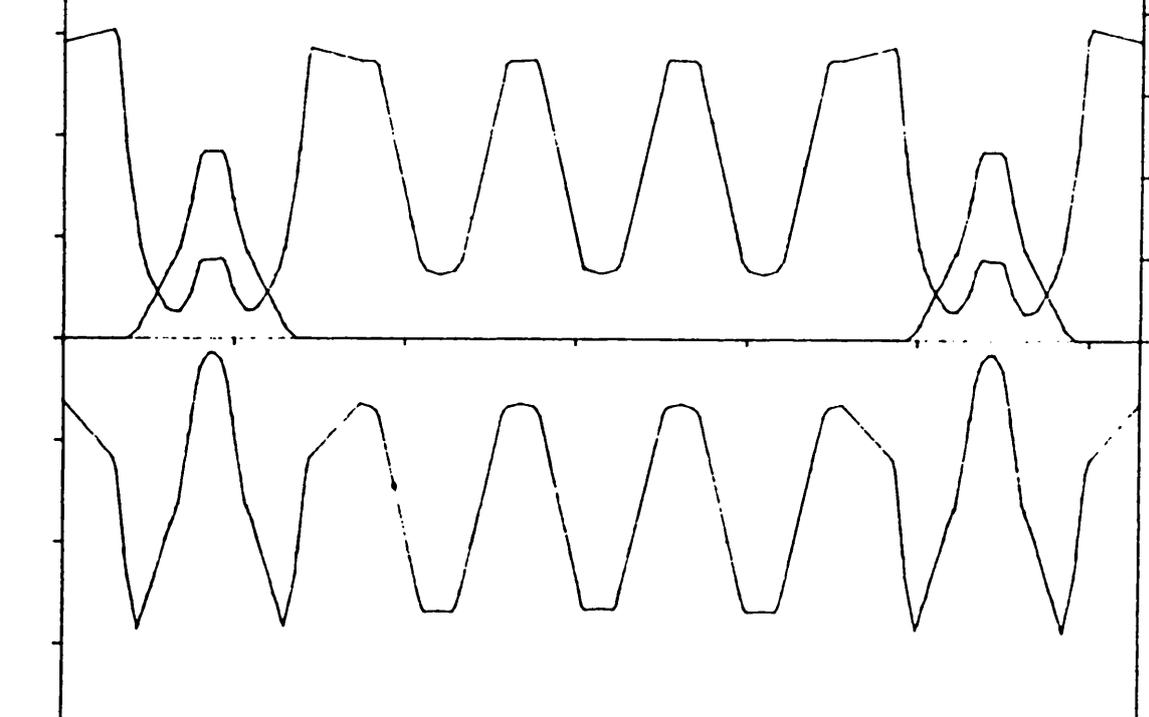
INJECTION SEPTUM - DX = 0 DX' = 0  
 WEIGHTS - DX = 1 DX' = 1  
 INJECTION KICKERS - MUx = .5 MUy = .5  
 WEIGHTS - BETAX, Y = .1 MUx, Y = 10  
 TUNE & EJECTION ELEMENTS MUx 4.60 MUy 4.38  
 WEIGHTS - BETAX, Y = .1 - MUx, Y = 100 100

Figure 2 - Ecran avec les données pour ... matching

\* EPA beta and dispersion functions \*

TUNE (H, V)	4.48	4.38	-	ENERGY	400	MeV
CHROM. (H, V)	-5.885	-7.807	-	MOM. COMP. FACTOR	.0338	

20 Beta X 5 Disp X



20 Beta Y PENALTY FUNCTION AFTER MATCHING : 1.88174898E-8

QUAD. (K) mmm-2 :	QFW :	1.1104	-	QFN :	.5858	SEXT. (S) mmm-3 :	
	QTR :	-.0521	-	QFI :	.5335	SX :	0
	QFL :	1.3803	-	QDN :	-.5888	SY :	0

figure 3 . Graphe. résultant d'un matching

## Annexe 1 ; STRUCTURE DU FICHER DE REFERENCE

Le fichier de référence est un fichier de données de format MAD, contenant les valeurs des paramètres des éléments de la configuration et de l'aimant modèle pour les énergies 500, 600 et 650 MeV. Les valeurs à 500 et 650 sont en commentaire. Il est possible de modifier le format des valeurs numériques inscrites dans le fichier et de rajouter un petit nombre de blancs de part et d'autre de ces valeurs. Les lignes ne doivent pas dépasser 80 caractères.

Début du fichier:

Première ligne : TITLE

Deuxième ligne : titre quelconque.

Troisième ligne : nombre correspondant à la date = JJMM.ANNEE ; en commentaires (exemple : !1407.1986); ceci permet la mise à jour automatique quand on modifie le fichier de référence.

Quadripoles:

QUAD,QxyzH,L=.....,K1=..... ! ..... & .....

xyz sera remplacé par QFW,QDN,QFI,etc. Les valeurs après la marque de commentaire (!) sont les valeurs des forces normalisées à 500 et à 650 MeV.

Sextupoles:

SEXT,SxH,L=.....,K2=..... ! ..... & .....

Aimant modèle:

SBEN,B,L=.....,ANGLE=.....,K1=.....,E1=.....,&  
E2=.....,HGAP=.....,FINTE=.....  
! ..... & ..... & ..... & .....

Les valeurs sur la troisième ligne sont celles à 500 et 650 MeV, d'abord pour L, ensuite pour K.

DRIFT,DnR,L=..... ! ..... & .....

Le drift D3R est exprimé en fonction de D1R et D2R.

QUAD,QnR,L=.....,K1=.....!.....&.....&.....&.....

SEXT,SYB,L=.....,K2=.....!... &..... & ..... & .....

### Commandes

1) Pour l'option CALC: trois lignes (USE,PRINT,TWISS), placées entre les définitions des éléments et les commandes de matching. L'instruction USE doit se trouver à un maximum de 10 lignes de l'instruction CELL qui commence le matching.

2) Pour l'option MATCH: afin que le fichier puisse servir directement d'input au programme MAD, toutes les lignes entre l'instruction CELL et la ligne précédant l'instruction STOP qui termine le fichier commencent par une marque de commentaire (même les commentaires ...).

Il y a trois ensembles de contraintes imposées:

- la dispersion et sa dérivée au septum d'injection (CONSTRAI)
- l'avance de phase entre les kickers d'injection (COUPLE)
- le point de travail (COUPLE)

Pour chacune de ces contraintes, on impose des poids avec des lignes de commandes comme suit:

```
WEIGHT,BETX=...,ALFX=...,DX=...,DX'=.....,&
BETY=...,ALFY=...,MUX=...,MUY=.....
```

3) Fin du fichier :

```
STOP      ! commentaire
```

Le commentaire permet d'augmenter la longueur de la ligne à plus de 10 caractères (seuls les entêtes de ces lignes sont testés).

Le fichier dans son état actuel fait une centaine de lignes.

## Annexe 2 ; LISTE DES VARIABLES D'ETATS

N = niveau dans le programme:

- 0 : initialisation des écrans et des variables
- 1 : choix de l'énergie
- 2 : modifications des paramètres dans le fichier
- 3 : exécution de MAD et affichage des résultats
- 4 : correction de chromaticité et ajustement du point de travail

N1 = option choisie

- 0 : CALC
- 1 : MATCH
- 2 : energy scaling (act.)
- 3 : energy scaling (ref.)
- 4 : chromaticity correction
- 5 : tunes setting

N2 : permet d'exécuter l'une ou l'autre routine (par exemple un chargement de configuration) sans changer d'état principal (revient à zéro après l'exécution).

N3 : correspond au niveau précédent :  $N3 = N*10 + N2$ .

Flags :

- EX : commande la sortie du programme
- ER : utilisé dans le cas d'une erreur, par exemple dans une édition sur l'écran TV: si l'on s'attend à une valeur numérique et que l'on reçoit une chaîne de caractères. Donne la possibilité de recommencer l'édition.
- R : indique si les valeurs de référence ont déjà été extraites du fichier.
- F : donne, au niveau 1 du touch panel, le nombre de fenêtres utilisées (1 ou 2 pour le moment).

Note: ces variables sont internes au programme; l'utilisateur n'y a normalement pas accès.

## Annexe 3 ; FICHIERS

Sur le ND500 (PRDEV):

- les fichiers source NODAL se trouvent sous l'utilisateur (LPI-MODEL). Ils sont au nombre de 11:

ALM-CONFIG:SNOD (programme principal)  
 ALM-CONFIG1:SNOD (premier overlay - lecture du fichier de référence)  
 ALM-CONFIG2:SNOD (deuxième overlay - affichage des gradients)  
 ALM-CONFIG3:SNOD (troisième overlay - machine complète)  
 ALM-CONFIG4:SNOD (quatrième overlay - création du fichier run MAD)  
 ALM-CONFIG5:SNOD (cinquième overlay - affichage des résultats)  
 ALM-CONFIG6:SNOD (sixième overlay - load/save des fichiers)  
 ALM-CONFIG7:SNOD (septième overlay - courants à envoyer)  
 ALM-CONFIG8:SNOD (huitième overlay - chromaticity correction)  
 ALM-CONFIG9:SNOD (neuvième overlay - tunes setting)  
 ALM-CONFIG10:SNOD (dixième overlay - acquisition des courants)  
 ALM-CONFIG11:SNOD (onzième overlay - valeurs AQN -> CCV)  
 ALM-CONFIG12:SNOD (douzième overlay - help)  
 ALM-CONFDEF:SNOD (variables communes)

Sous l'utilisateur (VOLATILE), on trouve les fichiers NODAL correspondant à ceux-ci.

- les fichiers contenant les données sont:

(LPI-MODEL)ALM-DATAREF:DATA (données de référence)  
 (LPI-MODEL)ALM-EPA:DATA (fichier avec tous les éléments)  
 (LPI-MODEL)CONF-KFUNCQ:NOD (coefficients pour l'ajustement du point de travail)

- sous l'utilisateur (VOLATILE) se trouveront également tous les fichiers nécessaires à et produits par l'exécution de MAD :

CONSn-MAD-DATA:DATA  
 CONSn-MAD-ECHO:SYMB  
 CONSn-MAD-RES:SYMB  
 CONSn-MAD-ARRAY:DATA (fichier Nodal correspondant à TAPE3)  
 CONSn-COMPL-EPA:DATA  
 CONSn-COMPL-ECHO:SYMB  
 CONSn-COMPL-RES:SYMB  
 CONSn-COMPL-TAP:SYMB

CONSn est le nom de la console avec laquelle on a travaillé (par exemple CONS9 pour Yvette, la console LPI).

Sur l'ordinateur console (utilisateur LPI-MODEL):

CONF-MAIN:NOD

CONF-OVERx:NOD (x : 1..12)

CONF-LDEF:NOD

CONF-DATAREF:DATA (données de référence)

CONF-COEFF:NOD (coefficients)

RUNMAD-DATA:DATA (données de MAD)

RUNMAD-ECHO:SYMB (écho de MAD)

RUNMAD-RES:SYMB (résultat de MAD)

RUNMAD-ARRAY:DATA

CONF-FICH:DATA (fichier Nodal correspondant au fichier de référence)

CONF-EPA:DATA (fichier avec tous les éléments)

CONF-POS:NOD (dessin des aimants de courbure et quadripoles)

CONF-SEXT:NOD (positions des sextupoles dans la maille)

CONF-KFUNCQ:NOD

COMPL-ECHO:SYMB

COMPL-RES:SYMB

Note : ces derniers fichiers ne sont pas automatiquement créés au cours de l'exécution du programme.

## Annexe 4 ; INTERPOLATION ET CALCULS

## 1) Interpolation en énergie :

La formule utilisée est une approximation polynomiale du troisième ordre, générée à partir des trois points à 500, 600 et 650 MeV.

On a :  $T = A \cdot E^2 + B \cdot E + C$

Avec :

$$A = ((T3-T1)/(E3-E1) - (T2-T1)/(E2-E1))/(E3-E2)$$

$$B = (T2-T1)/(E2-E1) - A \cdot (E2+E1)$$

$$C = T1 - A \cdot E1^2 - B \cdot E1$$

Les courbes pour les quadripoles QFW, QTR et QFL sont à la figure A4-1 (les quadripoles QFN, QFI et QDN ne varient pas avec l'énergie), celles pour le produit  $K \cdot l$  de l'aimant et des deux quadripoles de l'aimant modèle à la figure A4-2.

Note : pour des énergies inférieures à 500 MeV, les valeurs présentées à l'utilisateur seront celles à 500 MeV, l'approximation n'étant plus valable.

## 2) Calcul de l'énergie et des gradients à partir des courants :

Calcul de l'énergie:

Intégrale(Bdz) = f(I); f est un polynome;

Intégrale(Bds) = Intégrale(Bdz)/F1 ; F1 est une constante;

$E = \text{Intégrale}(Bds) \cdot (16 \cdot c) / (2 \cdot \pi \cdot E6)$ ; c vitesse de la lumière; E en MeV;

A la figure A4-3 se trouve le graphe de la variation de l'énergie avec le courant dans le dipole. Il y a deux interpolations différentes, utilisées respectivement pour  $E \leq 400$  et  $E > 400$  MeV.

Autres éléments:

$B_0 = \text{Intégrale}(Bds) \cdot 16 / (2 \cdot n)$

Intégrale(Gdz) = g(I); g est un polynome;

$K = \text{Intégrale}(Gdz) / (B_0 \cdot l)$ ; l est la longueur magnétique de l'élément.

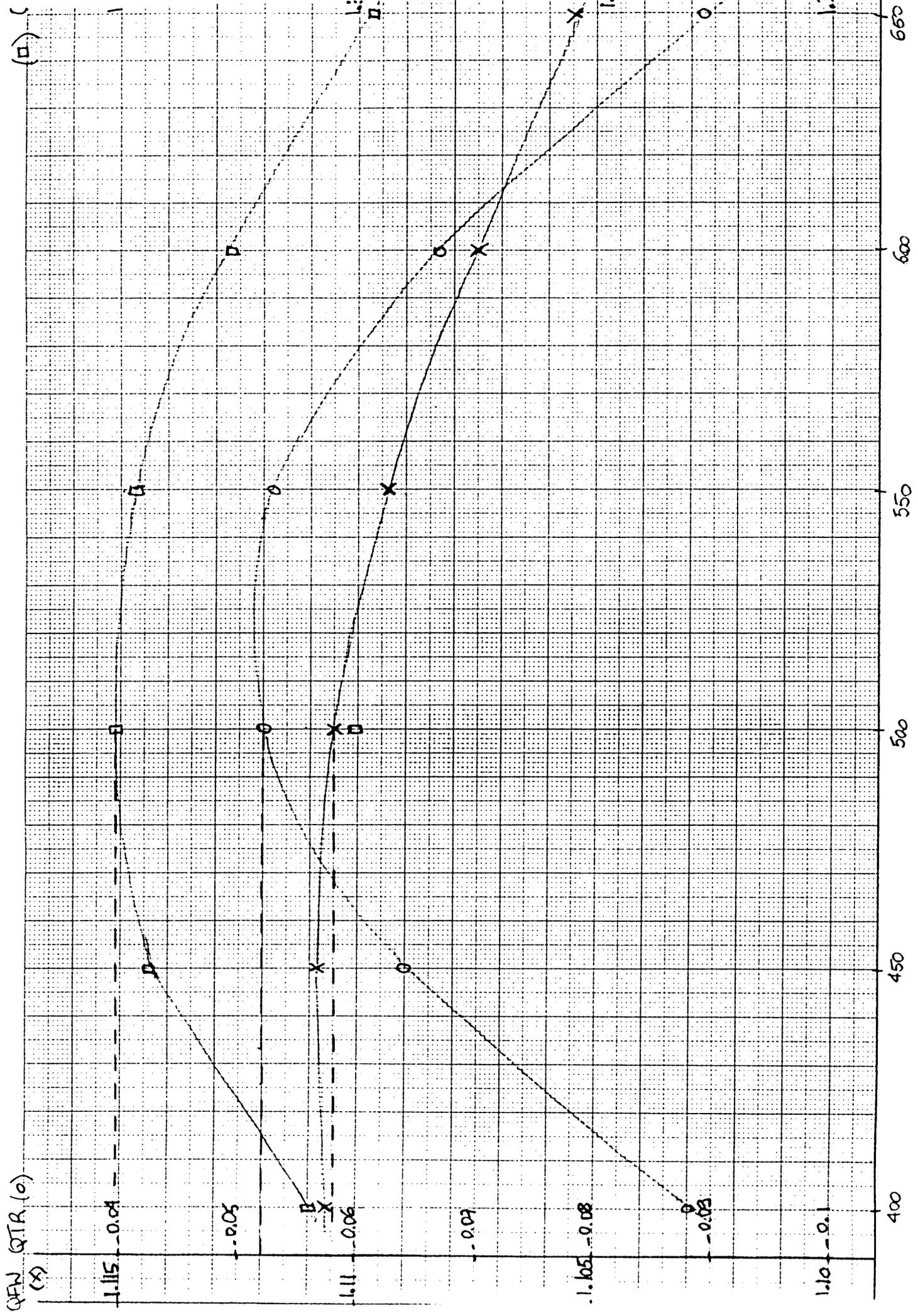


Figure A4-1 - Variation -u gradient de QFW, QTR & QFL avec l'énergie

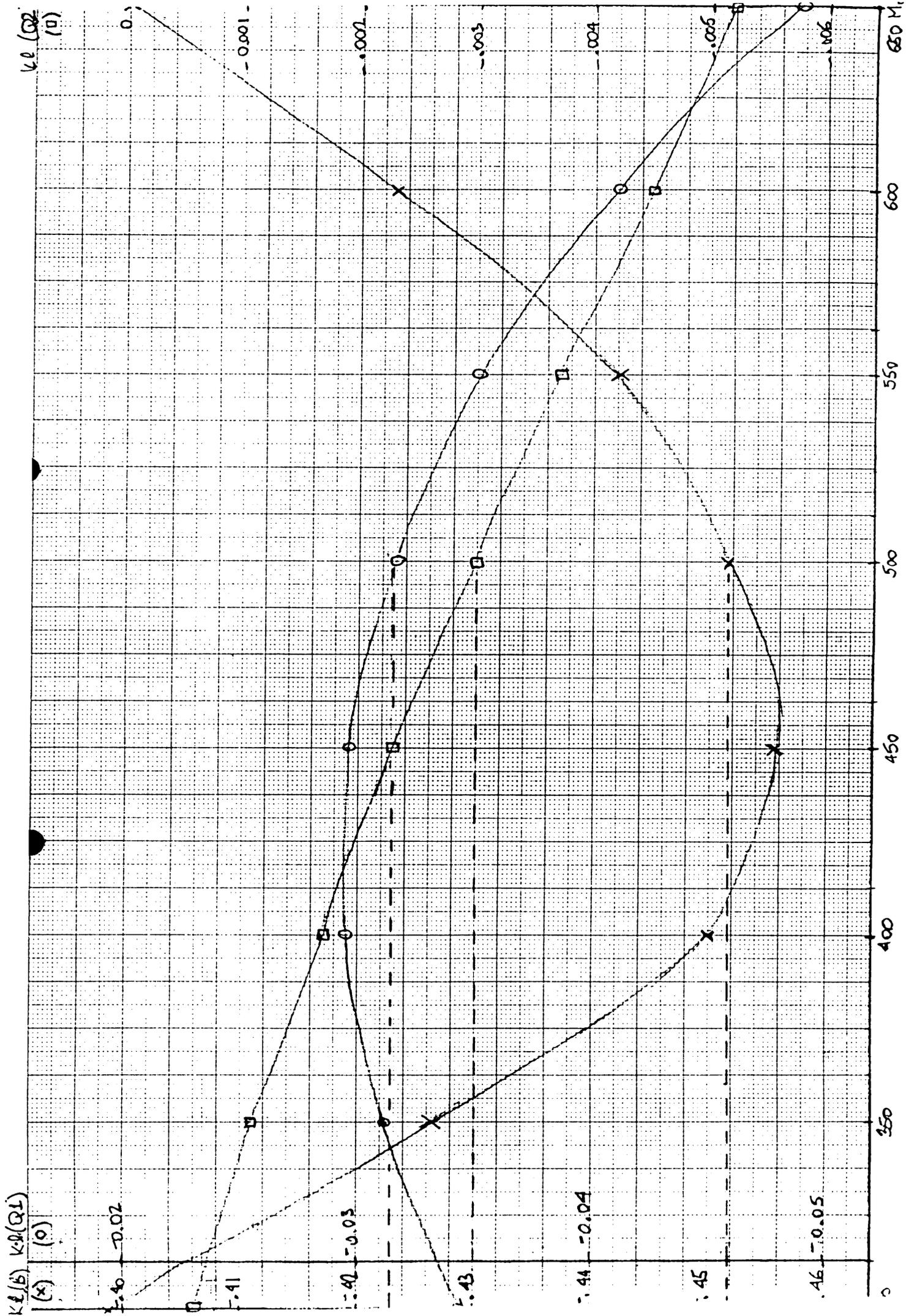


Figure AA-2 - Variation de K.L pour l'airaut & les quads de l'airaut modele.

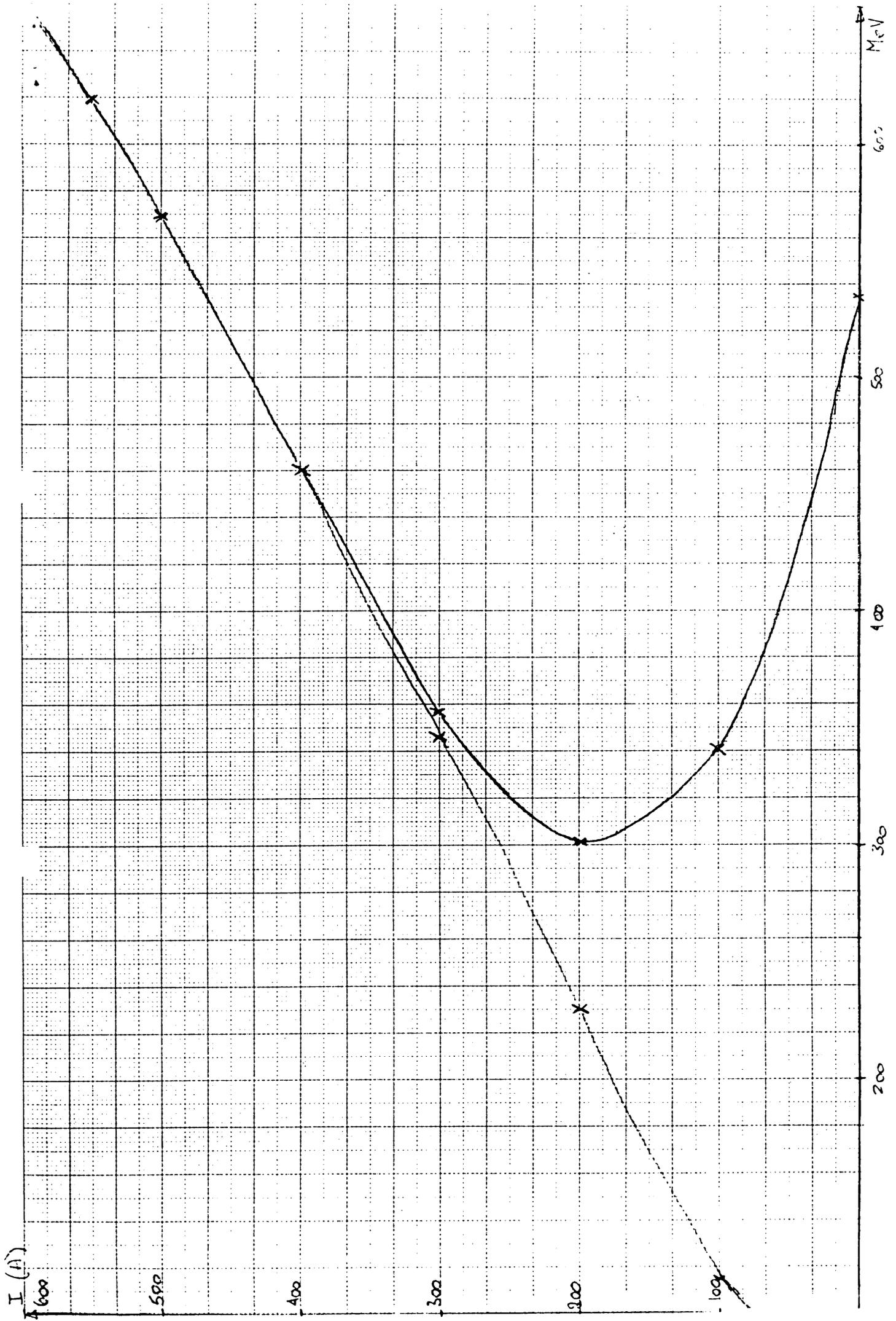


Figure A4.3 - Variation de l'énergie avec le courant dans le dipôle -

## Annexe 5 ; CORRECTION DE CHROMATICITE

On part des formules suivantes, exprimant la variation de chromaticité ( $Q'$ ) en fonction de variations de forces dans les sextupoles (K) :

$$4\pi \Delta Q'_x = \sum \Delta K L \beta_x D_x$$

$$4\pi \Delta Q'_y = -\sum \Delta K L \beta_y D_x$$

Les sommes sont effectuées sur l'ensemble des sextupoles. L représente la longueur des sextupoles,  $L_h$  ou  $L_v$ . Résolvant pour  $\Delta K_h$  et  $\Delta K_v$  (sextupoles horizontaux et verticaux) :

$$\Delta K_h = (Y_2 \Delta Q'_x - X_2 \Delta Q'_y) (4\pi / L_h (X_1 Y_2 - Y_1 X_2))$$

$$\Delta K_v = (-Y_1 \Delta Q'_x + Y_1 \Delta Q'_y) (4\pi / L_v (X_1 Y_2 - Y_1 X_2))$$

Avec :

$$X_1 = \sum \beta_x D_x ; \text{ pour les sextupoles horizontaux}$$

$$X_2 = \sum \beta_x D_x ; \text{ pour les sextupoles verticaux}$$

$$Y_1 = -\sum \beta_y D_x ; \text{ pour les sextupoles horizontaux}$$

$$Y_2 = -\sum \beta_y D_x ; \text{ pour les sextupoles verticaux}$$

## Annexe 6 ; CALCUL DES GRADIENTS A PARTIR DES COURANTS

Une base de données a été remplie avec les éléments de EPA concernés. Elle contient les coefficients du calcul de SBdz à partir du courant dans l'alimentation et vice-versa. La valeur du polynôme est calculée à l'aide de la fonction suivante:

MODEL(ELNAME,P,INPUT,OUTPUT,COCO)

où ELNAME est une chaîne de caractères contenant le nom OB de l'élément (exemple "HR.BHZ") et P un paramètre numérique (P=1 -> on calcule SBdz à partir de I). COCO est le code de complétion de l'opération (COCO=0 -> OK; COCO=5 -> élément inconnu, COCO=24 -> INPUT hors des limites définies dans la base de données).

La séquence complète des calculs permettant de passer du courant aux gradients est:

1) calcul de l'énergie et de B<sub>0</sub>:

SBdz = f(courant dans le dipole);

$E = (16 * c * SBdz) / (2 * \pi)$

$B_0 = (16 * SBdz) / (2 * \pi)$

2) calcul d'un gradient:

SBdz = f(courant dans l'élément)

$K = SBdz / (B_0 * L.\text{élément})$

Distribution:

J.P. Delahaye

K. Hübner

H. Kuqler

J.H.B. Madsen

F. Perriollat

J.P. Potier

A. Riche

T. Risselada