

EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH

PS/CO/Note 86-5
PS/OP/Note 86-8
31.1.1986

LE TIMING CENTRAL LPI

*G. Baribaud - P. Bobbio - P. Burla - JP. Delahaye
B. Frammery - P. Schenkels - Ch. Serre*

Cette note est le résultat des discussions entre spécialistes machine, opération et contrôle. Elle annule et remplace le papier précédent : PS/CO/WP 85.067 du 22.10.1985

Geneva, Switzerland

1- INTRODUCTION

Le système de timing LPI a déjà été largement décrit tant au point de vue opérationnel (1,2), que layout général (3,4). L'introduction du Program Line Sequencer, Standard CO, pour gérer la modulation du timing de cycle à cycle, a récemment permis de clarifier le rôle dévolu à un équipement spécifique LPI, plus connu sous le nom de I.K. BOX (5) et décrivant la modulation rapide du timing au rythme (10msec) des Linacs LIL.

Le timing central LPI doit satisfaire 3 types de fonctionnement:

- a) Cycles de production e^+ , e^- pour le PS,
- b) Cycles "parasites", production e^+ , e^- à usage purement local, mais synchronisés sur le supercycle PS,
- c) Supercycle autonome par rapport au PS.

L'architecture du timing central LPI est prévue pour permettre d'éjecter les particules stockées dans EPA à des instants différents selon les besoins.

Les impulsions produites par le timing central LPI découlent uniquement de la valeur de l'instant d'injection des particules dans le PS. (*)

(*) Cet instant programmé en B 0.1 Gauss correspond à une énergie de 600 Mev. Suivant le cycle magnétique utilisé au PS, sa valeur en train C est modifiable dans une large gamme (6): entre C132 et C536.

2- DEFINITIONS ET PRINCIPES

2.1 Définitions de base

Le fonctionnement de LPI est lié au cyclage PS dans son utilisation opérationnelle. On définit pour cela la notion de période de base, "BASIC PERIOD" (BP), déterminée par le taux de répétition de l'impulsion PX.TRL produite par le POWER HOUSE, soit actuellement toutes les 1,2 sec. On rappelle que PX.TRL est synchrone avec l'impulsion C100 dans les cycles PS de 1,2 sec ou avec C100 et C1300 dans les cycles PS de 2,4 sec.

Un cycle LPI est défini comme l'intervalle de temps entre deux éjections consécutives.

Le Timing Central LPI fournit des impulsions à la fois au rythme de la Basic Period et au rythme du cycle LPI. D'autre part LIL étant synchronisé sur le réseau 50 Hz, le timing injection/accumulation dans EPA doit être calé sur le même réseau afin d'éviter tout "jitter" entre les 2 machines.

2.2 Trains

Quatre trains d'impulsions sont utilisés dans le LPI:

- HX.TZC : C'est le train de base du complexe LPI à 100 Hz synchrone avec le secteur et obtenu par détection de passage à zéro (Zero Crossing). Il est utilisé pour toute la synchronisation des Linacs et des éléments liés à l'injection dans EPA. Il s'agit d'un train continu.
- HX.TCL : C'est un train 1 kHz, obtenu par une multiplication par 10 du train 100 Hz TZC (en utilisant une fréquence de quartz de 1 MHz). Il sert pour l'instrumentation de EPA et pour certaines acquisitions. Il n'y a donc pas de jitter entre ce train et le train TZC ce qui facilite tous les réglages et diagnostics. L'impulsion de start de ce train est HX.RHC (voir description en 3.1.2).
- HX.TPG : Un troisième train, appelé train "PRODUCTION GUN" est obtenu à partir du TZC conditionné par une condition PRODUCTION (en provenance de l'IKBOX) sur l'un des 2 canons. Il est notamment prévu pour piloter les systèmes de mesure LIL car seules les impulsions de ce train sont susceptibles de correspondre à une production effective de faisceau.
- HX.TREV : Un dernier train synchrone avec la RF EPA (19,1 MHz) et divisé par 8 (2.3875 MHz) correspondant à la fréquence de révolution des particules est nécessaire pour le calage précis des éléments d'injection et éjection. La phase de ce train doit rester constante sur plusieurs cycles EPA (pour e*) consécutifs. Il est synchrone avec le premier paquet éjecté.

2.3 Fonctionnement du LPI

2.3.1 Fonctionnement synchrone avec PS

- a) La modulation des moments d'éjection de EPA est effectuée au niveau du timing d'injection du PS.
- b) Cette modulation n'est pas un PPM software; elle est réalisée par le conditionnement PLS de compteurs différents selon le type de particule. Donc il n'y a aucun PPM dans le timing central LPI. (*)
- c) Toutes les impulsions produites dans une Basic Period LPI, dépendent d'une seule impulsion du Power-House et d'un même télégramme PLS-PS.

2.3.2 Fonctionnement autonome

Une commutation manuelle permet de remplacer les impulsions PS par d'autres fournies par une simulation locale.

(*) Cela n'exclut pas la possibilité d'avoir des timings PPM pour LPI en dehors du Timing Central.

3- STRUCTURE DU TIMING CENTRAL LPI (Figure 1)

Cette structure reflète le fait que le LPI est constitué de 2 machines distinctes LIL et EPA. Le timing central est donc composé de 2 sous-ensembles:

- Timing d'accumulation lié à LIL,
- Timing d'éjection lié à EPA.

Chacun de ces 2 sous-ensembles est piloté par une impulsion particulière du timing d'injection PS (7).

A cela il faut rajouter un bloc de synchronisation fine lié à la RF pour le moment d'extraction des particules de EPA.

La figure 2 présente les différentes impulsions produites par le Timing Central dans le cas standard non PPM.

Remarques:

- 1) Cependant si l'on accepte le risque d'incohérence entre 2 télégrammes PLS-PS consécutifs (cf § 2.3.1 c), on peut envisager de faire dépendre le timing d'accumulation du timing d'éjection du cycle LPI précédent et donc de n'avoir qu'une seule impulsion pilote avec le PS.
- 2) Tant que le moment d'injection dans le PS (C inj) n'est pas PPM entre e^+ et e^- , les 2 impulsions fournies par le PS sont séparées l'une de l'autre par un délai fixe de 498 msec. Donc, dans un premier temps, on pourrait avoir une seule impulsion pilote venant du PS (PX.FLPI), S2 étant en position "LOCAL" (Fig.1).

3.1 Timing d'accumulation

La liaison de ce timing à LIL s'effectue principalement par l'intermédiaire de l'IKBOX.

3.1.1 Synchronisation entre le PS et le LIL

Cette synchronisation est réalisée par l'impulsion PX.FLPI (Forewarning LPI) issue du timing injection PS. Elle est le "OU" logique des deux canaux d'un même GPPC. L'impulsion résultante est conditionnée par une ligne "PRESENT" du train PLS PS ou son complément [e^+ et $\overline{e^+}$ ou $\overline{e^-}$ et e^-]. De cette manière les instants d'injection dans le PS pourront être conditionnés par le type de particules. Les cycles parasites LPI utiliseront l'un de ces deux instants pour l'éjection vers les "Dumps".

La programmation de ce GPPC sera couplée à l'aide d'un programme d'application spécial qui permettra d'ajuster l'instant d'injection dans le PS : Cinj.

Ce GPPC utilise le train PX.TCC pour retarder l'impulsion PX.TRL d'un délai égal à Cinj - 98 msec. Il délivre ainsi une impulsion qui se produit 2 msec après chaque éjection, puis régulièrement toutes les 1,2 sec (BP) si le cycle comporte plusieurs BP.

3.1.2 Impulsions générées

HX.WBP (Warning Basic Period)

:elle se déduit de PX.FLPI par une synchronisation avec le train HX.TZC, soit avec un délai variable de 0 à 10 msec par rapport à PX.FLPI.

HX.RBP (Ready Basic Period)

:obtenue à partir de HX.WBP par un retard interne du GPPC de 1,5 msec. Il est utilisée par l'IKBOX et sert de "Start" aux presets en train TCL fonctionnant au rythme de la BP.

HX.WHC (Warning EPA Cycle)

:C'est PX.FLPI synchronisée comme HX.WBP sur HX.TZC et conditionnée par la ligne "First BP" du télégramme PLS LPI. Elle est utilisée par l'IKBOX.

HX.RHC (Ready EPA Cycle)

:obtenue à partir de HX.WHC par un délai interne du GPPC de 1.5 msec. Elle démarre les compteurs qui fonctionnent au rythme du cycle et initialise le processus d'accumulation.

HX.AEJ (Acquisition Ejection)

:obtenue à partir de HX.WHC par un délai interne du GPPC de 10 msec. Elle est utilisée pour l'acquisition et le contrôle des éléments PPM de l'éjection.

3.2 Timing d'Ejection

3.2.1 Synchronisation avec le PS

Elle est basée sur l'impulsion PX.FH (Forewarning HEPA) générée, dans le timing injection PS, à partir de PX.TRL et du train PX.TCC, à chaque BP. L'impulsion PX.FH est produite et conditionnée de manière absolument identique à PX.FLPI, à la différence près que l'on utilise une ligne "NEXT" du PLS PS au lieu d'une ligne "PRESENT".

La valeur chargée dans les 2 canaux du GPPC est égale à $Cinj + 400$ msec. PX.FH se produit 700 msec avant la fin de chaque BP, ce qui correspond en fin de cycle à 700 ms avant l'éjection.

La programmation de ce GPPC est effectuée dans le programme d'application qui gère PX.FLPI.

3.2.2 Impulsions générées

HX.FBP (Forewarning Basic Period)

:elle est produite par un délai de 560 ms en train PX.TCC, à partir de PX.FH; elle se produit 140 ms avant la fin de chaque BP; elle est utilisée pour le PPM des éléments d'accumulation.

HX.WPLS (Warning PLS)

:C'est l'impulsion qui déclenche l'émission du télégramme PLS du LPI à chaque BP. Elle est obtenue en retardant l'impulsion PX.FH à l'aide d'un délai en train PX.TCC. Ce délai est

actuellement fixé à 500 ms, pour que ce télégramme soit émis 200 msec avant la fin de chaque BP mais la valeur définitive (entre 0ms et 500ms) sera fixée en fonction des besoins opérationnels.

HX.FES (Forewarning Ejection Septum)

:il s'agit de l'impulsion PX.FH conditionnée par la ligne NEXT "Last Basic Period" du télégramme PLS-LPI. Elle démarre principalement la charge du septum d'éjection HR.SMH00, 700ms avant chaque éjection.

HX.FHC (Forewarning EPA Cycle)

:c'est l'impulsion HX.FES retardée de 560 ms à l'aide d'un compteur en train PX.TCC. Elle se produit 140 ms avant l'éjection (fin/début de "cycle" EPA); elle est donc synchrone avec une impulsion HX.FBP.

HX.FEJ (Forewarning Ejection)

:elle est obtenue en retardant HX.FES de 690 ms à l'aide d'un preset en train PX.TCC. Elle se produit 10ms avant chaque éjection avec une précision de $\pm 800 \mu\text{sec}$. Cette faible précision provient d'une part du jitter de l'ordre de $\pm 100 \mu\text{s}$ entre trains B et C du PS et d'autre part de la latitude de réglage demandée par le PS de l'ordre de $\pm 500 \mu\text{sec}$; les dernières $\pm 200 \mu\text{s}$ sont ajoutées à titre de marge, pour tenir compte des jitters de synchronisation dans les différents presets. Cette impulsion enclenche les bumpers d'éjection de EPA et arrête la charge de l'alimentation de HR.SMH00.

3.3 Synchronisation fine

L'impulsion PX.WH (Warning Hepa), fournie par le PS 2ms ($\pm 5\text{ns}$) avant chaque injection dans le PS (8), sert de référence pour la création de 2 impulsions LPI.

HX.WEJ (Warning Ejection)

C'est le "OU" logique de PX.WH conditionnée par la ligne "PS destination PRESENT" du télégramme PLS LPI et d'une simulation élaborée par un délai en HX.TREV à partir de HX.FEJ et conditionnée par la même ligne PLS inversée. Elle est produite 2msec avant l'éjection; c'est le start du timing 19 MHz d'éjection qui va permettre la charge des kickers d'éjection et la décharge de l'alimentation de HR.SMH00.

HX.REJ (Ready Ejection)

Obtenu à partir de HX.WEJ par un délai en train HX.TREV; elle se produit 2 μsec avant l'éjection. On l'utilise pour l'observation du faisceau éjecté.

Remarques:

- a) A cause de la longueur des cables (quelques centaines de mètres) le délai entre PX.WH et l'éjection vu côté LPI n'est pas rigoureusement 2 msec, mais une durée fixe très voisine (2 à 3 μsec d'écart).

- b) Le conditionnement de PX.WH côté LPI par la ligne PLS-LPI "PS destination" faite dans un GPPC est synchrone avec le train HX.TREV dont la phase est liée au "bucket wheel" d'éjection d'EPA.

4- PPM ET SIMULATION LOCALE

4.1 Le PPM du LPI

Les schémas d'opération prévues pour le LPI et le PS impliquent deux types de modulations en fonction du type de particules (e^+/e^-).

- a) un PPM software (niveau RT SMACC) des valeurs de contrôle alimentations et RF LIL et alimentations EPA.
- b) un PPM hardware géré par l'IKBOX au niveau du timing d'injection dans EPA et de certains équipements spécifiques (par exemple: bumpers d'injection).

Compte tenu des expériences réalisées au PS (6), les structures du timing central LPI et du timing d'injection PS permettent une modulation de l'instant de transfert des e^+/e^- dans le PS. Cette modulation implique un fonctionnement plus élaboré de l'IKBOX dû à l'irrégularité des BP et certaines précautions pour le moment de la distribution du télégramme PLS LPI. La figure 3 présente la production des impulsions dans le cas où le PS injecte les électrons à C536 et les positrons à C132.

Le télégramme PLS LPI est émis dans le courant d'une BP LPI (déclenché par HX.WPLS); il est constitué de:

- lignes "PRESENT" concernant la BP en cours,
- lignes "NEXT" concernant la BP suivante.

Ce moment doit être choisi de façon à ne pas perturber les tâches RT PPM de contrôle et d'acquisition; le télégramme PLS LPI doit être distribué avant le début du storage et après l'exécution des tâches RT PPM pour les éléments d'éjection. Rappelons que le télégramme PLS LPI distribué à chaque BP décrit néanmoins tout le cycle LPI en cours; seules varient de BP à BP les informations nécessaires à l'IKBOX et au timing central LPI.

4.2 Cycles parasites LPI

Le supercycle LPI correspond au supercycle PS; ce dernier contient des cycles e^- , e^+ et p. En dehors de l'élaboration des faisceaux e^+/e^- pour le PS, il est possible de programmer des cycles LPI pour des MD sans transfert vers le PS: ce sont les cycles parasites LPI.

Côté timing central LPI, les impulsions PX.FLIL et PX.FH continuent à être générées, soit avec la valeur e^+ , soit avec la valeur e^- selon la programmation initiale. Seule l'impulsion PX.WH doit être simulée comme indiqué au § 3.3.

4.3 Simulation locale

Elle est nécessaire pour permettre le fonctionnement autonome du LPI, soit:

- lorsque le timing PS n'est pas disponible,
- pour des conditions de travail particulières (par ex. taux de répétition différent d'une 1,2 sec).

Une commutation manuelle - S1 et S2 sur position "LOCAL" - permet de fonctionner sur un oscillateur local qui génère une impulsion de substitution à PX.FLPI et, à l'aide d'un délai de 498 msec (cas standard), une simulation de PX.FH. Dans ce cas là, comme pour les cycles parasites, la simulation de PX.WH est faite à partir de HX.FEJ par un délai en train HX.TREV validé en permanence.

5- DISTRIBUTION DES IMPULSIONS

EN DEHORS DES IMPULSIONS CREEES PAR LE TIMING CENTRAL LPI. IL EXISTE DEUX AUTRES SOURCES D'IMPULSIONS QUI SONT:

- L'IKBOX (5)
- LE TIMING 19 MHZ (9)

5.1 Impulsions distribuées sur la boucle CAMAC

Ce sont:

HX.RBP et HX.RHC
 HX.AEJ
 HX.FBP
 HX.FEJ

HX.RSTO (ready Storage) qui est générée à partir de l'IKBOX; c'est le "OU" logique de HX.RSTOE et de HX.RSTOP qui sont délivrées à la fin de chaque accumulation; elle est utilisée pour l'instrumentation.

De plus, sur la boucle CAMAC, on distribue 2 Trains:

HX.TPLS (Télégramme PLS-LPI),
 HX.TCL.

5.2 Impulsions distribuées sur les consoles centrales

Ce sont:

HX.RHC
 HX.WEJ
 HX.RSTO

HX.RAC (Ready Accumulation) produite par l'IKBOX; comme RSTO c'est le

"OU" logique de HX.RACP et HX.RACE qui sont délivrées 10 msec avant le début de l'accumulation.

Les trains utilisés à la console sont:

HX.TCL
HX.TREV
HX.TPG

REFERENCES

- 1) K.Hubner : On the Timing of the LEP Preinjector.
PS/LPI - Note 83-24
- 2) K.Hubner,
I.Kamber : On the Timing of the LEP Preinjector.
PS/LPI - Note 84-44 rev. 15.02.1985
- 3) I.Kamber : A Proposal for the LIL-EPA Timing System.
PS/LPI - Note 83-23 rev. 20.06.1984
- 4) G.Baribaud,
P.Burla,
P.Schenkels: Options for an LPI Transfert Layout.
PS/CO/WP 85-034
- 5) P.Schenkels: General Layout of the LPI Equipment State Description
Generator.
PS/CO/WP 85-066
- 6) J.Boillot et
alii : Compte-Rendu de MD en parallèle avec la Physique.
02-05/07/85 : PS/MD 85-5
- 7) J.Boillot et
alii : Timing d'éjection des électrons et positons dans le PS.
PS/OP/PSR - Note 85-31
- 8) J.Philippe : Layout de l'Interface de Contrôle du Timing des injections du
PS. PS/CO/ Note 85.17
- 9) P.Schenkels: Technical Reference Manual for 19 MHz LPI Timing.
(à paraître).

Fig. 1
SCHEMA D'ENSEMBLE: TIMING CENTRAL LPI

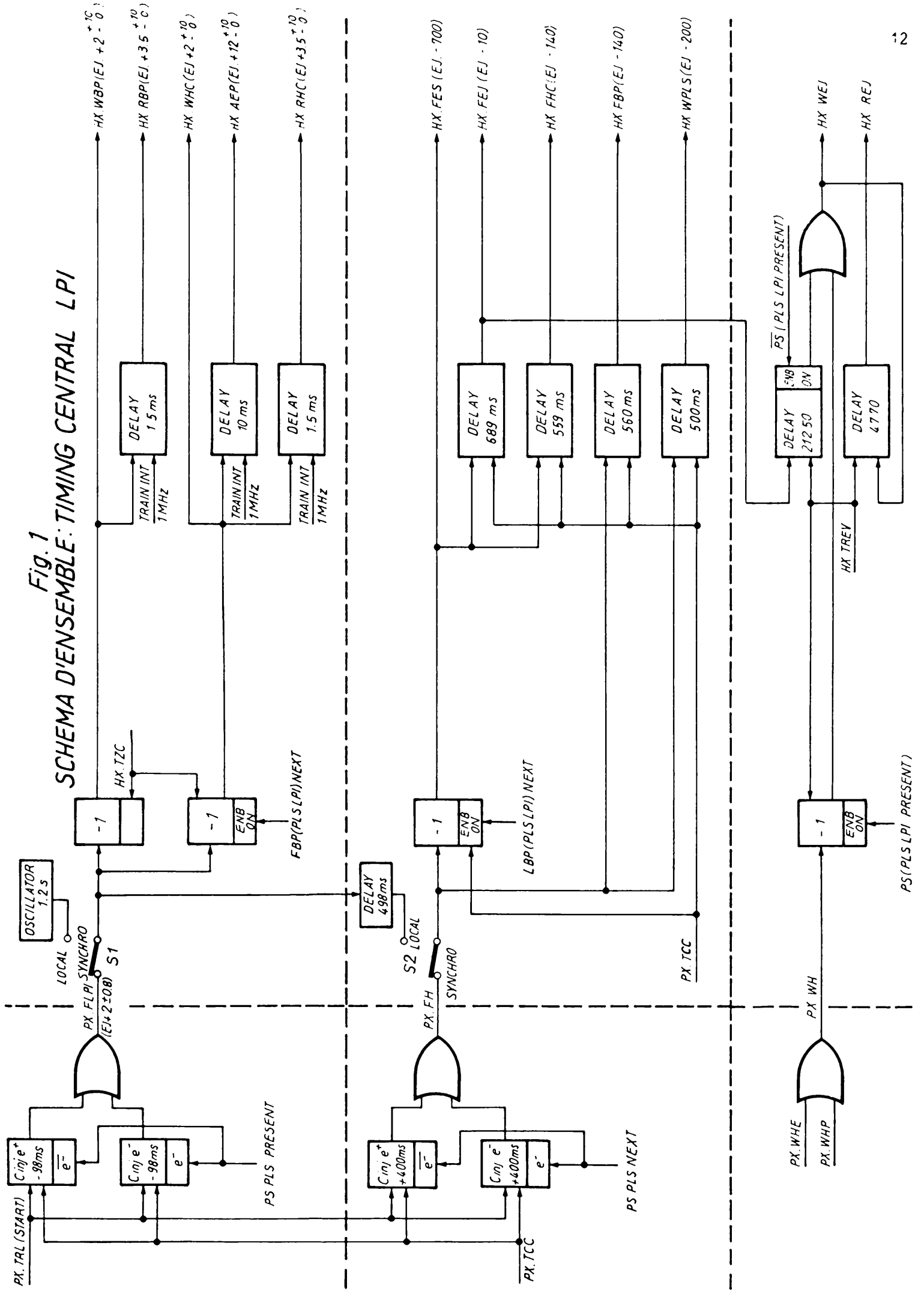
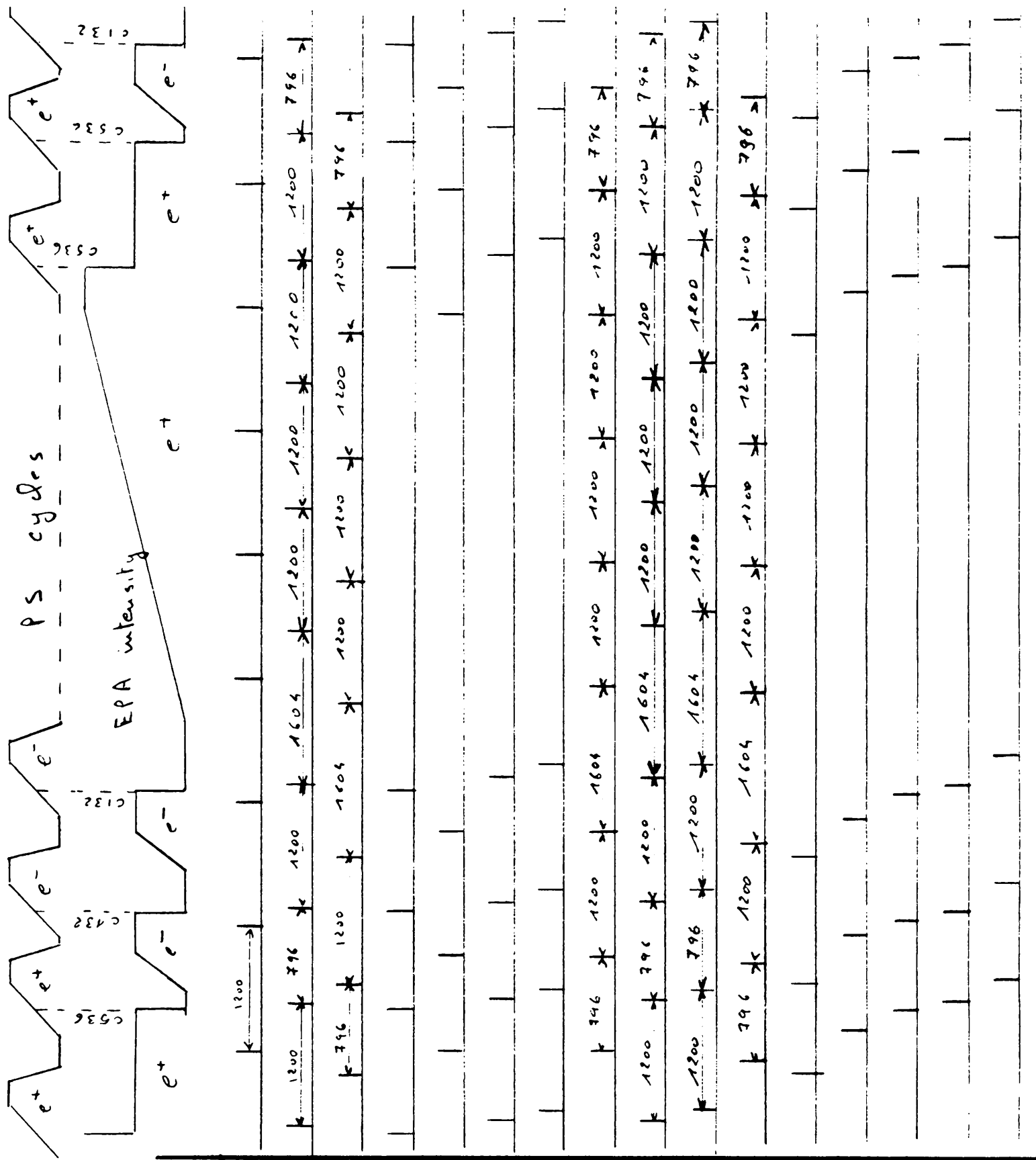


fig.3: Impulsions Centrales LPI avec PPM de l'injection PS.



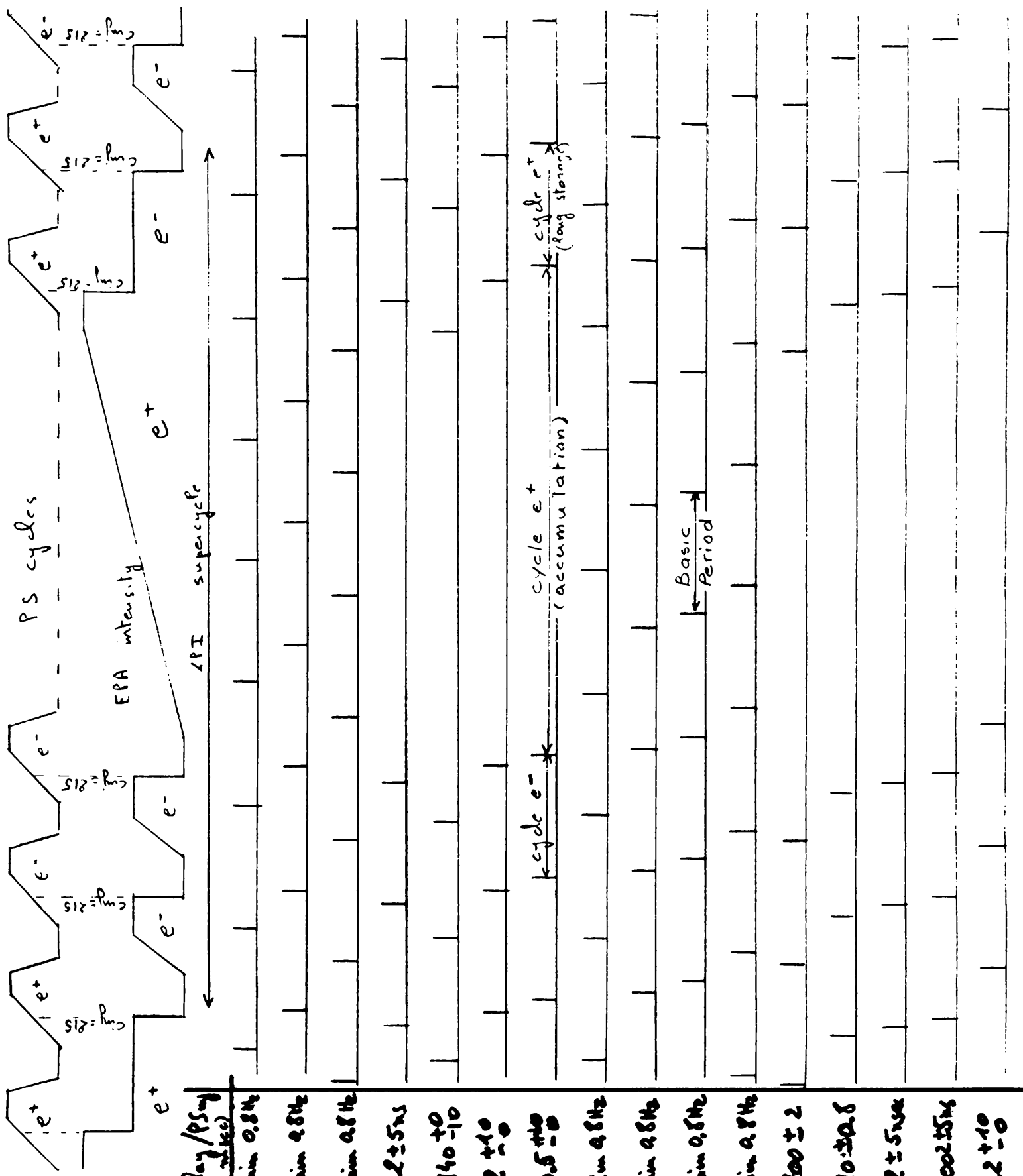


fig.2: Impulsions Centrales le long d'un supercycle LPI (Inj PS standard sans PPM)

Pulse	Tuning(c)	Delay/PSy (ms/Sec)
PX.TRL	100	train 0.8Hz
PX.FLPI	217	train 0.8Hz
PX.FH	745	train 0.8Hz
PX.WH	213	-2 ± 5ms
HX.FHC	75	-140 ± 10
HX.WHC	217 ± 10	+2 ± 10
HX.RHC	218.5 ± 10	+3.5 ± 10
HX.FBP	75	train 0.8Hz
HX.WBP	217 ± 10	train 0.8Hz
HX.RBP	218.5 ± 10	train 0.8Hz
HX.WPLS	15	train 0.8Hz
HX.FES	715	-700 ± 2
HX.FES	205	-10 ± 20.8
HX.WES	213	-2 ± 5ms
HX.RES	215	-0.002 ± 5ms
HX.AEP	227 ± 10	+12 ± 10

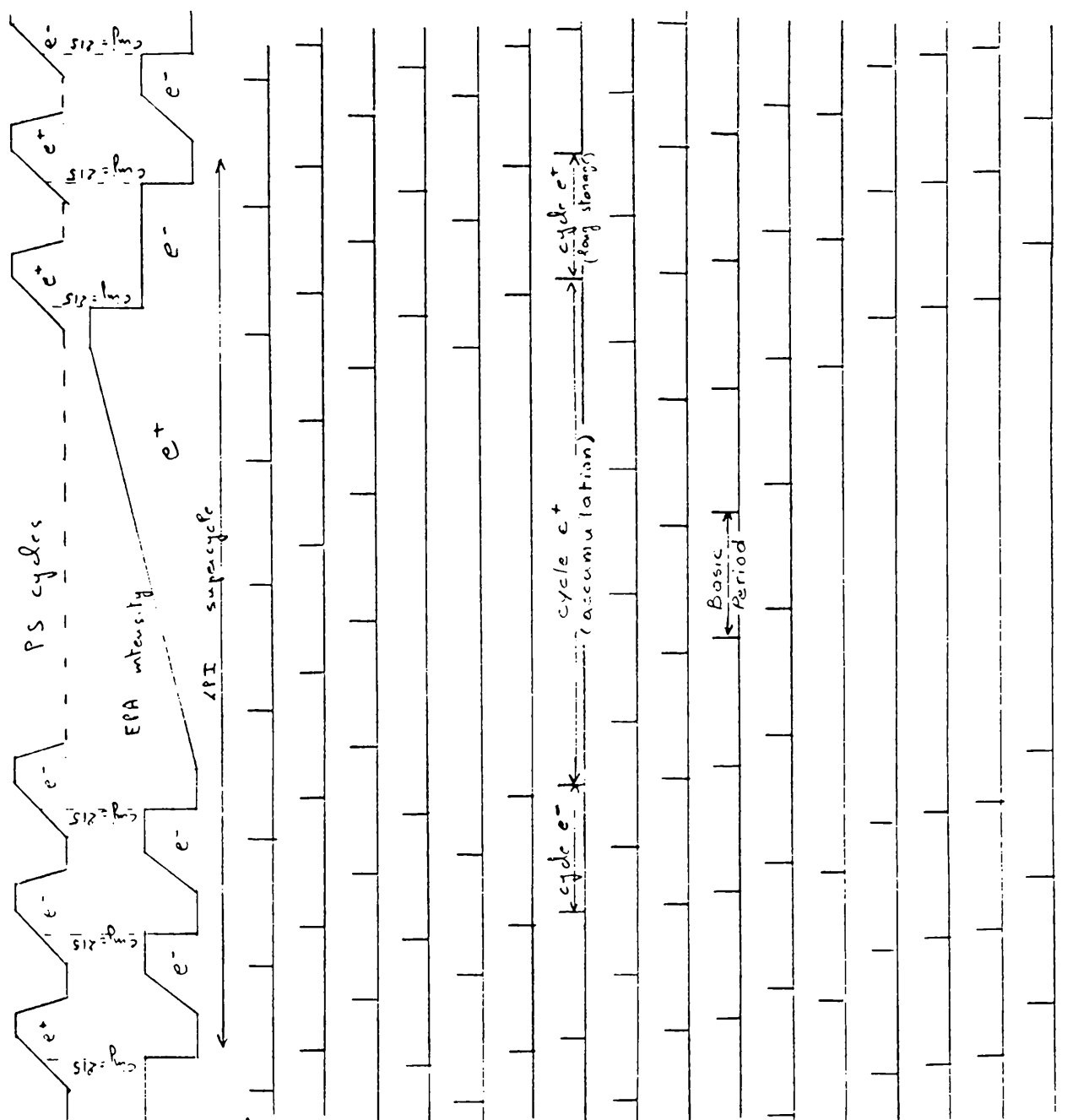
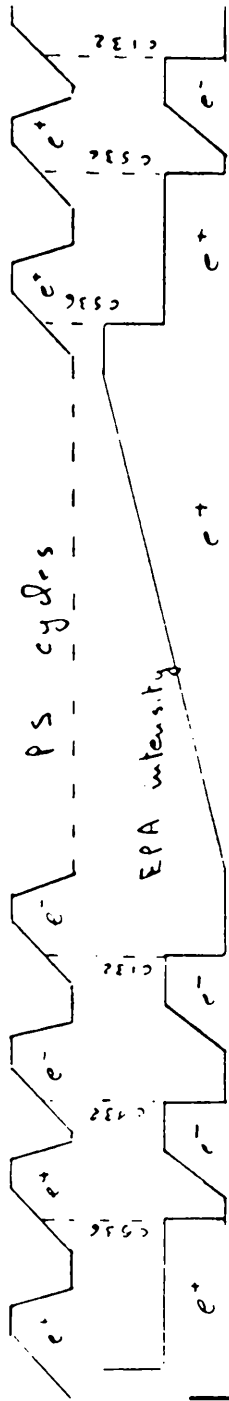


fig.2: Impulsions Centrales
le long d'un supercycle LPI
(Inj PS standard sans PPM)

Pulse	Tuning(C)	Delay/PS _{inj} (μsec)
PX.TRL	100	Train 0.8Hz
PX.FLPI	217	Train 0.8Hz
PX.FM	715	Train 0.8Hz
PX.WH	213	-2 ± 5ns
HX.FHC	75	-140 ± 0
HX.WHC	217 ± 0	+2 ± 0
HX.RHC	218.5 ± 0	+3.5 ± 0
HX.FBP	75	Train 0.8Hz
HX.WBP	217 ± 0	Train 0.8Hz
HX.RBP	218.5 ± 0	Train 0.8Hz
HX.WPLS	15	Train 0.8Hz
HX.FES	715	-700 ± 2
HX.FES	205	-10 ± 0.8
HX.WES	213	-2 ± 5ns
HX.REJ	215	-0.0025ns
HX.AEP	227 ± 0	+12 ± 0

Fig.3: Impulsions Centrales LPI avec PPM de l'injection PS.



Pulse	Timing (train e^-)
PX.TRL	100
PX.FLPI	538 134
PX.FH	1036 632
PX.VH	534 130
HX.FHC	356 1192
HX.WHC	538 134
HX.RMC	539.5 135.5
HX.FBP	356 1192
HX.WBP	538 ± 0 134 ± 0
HX.RBP	539.5 ± 0 135.5 ± 0
HX.WPLS	336 1132
HX.FES	1036 632
HX.FEJ	526 182
HX.WEJ	534 130
HX.REJ	536 132
HX.AEP	548 ± 0 144 ± 0

CCM extended :

G. Baribaud, G.P. Benincasa, J. Boillot, P. Burla, R. Cailliau, L. Casalegno,
G. Cuisinier, A. Crutcher, J. Cupérus, G. Daems, A. Daneels, R. Debordes,
F. Di Maio, A. Gagnaire, F. Giudici, W. Heinze, P. Heymans, D. Kemp, B. Kuiper,
J. Lewis, P. Lienard, E. Malandain, N. de Metz-Noblat, F. Perriollat,
J.P. Potier, U. Raich, W. Remmer, Ch. Serre, G. Shering, C.H. Sicard, P. Skarek,
A. van der Schueren, N. Vogt-Nilsen

+

LPI Group

J.J. Aebi
S. Battisti
A. Bellanger
R. Bertolotto
D. Blechschmidt
J.F. Bottolier
B. Canard
M. Damiani
J.P. Delahaye
J.C. Godet
H. Guemara
K. Hübner
I. Kamber
H. Kugler
A. Lévy-Mandel
J.H.B. Madsen
E. Marcarini
O. Martin
P. Marti
B. Nicolai
J.P. Perrine / LAL
E. Plouviez / LAL
A. Riche
L. Rivkin
G. Rossat
J.C. Thomi
D. Warner

+

P. Bobbio
C. Dehavay
J.P. Delahaye
D. Fiander
B. Frammery
D. Grier
A. Krusche
K. Metzmacher
R. Pittin
J.P. Riunaud
J.P. Royer
P. Schenkels
F. Völker