

PS/LPI/Note 87-26  
PS/CO /Note 87-07  
1.6.87

Project : MODELLING  
Domain : MISCELLANEOUS  
Category : REF-MANUAL  
Status : FINAL

## **MODELLING FOR THE LPI**

A. Lévy-Mandel

### Abstract

The modelling programs for the LEP Preinjector machines are user-interfaces on the operating consoles, providing a link between the hardware and a simulating program. Using them, an operator can easily compute current EPA's optics, correct the trajectory in LIL or optimize the injection process, for example. To use the modelling programs, there is no need to know either the control system which accesses the power supplies or the simulation program. With the data by the operator, the modelling program will create all the necessary files, run the simulation software and present the results. Where the simulation has computed a modification of the machine parameters, the new currents can be sent to the power supplies through a unique push-button operation. For all the applications where it has been implemented, the modelling has proved extremely useful to the daily operation.

## MODELLING FOR THE LPI

A. Lévy-Mandel

The modelling programs for the LEP Preinjector machines are user-interfaces on the operating consoles, providing a link between the hardware and a simulation program. Using them, an operator can easily compute current EPA's optics, correct the trajectory in LIL or optimize the injection process, for example. To use the modelling programs, there is no need to know either the control system which accesses the power supplies or the simulation program. With the data acquired automatically from the control system and possibly modified by the operator, the modelling program will create all the necessary files, run the simulation software and present the results. Where the simulation has computed a modification of the machine parameters, the new currents can be sent to the power supplies through a unique push-button operation. For all the applications where it has been implemented, the modelling has proven extremely useful to the daily operation.

### I General principles and architecture

It has been chosen, for reasons of speed of execution and size of the virtual address space, to have the simulation programs run on a NORD570, whereas the interface programs run on the Console Computers (CC), which are NORD100. The machine elements are accessed through a Front End Computer (FEC), also a NORD100. For transferring the files and for the remote run of the simulation program, a communication protocol is used (see (1)), which was developed for this application. It is based on the ND datagram system of message transmission.

All data files are located in the ND570; this enforces unique source files for the programs running on the PS 10 operating consoles. When an incoherency is detected between the local and the central (i.e. ND570) versions, the source file is retransferred and reanalyzed prior to the start of the modelling.

The many interaction facilities of the PS consoles have been extensively used : touch pannel, video colour screen, graphical display, track ball and button. The option choices are made using the touch pannel button. When the user wants to modify a parameter on the screen, she/he can position the cursor in its vicinity with the ball and push the associated button. The chosen parameter will then be editable with the keyboard.

The modelling program is written in Nodal, CERN's interpreted control language, and is organized in overlays. The kernel of the program decides which overlay to activate according to the value of a vector of state variables. Depending of the chosen option, the values of the vector will be taken in a different order, and actions performed accordingly.

Files and a simplified data flow in both computers are represented on figure 1.

## II Applications already implemented

### 1) EPA modelling :

This is the first modelling project implemented at LPI (2). The main function of EPA (Electron Positron Accumulator) consists in a fast accumulation to produce 8 dense and stable bunches. The working energy is constant (600 MeV) within a range (400-650). Matched optics functions are necessary for efficient accumulation and extraction process specially in case of difficult manipulations like bunch slicing with localised high beta bump. The accumulator was commissioned in 1986 with electrons, and the modelling tool was used from the beginning of running-in, for setting-up and tuning of EPA. The chosen lattice program was MAD (Methodical Accelerator Design,(3)), developed at CERN LEP-Theory Group. The particular functions performed by the EPA modelling tool are the following :

- theoretical configuration setting : push-button setting of all the EPA quadrupoles and bending magnet to a value depending on the desired

energy (chosen by the operator); from the currents acquired through the control system, the program computes the energy and the gradients (normalized forces) in the magnets; these are introduced in the MAD input file and the execution is started; the results (betatron functions), retrieved from the Nodal file produced by the MAD epilogue are plotted on the graphical display.

- simple computation of the Twiss parameters of the current machine; the execution time (real time) for the MAD computation is 30s.

- matching performed according to parameters modifiable with the interaction facilities; those are in particular the dispersion at the injection septum, the phase advances at the injection kickers, the tune as well as the weights attached to those conditions; a results graph for a matching is shown on figure 2.

- scaling of the machine parameters with respect to energy;

- correction of chromaticity;

- rough tune setting (without performing a matching computation).

- complete machine optics computation: for the other options, it is sufficient to compute the betatron functions on EPA's main lattice and to make use of the ring's symmetry; for certain applications however, all the elements, magnets and pick-ups, with their names, are necessary; one of these applications is the modelling of EPA, described below.

## 2) LIL modelling :

This is a tool to correct the trajectory in LILW. The equivalent for LILV will be implemented later on. This is a very difficult task to be achieved manually. The simulation program is DIMAD (SLAC and the University of Saskatchewan,(4)), which was modified at CERN to include elements of Linacs (e.g. quadrupoles with acceleration), limit values of currents and a measure of the currents in the penalty function (in order to minimize the amplitude of the currents). According to conditions (monitors readings) and variables (correctors), as well as complementary parameters, the modelling program creates the DIMAD input file and runs the program. The results, in form of Nodal variables (DIMAD epilogue), are analyzed and displayed, and the corrections can be sent to the hardware. An exemple of "before-and-after" DIMAD situation (UMA readings) is shown on figure 3. The trajectory correction has been used for the electrons operation. For the positron operation, the two particule types are at present mixed in the Linac, which hinders the use of the monitors.

Execution time for DIMAD (real time) is 4-5 mn.

### 3) EPA injection modelling :

Only a part of the modelling programs for the injection in EPA has been coded, that concerning the correction of the injection trajectory. The program in the ND500 is ORBCOR (E. Bozoki - BNL,(5)). It can be used for trajectory computation (compute the effect of kicks) and for trajectory correction (find the n most effective correctors). Both horizontal and vertical trajectories can be computed and/or corrected. the line used starts at WL.UMA37 (end of Linac W) and ends at HR.UMA91 (UMA11 respectively for positrons). As monitors in the injection lines are mostly TV screens, their readings have to be input manually to the program (video screen edit). The positron injection trajectory has been successfully corrected in operation. Execution time for ORBCOR (real time) is less than 10 sec. The other programs planned for this modelling are the optimisation of the first turns trajectory and the correction of the closed orbit.

#### Note

MAD sources files have been created for the modelling and installation of the LPI : these are the EPA survey file (6), and EPA and injection optics file (7). They can be found under VM.

### III Conclusion

The modelling programs have proven extremely useful in the three particular applications where they have been implemented. I would like to thank for their invaluable help J.P. Delahaye, for specifications and constant encouragement, H. Kugler for thoroughly testing the first versions of the EPA modelling, J.P.Potier and A. Riche for specifying EPA injection and LIL respectively (and testing the resulting programs), F. Perriollat for his great help in tackling the control

system and the consoles, and finally K. Priestnall for accepting the difficult task of maintaining all this software alive and well in the future.

What follows are more detailed informations on the various programs. The author apologizes for the inhomogeneity of the languages used (French as well as English).

#### References :

- (1) F. Perriollat, "Modelling : Console Interface to the ND-500 Facilities, User Manual, PS/CO/Note 86-007, Déc. 1986.
- (2) J.-P. Delahaye, H. Kugler, F. Perriollat, J.-P. Potier, "On-Line Modelling, a Tool at Commissioning of the 600 MeV e<sup>+</sup>/e<sup>-</sup> Accumulator (EPA) of LEP", Proc. of the IEEE Particule Accelerator Conference, Washington, March 16-19, 1987.
- 1 (3) F. C. Iselin, "The MAD Program, Reference Manual", LEP-TH/85-15.
- (4) R. V. Servranckx, K. L. Brown, L. Schachinger, D. Douglas, "Users Guide to the Program DIMAD", SLAC Report 282 UC-28 (A) May 1985.
- (5) E. Bozoki, "ORBCOR, the New Correction System of the PS-Complex", PS/PSR 85-57, Sept. 1985.
- (6) A. Lévy-Mandel, "Survey of EPA and of the Injection and Transfer Lines", PS/LPI/Note 86-03, Jan. 1986
- (7) A. Lévy-Mandel, "MAD Computation of EPA's optics and MAD Source Files", PS/LPI/Note 87-07, July 1987.

ND100

LIL / EPA  
FRONT END

ND100

CONSOLE

ND500

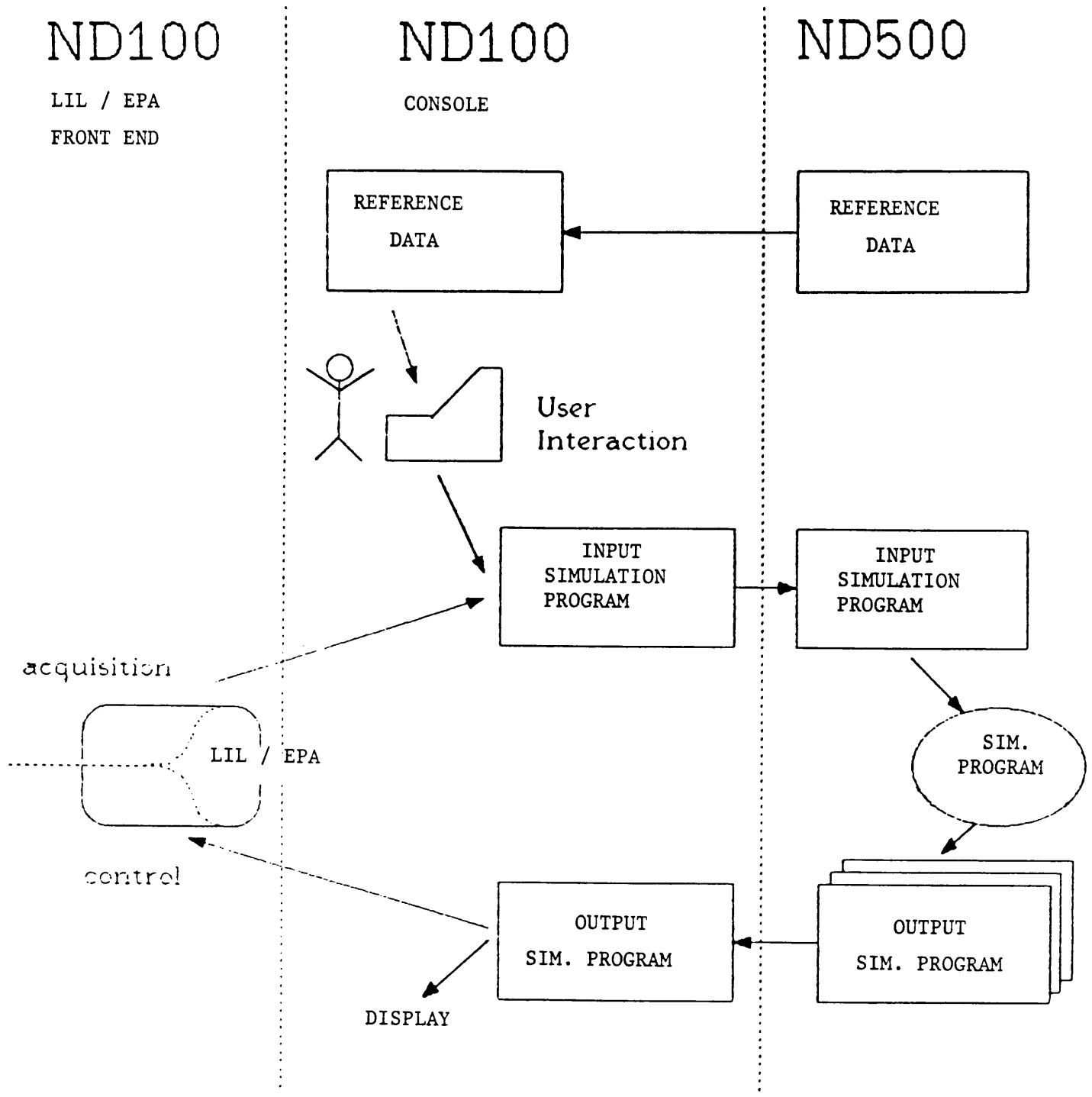


Figure 1

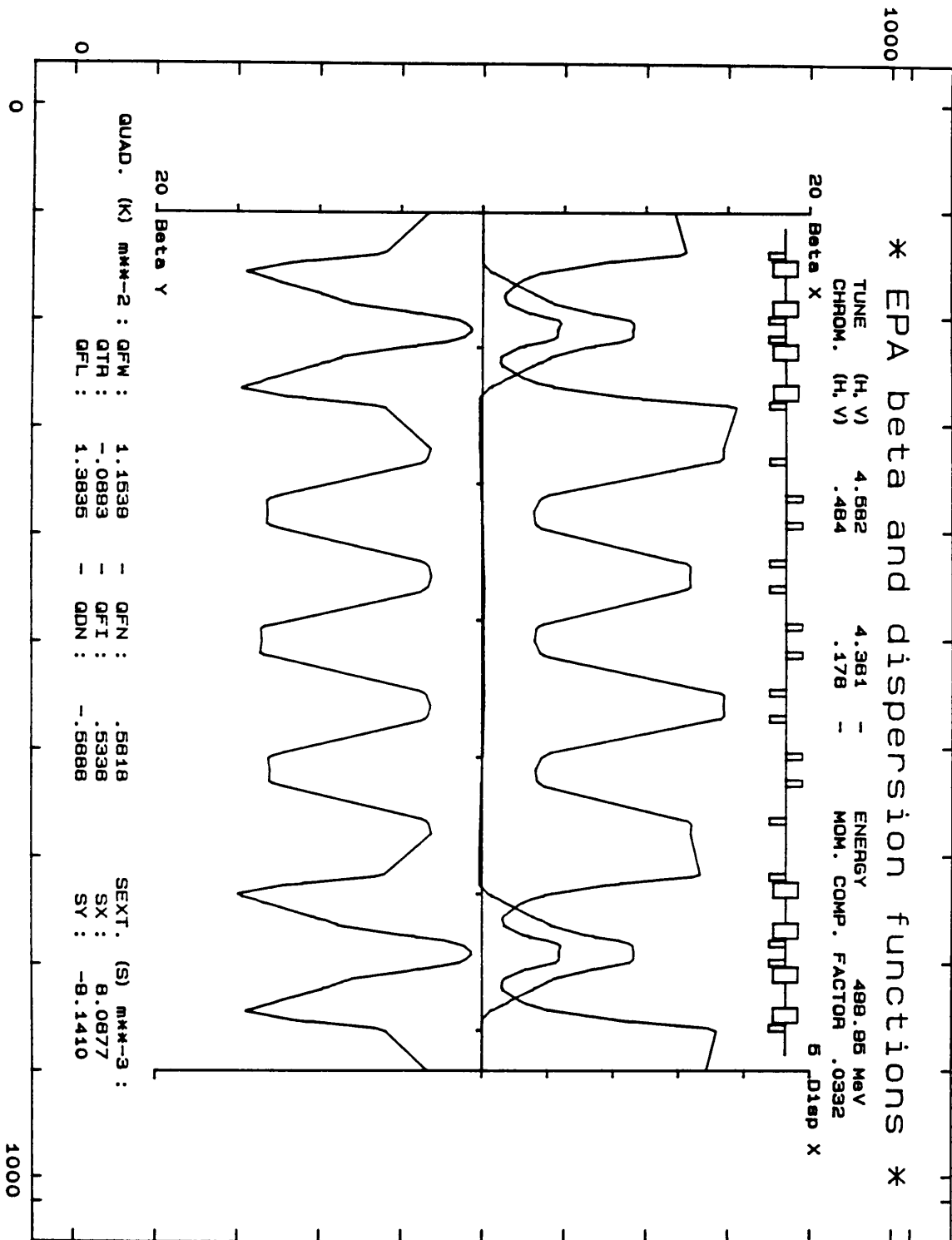


Figure 2



BEFORE  
1987-05-19-13:25:18

# LIL UMA

ELECTRONS					
UMA	Intensite (EB)	Horizontal (mm)	Vertical (mm)		
13	0.0	111.1	111.1		
15	0.0	111.1	111.1		
22	-79.9	-0.5	3.4		
25	-53.9	-3.1	-1.4		
27	-33.9	3.5	-2.9		
29	-34.8	1.9	-3.3	WCH Intens.(EB)	
30	-34.8	-1.0	4.8		
31	-34.1	2.6	-1.2		
32	-34.8	-2.9	-0.8	EDM01	-24.0
33	-33.9	-3.7	2.9	WCH11	-16.3
34	-34.6	4.1	1.9	WCH12	16.3
35	-33.6	5.6	-1.5	WCH14	0.0
36	-33.9	.1	-4.5	WCH221	-526.4
37	-34.3	-4.6	3.8	WCH37	-28.8
01	-28.7	-10.1	12.9	HTBAA	0.0

AFTER  
1987-05-19-17:32:55

# LIL UMA

ELECTRONS					
UMA	Intensite (EB)	Horizontal (mm)	Vertical (mm)		
13	0.0	111.1	111.1		
15	0.0	111.1	111.1		
22	-84.4	-0.5	3.3		
25	-79.5	-2.5	-1.5		
27	-43.6	2.7	-3.0		
29	-59.8	2.2	-3.7	WCH Intens.(EB)	
30	-39.6	-0.0	1.3		
31	-33.7	.5	0.0		
32	-32.7	-1.4	-0.5	EDM01	-24.0
33	-37.7	.0	.7	WCH11	-16.3
34	-33.4	1.2	-1.1	WCH12	16.3
35	-37.3	-0.3	-0.5	WCH14	0.0
36	-37.4	-0.9	-0.9	WCH221	-552.0
37	-33.0	-0.7	.0	WCH37	-31.7
01	-39.3	-3.0	.9	HIP00	0.0

corrected

Figure 3

MODELLING FOR EPA - CONFIGURATION MODELLING

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 affichées 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)
- TUNES 4.46 - 4.38 / TUNES 4.60 - 4.39 (8)
- 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. L'énergie présentée est celle qui correspond au courant de l'aimant principal de EPA, HR.BHZ.

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 théorique à 500MeV, point de travail nominal ou haut). 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.

Les boutons 8 permettent de passer, pour les valeurs théoriques des gradients, du point de travail de design au point de travail haut défini pour EPA (point choisi par défaut).

Le bouton HELP (9) 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 EPA-5), les nouveaux courants des sextupoles XNH et XNV 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 chacune des familles de quadripoles (QFW,QDN,QFI,QFL,QTR & QFN) .  
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 apparaitre 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 EPA-1).

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 : betax, betay, Dx 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

## Annexe EPA-1 ; STRUCTURE DU FICHIER 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=.....,FINT=.....

! ..... & ..... & ..... & .....

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 EPA-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 : corespond 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 recoit une chaine de caractères. Donne la possibilité de recommencer l'édition.
- R : indique si les valeurs de référence ont déjà été extraites du fichier, et s'il y a lieu de recharger d'autres valeurs (changement de point de travail).
- F : donne, au niveau 1 du touch pannel, 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 EPA-3 ; FICHIERS

Sur le ND500 (PRDEV):

- les fichiers source NODAL se trouvent sous l'utilisateur (LPI-MODEL).

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-CONFIG13:SNOD (treizième overlay - concatenation du fichier Nodal pour le display)  
 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..13)

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

SHORT-RUNMAD-ARR:NOD (fichier Nodal de résultat concaténé)

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

## Annexe EPA-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;

$E = \text{Intégrale}(Bds) \cdot (16 \cdot c) / (2 \cdot \pi \cdot 10^6)$ ; 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:

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

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

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

## Annexe EPA-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 EPA-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)
```

ou 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)

$K = SBdz / (B_0 * L.\text{élément})$

SOFTWARE

... ..  
SUBJ. PR - K = 1.1092  
SUBJ. PR - K = -0.01076  
SUBJ. PR - K = 1.3033  
SUBJ. PR - K = 3.332  
SUBJ. PR - K = 3.332  
SUBJ. PR - K = -3.032



SET. SY - X = 10.304  
SET. SY - X = -1.010000000

INPUT DEPENDENCIES

INPUT DEPEND - SY = 0 SY' = 0  
DEPENDENCIES - SY = 1 SY' = 1  
DEPENDENCIES - SY = 1 SY' = 2 SY'' = 3  
TYPE & INPUT DEPENDS SY = 1 SY' = 2 SY'' = 3  
DEPENDENCIES - SY = 0 SY' = 1 SY'' = 1  
DEPENDENCIES - SY = 1 SY' = 1 SY'' = 2 SY''' = 3

Figure EPA-1

## MODELLING FOR LIL

### Start of the session

The program check both versions, in the PRDEV2 (ND570) and the local one, for coherency (see Annex LIL-1 for details on the structure of the reference file).

If the PRDEV2 file has been modified, the local version is updated.

### Monitors data display

After a call to the UMA equipment module in LIL, the acquired values are displayed (intensity, horizontal and vertical displacement). Some weights attached to each monitor are also displayed; they are included in the DIMAD file. The operator can edit the displacements and the weights. The beam trajectory is plotted on the graphical display. The last column on the video display (Figure LIL-1) indicates the monitor's validity (Y: valid, N: not valid). If the pick-up give non valid data (displacements=111.11), the last column is set to N. Editing either horizontal or vertical displacement forces the status of the pick-up to valid.

As there is no automatical data acquisition for the WBS, the values have to be entered by hand. Later on, it might be possible to include the WBS program as an overlay of the modelling program.

A touch pannel button cancels all monitors invalidations (except those given by the invalid data).

On the following page ("CONTINUE" button of the touch pannel), the WBS variances as well as certain DIMAD parameters can be modified : the origin of the defined line, and the mode of computing (IPENA).

Note : changing the origin automatically invalidates those monitors that are before the chosen origin.

### Correctors data display

The POW equipement module gives the CCV as well as the minimum and maximum values of the power supplies. These three columns are displayed, with a fourth one indicating the validity of the corrector. The values can be edited and the validity changed. For the Linac W, there are three pages of correctors.

The fourth page (video screen) gives the values of the quadrupoles and other equipments (modulators energies, etc). If there has been specified more correctors than monitors, i.e. if the number of parameters exceeds that of conditions, a warning message is issued. For the time being, the automatical invalidation of the correctors before the origin is not provided.

### DIMAD run

Once the monitors and correctors are defined, the input file to DIMAD is created, transferred to PRDEV2, and the run is started.

### Results display

The values of the power supplies currents are displayed; the modified values are shown in a different colour. The new trajectory (computed) is plotted.

The following actions are possible :

- SEND TO HARDWARE sends computed currents to the power supplies; for this button to have an effect, the program has to be called from a working set which includes the elements to be controlled. If the new values do not give the expected result, the button

- RESTORE OLD VALUES restores the original situation.  
The echo and results files can be sent to the local printer.

## Annex LIL-1 : REFERENCE FILE STRUCTURE

The DIMAD reference file can be divided in three parts :

- one modifiable part, beginning of the file; it includes the title, certain comments, constants and the initial values of the magnets currents.
- one fixed part, body of the file; it includes the description of the machine itself; this part is not modified by the modelling program.
- one modifiable part, end of the file; it includes all the rest of the DIMAD commands and data.

Beginning of the file :

It starts with the instruction TITLE, and ends one line before the comment !MACHINE DESCRIPTION. The fifth line of the file gives the date of last update with the format !ddmm.year. This figure has to be alone on the line after the comment sign. It has to be modified at each file update in order to maintain coherency check between the PRDEV2 and the consoles. the initial values are preceded by the following comments : !LOW ENERGY CORRECTORS for the correctors, and !OTHER PARAMETERS for the other elements (e.g. modulators). Initial values of all the elements have to be present in the file.

Body of the file :

No particular format.

End of the file:

It starts with the USE instruction, and finishes with STOP. After the ALIGNMENT FITTING command, there is a comment line, then the NSTEP NIT... values, separated by one blank only. the IPENA parameter is on the line following the comment !IPENA, and the origin follows the line !ORIGIN. The list of all correctors starts with the !PARAM comment. No corrector is behind a comment sign (!). The list of all monitors starts with !CONDITIONS ON MONITORS. It also has to be complete and not to include any comment. This is valid as well for the correctors in the solenoids; the latter list should end with a semi-comma (;).

## Annex LIL-2 : FILES

In the ND500 (PRDEV2) , user LPI-MODEL :

- ALM-LILCONF:SNOD
- ALM-LILCONF1:SNOD (analysis of the DIMAD file)
- ALM-LILCONF2:SNOD (WBS program - non implemented)
- ALM-LILCONF3:SNOD (monitors acquisition and display)
- ALM-LILCONF4:SNOD (correctors acquisition and display)
- ALM-LILCONF5:SNOD (création of DIMAD input file)
- ALM-LILCONF6:SNOD (results display)
- ALM-LILCONF-LDEF:SNOD
- ALM-DIMDAT:SYMB : DIMAD data (reference file);

The following files are automatically created on the ND570 under the user VOLATILE; n is the number of the console used :

- CONSn-DIMAD-DATA:SYMB (data)
- CONSn-DIMAD-ARR:NOD (résultats as a Nodal file)
- CONSn-DIMAD-ECHO:SYMB
- CONSn-DIMAD-RES:SYMB

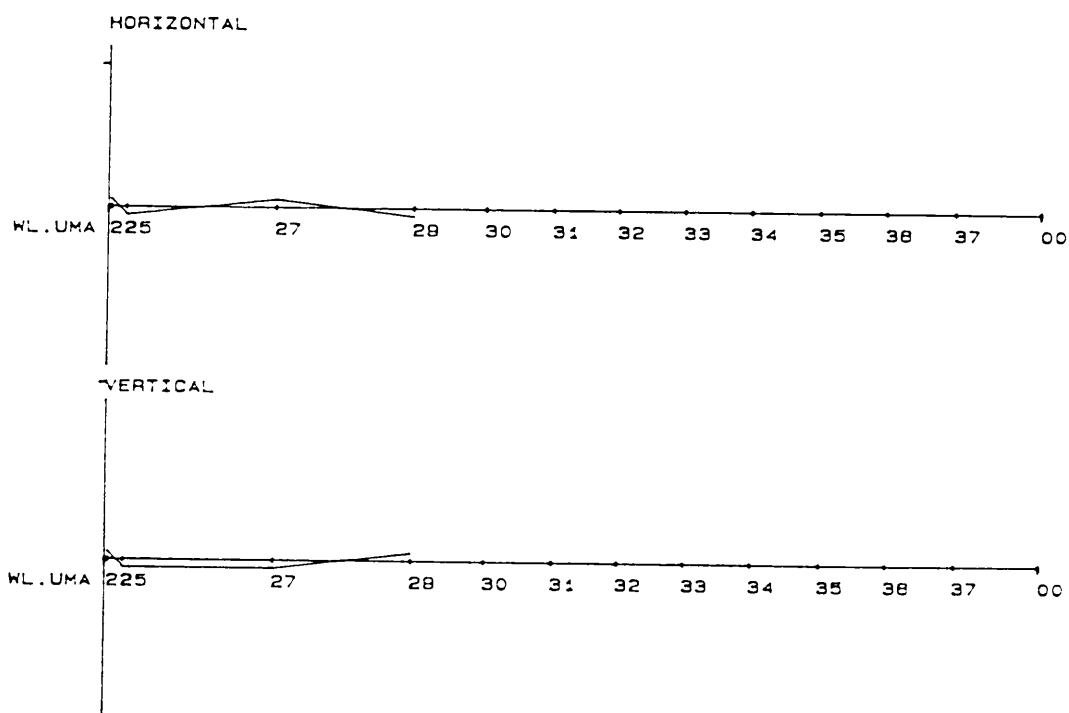
In the consoles :

- LILCONF-MAIN:NOD
- LILCONF-OVERn:NOD (n : 1..6)
- LILCONF-LDEF:NOD
- LILCONF-UTL:NOD (update of the program)
- LILCONF-FICH:NOD (file containing the date of last data file update)
- LILCONF-DIMDAT:SYMB
- LILCONF-1MOD:SYMB (1st modifiable part of DIMAD file)
- LILCONF-2MOD:SYMB (2nd modifiable part of DIMAD file)
- LILCONF-MACHINE:SYMB (fixed part of DIMAD file)
- RUNDIMAD-ARRAY:NOD
- RUNDIMAD-ECHO:NOD

UMA	INT.	HORIZ.	VERT.	WEIGHT	VAL
WL.UMA22	0	1	1	1	Y
WL.UMA25	-.23	-1	-1	1	Y
WL.UMA27	.1	1	-1	1	Y
WL.UMA29	0	-1	1	1	Y
WL.UMA30	0	111.11	111.11	1	N
WL.UMA31	0	111.11	111.11	1	N
WL.UMA32	.12	111.11	111.11	1	N
WL.UMA33	0	111.11	111.11	1	N
WL.UMA34	0	111.11	111.11	1	N
WL.UMA35	0	111.11	111.11	1	N
WL.UMA36	0	111.11	111.11	1	N
WL.UMA37	0	111.11	111.11	1	N
WL.UMA00	0	111.11	111.11	1	N
WL.WBS25		111.11	111.11	1	N
WL.WBS28		111.11	111.11	1	N
HIM.WBS00		111.11	111.11	1	N

} hand  
edt  
only

MEASURED TRAJECTORY IN LILW



WBS VARIANCE & MISCELLANEOUS

WBS	SIGMAX	SIGMAY	
WL.WBS25	111.11	111.11	WBS VARIANCE NOT USED
WL.WBS28	111.11	111.11	IN THIS VERSION OF DIMAD
HIM.WBS00	111.11	111.11	

ORIGIN GUN210  
GUN210/WBS25/UMA27/UMA31/UMA35/

IPENA 1  
-2 : NO STEERING CORR.,NO LIMITS ON PARAMETERS  
-1 : STEERING CORRECTION,NO LIMITS  
+1 : STEERING CORRECTION,WITH LIMITS

Figure  
LIL-1



## MODELLING OF EPA INJECTION

### LEVEL 0 : beginning of the session

When the user enters the program, three sets of values are presented to him/her :

- actual I(HR.BHZ) , deduced Energy, Energy from file;
- actual I(HI.QFD1) , deduced K1, K1 from file;
- actual I(HI.QFD2) , deduced K1, K1 from file;
- actual I(HR.QDN) , deduced K1, K1 from file;
- actual I(HR.QFI) , deduced K1, K1 from file;

The file mentioned above is a Nodal file corresponding to the last Twiss file update. This file (resident in the PRDEV, so as to be the same for all the consoles) was created at the same time as the Twiss file itself.

The user can then choose whether or not to have the Twiss files recomputed (Twiss files for both types of particles are recomputed).

In the PRDEV resides a reference file for the MAD input for the injection lines. The lines start at WL.UMA37 and end at HR.UMA11 and HRUMA91 respectively. The beginning of this file has to be modified according to the numerical values given by the hardware.

When the Twiss files (for both particle types) are created by MAD, the Nodal interactive program creates a file of Nodal vectors containing the hardware values at the time of the run and the date.

After the MAD runs, the WRDIRF program is used to add indexes to the Twiss files (random access files necessary for ORBCOR).

Before running ORBCOR, it is possible to set the injection line to a theoretical value. Those values, calculated in function of the energy (chosen by the user and defaulted to the current ring's energy), can be sent to the hardware. The correctors are set to zero by this operation.

### Level 1 : mode choice

The user can choose between two modes : CALC, computation of the effect of a kick, and CORR (GLBL), trajectory correction mode.

Level 2 : parameters choice

The plan of correction is chosen (H/V), and the momentum, which is defaulted to the value of the Nodal Twiss file (computed from the value of HR.BHZ).

Level 3 : correctors choice

- 1- global correction (e+/e-) : use all elements of the line BSH, BHZ, DHZ25, BVT00, BVT30, SHM31 (HIE/HIP), SMH32 (HIE/HIP).
- 2- line tuning (e+/e-) : use only individual dipoles : DHZ25, BVT00, BVT30, SMH.

Level 4 : orbit file

Modification of the orbit file : UMA values (values from equipment module) and MTV (values entered by the user with the keyboard). The monitors can be individually enabled/disabled, and the TV screens are disabled by default.

Level 5 : correctors file

The values of the correctors are displayed (Amps/mrad). They can be edited (only the Amps values can be edited) . For a CALC, the user can give kick values (Amps) for any number of correctors.

\*\* ORBCOR run \*\*

The files that have to be created for the ORBCOR run are :

- OPERFILE : 2 RX; commands file
- TWISS file : 3 RX; random acces Twiss file
- HCORFILE : 4 RX; horizontal correctors
- VCORFILE : 5 RX; vertical correctors
- ORBITFILE : 7 RX; orbit file

Those that are filled by the program are:

- PRINTFILE : 6 WX; extended results file

- CALCORB : 8 WX; calculated orbit file
- CORSTR : 10 WX; new correctors strengths
- RESULT : 11 WX; results file

#### Level 6 : results display

When a global correction is asked for one line, there is a possibility to compute the effect of the correction on the other line : the display will be the RES file (no interpretation and no graphic display).

For the time being, only the results file is displayed, width clipped to 64 characters. No monitor values display, no "SEND TO HARWARE" command are available. This will be remedied when a Nodal file output will exist for ORBCOR.

The RES and the LIST files can be sent to the local line-printer through a push-button command.

## Annex INJ-1 : FILES

Note : in the LDEF file (see below), the names of the correctors are restricted to 7 characters and those of the power supplies to 3 characters.

Files :

In the ND500 (PRDEV2) - user LPI-MODEL :

ALM-INJCONF:SNOD  
 ALM-INJCONF1:SNOD (recompute Twiss files)  
 ALM-INJCONF2:SNOD (theoretical configuration)  
 ALM-INJCONF3:SNOD (parameters choice)  
 ALM-INJCONF4:SNOD (orbitf file edit)  
 ALM-INJCONF5:SNOD (correctors file edit)  
 ALM-INJCONF6:SNOD (create ORBCOR files)  
 ALM-INJCONF7:SNOD (results display)  
 ALM-INJCONF-LDEF:SNOD

Files created automatically under the user VOLATILE :

CONSn-INJC-OPERF:SYMB : operator file  
 CONSn-INJC-ORBITF:SYMB : orbit file  
 CONSn-INJC-HCORF:SYMB : horizontal correctors file  
 CONSn-INJC-VCORF:SYMB : vertical correctors file  
 CONSn-INJC-RES:SYMB : results file  
 CONSn-INJC-PRINT:SYMB : list file  
 CONSn-CALCORB:SYMB : calculated orbit file  
 CONSn-CORR-STR:SYMB : correctors strength file

In the consoles - user LPI-MODEL :

INJCONF-MAIN:NOD  
 INJCONF-OVERn:NOD (n : 1..7)  
 INJCONF-LDEF:NOD  
 INJCONF-UTL:NOD : command file performing an update of the previous files from those in the ND500;  
 INJC-NOD-TWISS:NOD : Nodal Twiss file containg date of its update and the line main parameters (gradients and energy)  
 INJCONF-ORBITF:SYMB : ORBCOR orbit file  
 INJCONF-OPERF:SYMB : ORBCOR operator file  
 INJCONF-HCORF:SYMB : ORBCOR horizontal correctors file

INJCONF-VCORF:SYMB : ORBCOR vertical correctors file  
INJC-CORR-STR:SYMB : ORBCOR corrector strengths file  
INJCONF-RESULTS:SYMB : ORBCOR results file.