

**EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH
ORGANISATION EUROPEENNE POUR LA RECHERCHE NUCLEAIRE**

CERN – PS DIVISION

PS/RF/Note 2002-214

**IONS pour LHC
BEAM CONTROL PS**

J-L. Vallet

Geneva, Switzerland
December 2002

Table des Matières

1. Introduction

2. Constatations

3. Les modules nécessaires

4. DDS HF

Spécifications

5. MULTI-PURPOSE DDS

Spécifications

6. Conclusion, remarques

7. Références

8. Annexes

Schémas : - Ions acceleration for LHC. low level RF PS

- BC protons LHC

1. Introduction

La lecture des documents cités en référence nous renseigne sur le mode d'accélération des ions dans le PS. Les lignes directrices en sont les suivantes :

- Le LINAC 3 doit fournir des ions plomb à LEIR à un taux de répétition de 5 Herz. Après accumulation, environ $1E9$ ions sont accélérés dans LEIR à une énergie de 72 MeV/u.

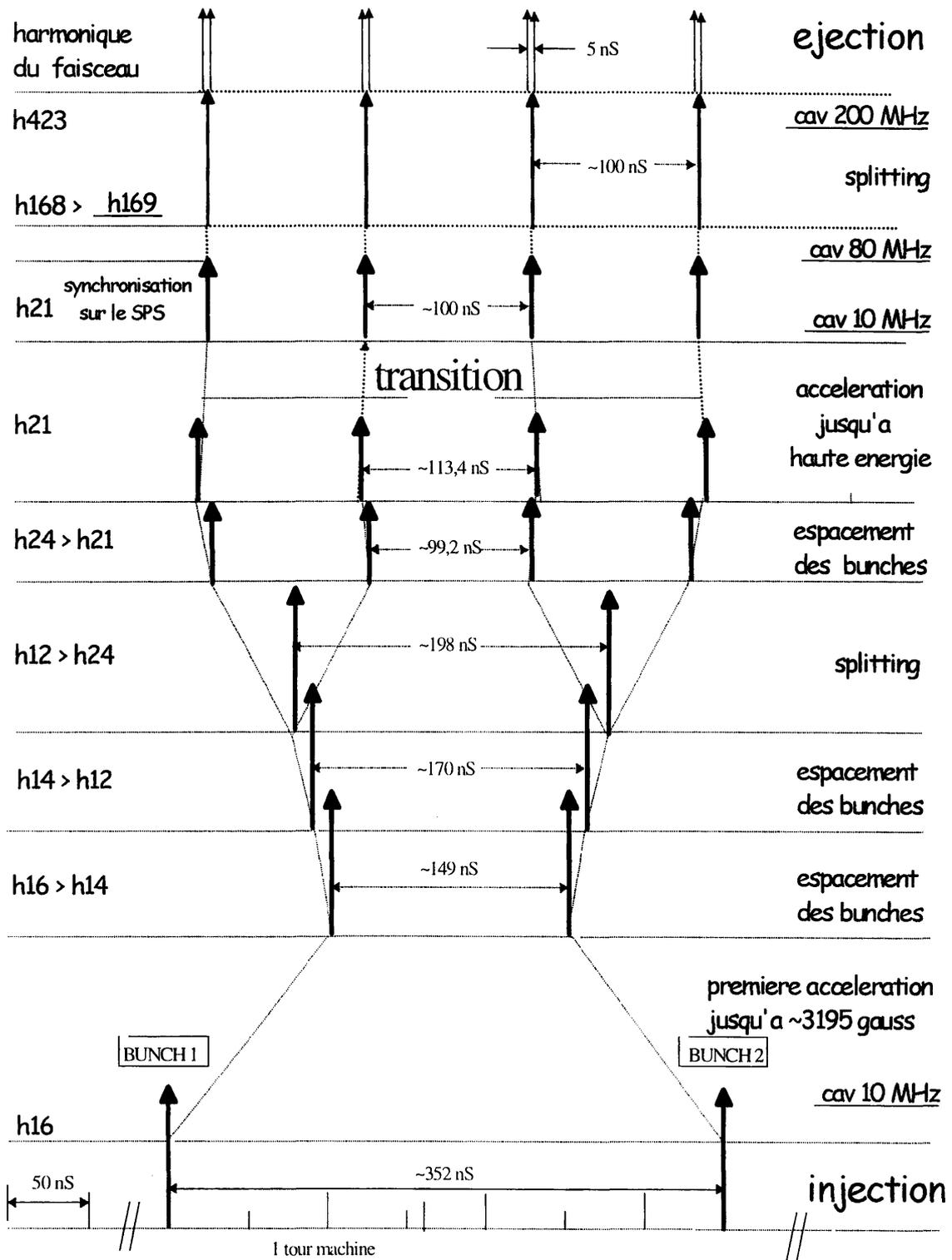
- Deux paquets distants de ~ 352 nS sont injectés dans le PS sur un palier magnétique. Leur fréquence de révolution est proche de 177,6 kHz. La capture sur l'harmonique 16 impose aux cavités 10 MHz une fréquence assez « basse » de $\sim 2,84$ MHz..

- Vient ensuite une première accélération jusqu'à un palier de 3195 gauss (gain de plus d'une octave en FREV : de 177 à 420 kHz) où est effectuée une première gymnastique. Celle-ci consiste à augmenter progressivement l'espacement des bunches (h16 \rightarrow h14 \rightarrow h12) puis à les partager en deux, sur l'harmonique 24, pour à nouveau procéder à un « espacement » sur l'harmonique 21.

- Les 4 paquets consécutifs sont ensuite accélérés, passent la transition, jusqu'au palier haute énergie où ils subissent alors leur seconde « gymnastique » RF.

- Les cavités 80 MHz (h169), à fréquence fixe, prennent le relais des cavités ferrite 10 MHz et associées aux cavités 200 MHz partagent à nouveau les paquets en deux : (harmonique finale 423)

Ce dernier processus est particulier car il n'implique pas de fréquence double l'une de l'autre. Enfin 8 paquets, synchronisés avec les trains RF du SPS, sont éjectés du PS : soit 4 groupes (espacés de ~ 100 nS) de paires de paquets (espacés de 5 nS).



mode d'acceleration des ions dans le PS

bunchesPIL.dsf
JLV 19juin2002

2. Constatations

La grande excursion de fréquence imposée pour l'accélération ne permet pas l'utilisation de la source horloge h128 telle qu'utilisée actuellement par les sources MHS du BC protons ($F_{REV} \text{ ejection} = 3 \times F_{REV} \text{ injection}$).

Le décalage en fréquence de révolution (élaboré pour les Beam Control Protons à sources RF multi-harmoniques) de 322,581 kHz limite l'usage à ces derniers.

La faible quantité de charge accélérée en ions et la grande dynamique de fréquence sont des paramètres déterminants.

Au début du palier haute énergie, une synchronisation fine (trains RF h 9, faisceau h21) précédée d'une synchronisation grossière en F_{REV} peut être envisagée.

47 et 9 sont les seuls diviseurs entiers de l'harmonique finale h423. (et non h169)

3. Les modules nécessaires

- * DDS HF new Direct Digital Synthesizer (HF)
 - pour la génération de l'horloge h128 $F_{max} = 61,1$ MHz
 - en tant qu'oscillateur local LO2 avec sortie à $F_{max} = 31,4$ MHzvoir spécifications aux chapitres suivants.
- * RTD RF TAGGING & DISTRIBUTION
 - pour le marquage de l'horloge h128 à la fréquence de révolution et sa distribution.
 - Il n'y a pas d'offset de fréquence contrairement aux protons.
 - Remarque : le nouveau système d'horloge h128 développé pour les ions pourra ultérieurement être utilisé pour les protons. (Economie d'une PLL et d'un translateur)
- * MULTI-PURPOSE DDS . new Multi-purpose Direct Digital Synthesizer
 - avec contrôle à distance de la phase de sortie
 - à sorties non retardées et sorties à retard programmable
- * RF DIVIDERS Division par 47, 9 et 11.
 - Avec synchronisation sur la fréquence de révolution du SPS au moyen d'un module SYNCHRO PERIOD GATE.
 - Rapport cyclique de sortie souhaitable à 50%
- * PLA implémentation du nouveau PLA en cours de réalisation. (Ismaël VADILLO)
- * PLL - Boucle à verrouillage de phase (ou TCXO) pour l'horloge 320 MHz
 - Boucle à verrouillage de phase pour donner l'harmonique h169 (CAV 80 MHz) multiplicatrice par 13 à partir d'une source MHS sur h13
 - Boucle à verrouillage de phase pour donner l'harmonique h423 (CAV 200 MHz) multiplicatrice par 47 à partir d'une source MHS sur h9
- * RF PROCESSOR : module à définir et à développer, avec filtre variable en fonction de l'énergie du faisceau (FI à 21,4 MHz, la fréquence RF sur l'harmonique 24 étant proche de 10,7 MHz)
- * Δ/Σ DEMODULATORS

Boucle radiale avec FI à 21,4 MHz

Modification du module qui fonctionne à FI=10,7 MHz.

* CRS h16&21 Réalisation de la somme des RF détectées h16 et h21

* SYNCHROS

Construction de modules de synchronisation pour l'injection et l'éjection (h1 et h9)

* CONTROLE DE PHASE : Différents modules de distribution des GFA (GFA Splitters)

4. Spécifications du DDS (HF)

Pondération

La pondération des bits est celle de l'ancien DDS, multipliée par 16.

bit		23 bits	DFP	Hz	"old" DDS	Hz	DDS HF	Hz	GND	34
							(160 MHz)		strobe	33
									GND	32
									MSB'	31
b22	MSB	23	312,500.000		10,000,000.000		80,000,000.000			30
b21		22	156,250.000		5,000,000.000		40,000,000.000			29
b20		21	78,125.000		2,500,000.000		20,000,000.000			28
b19		20	39,062.500		1,250,000.000		10,000,000.000			27
b18		19	19,531.250		625,000.000		5,000,000.000			26
b17		18	9,765.625		312,500.000		2,500,000.000			25
b16		17	4,882.813		156,250.000		1,250,000.000			24
b15		16	2,441.406		78,125.000		625,000.000			23
b14		15	1,220.703		39,062.500		312,500.000			22
b13		14	610.352	<i>direct ></i>	19,531.250	<i>direct ></i>	156,250.000			21
b12		13	305.176	<i>X</i>	9,765.625	<i>X</i>	78,125.000			20
b11		12	152.588	<i>32</i>	4,882.813	<i>8</i>	39,062.500			19
b10		11	76.294		2,441.406		19,531.250			18
b9		10	38.147		1,220.703		9,765.625			17
b8		9	19.073		610.352		4,882.813			16
b7		8	9.537		305.176		2,441.406			15
b6		7	4.768	nb:	152.588		1,220.703			14
b5		6	2.384	avec DAU;	76.294		610.352			13
b4		5	1.192	ou Shift 1R	38.147		305.176			12
b3		4	0.596	> X16)	19.073		152.588			11
b2		3	0.298	(16*8=128)	9.537		76.294			10
b1		2	0.149	h128 clock	4.768		38.147			9
b0	LSB	1	0.075		2.384		19.073			8
							9.537			7
							4.768			6
							2.384			5
								LSB'		4
								NC		3
en 23 bits	LSB	= Hz	312.5e3/2^22 0.074505806		1e7/2^22 2.384185791	en 23 bits	8e7/2^22 19.07348633		NC	2
								GND		1
								GND		
	LSB'	= Hz				en 27 bits	8e7/2^25 2.384185791		connecteur 3M34 configuration 27bits	No pin

Spécifications du DDS (HF)

Output Frequency range : Up to 80 MHz – Other applications up to 200 MHz

Output voltage : : +10 dBm in 50 Ω (2 Vpp)

Offset frequency

- Up to 21,4 MHz , added or subtracted from the dynamic frequency
- internally set by DIP switches and enabled by a FP Switch

Spurious & harmonic level : : -50 dBc (up to 80 MHz)

Control input : TTL 23 bits or more

Space : 1 NIM unit

Transfer function $f=f(W)$: linear

$$F_{RF} = f_{clk} * W / k$$

where:

f_{clk} - clock frequency

W - binary word

F_{RF} - generated frequency

k - Integer (power of 2)

$$f_{clk} = 10 \text{ MHz (atomic clock) } * 64 = 640 \text{ MHz}$$

5. MULTI-PURPOSE DDS

SPECIFICATIONS :

Cette nouvelle source de fréquence, multi-harmonique, est directement issue de celle utilisée pour les faisceaux AD et LHC protons. La particularité est la possibilité de contrôle dynamique de phase à distance.

Elle offrira la possibilité de sorties non retardées et retardées.

Une sortie non retardée sera utilisée pour l'excitation de la cavité, une sortie retardée sera utilisée pour la détermination de la phase RF /faisceau.

Frequency range : 2,8 to 10,7 MHz

$$F_{RF} = f_{clk} * h / 2^W$$

where:

F_{RF} - generated frequency

f_{clk} - clock frequency = 128* F_{REV}

W - phase accumulator width (old MHS $W=17$)

h - frequency word control

F_{REV} - Revolution frequency

Outputs

- voltage :

+10 dBm in 50 Ω (2 Vpp)

on 6 lemo Sine and cosine waveforms (delayed outputs)

6 lemo Sine and cosine waveforms (undelayed outputs)

-analogical test point proportional to the control word h

-analogous test point proportional to the phase control word

Control Inputs :

-Phase control word compatible with GFAS format

10 bit serial, Return to zero

-Clock frequency $f_{clk} = 128 * F_{REV}$, Tagged at the rev. frequency

-Frequency control word h compatible with GFAS format

-Blank input, TTL active high

- SGN input

- Delay on FP

- Azimuth on FP

Display : LED indicating a phase control word of zero

LED indicating an error in the transmission of h

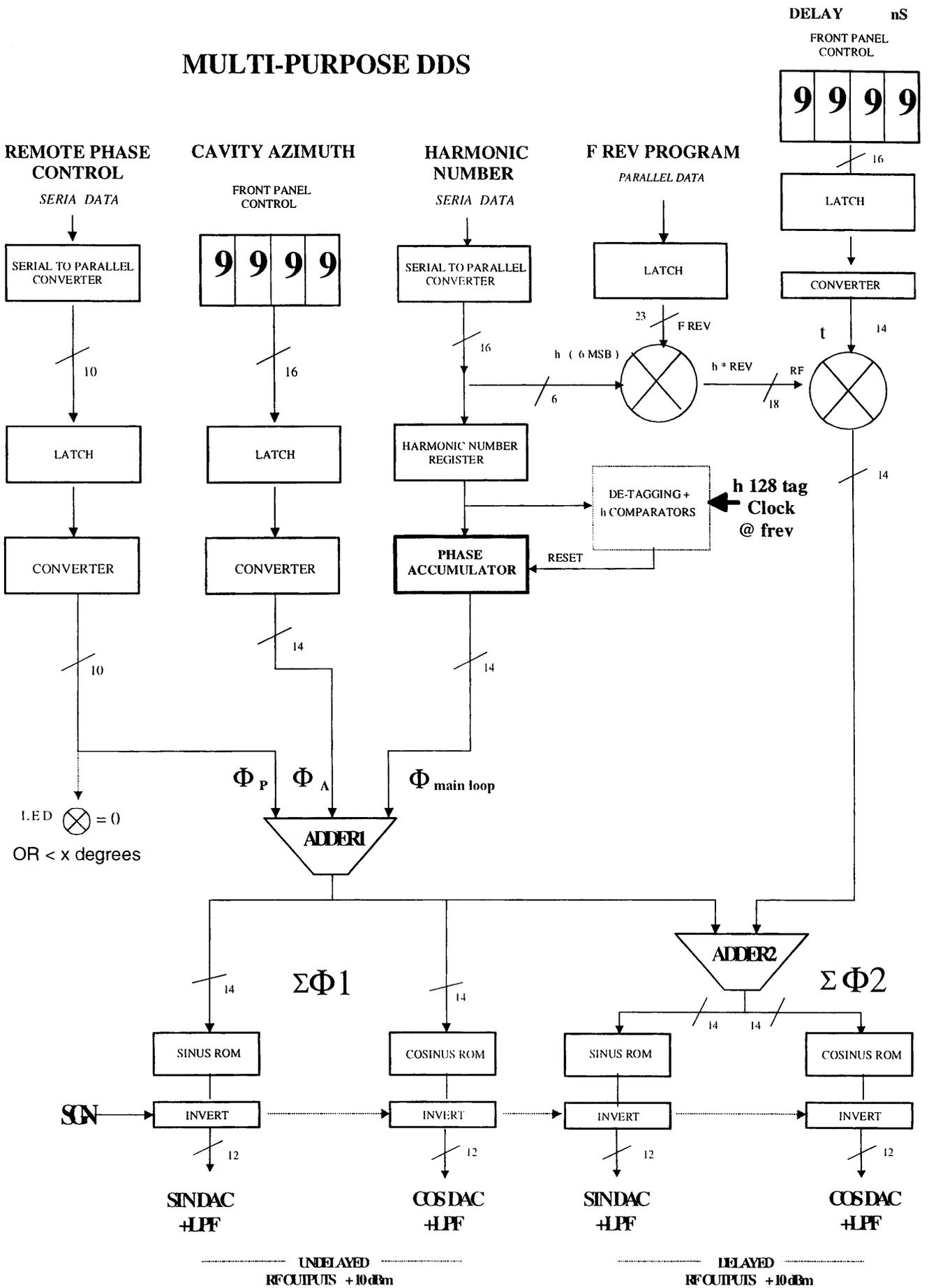
LED indicating a bad clock transmission

Harmonic level : -45 dBc

Spurious level : -50 dBc

Space : one slot wide NIM module

MULTI-PURPOSE DDS



6. Conclusion, remarques

Les développements et constructions sont nombreux du fait de la grande dynamique en fréquence pour l'accélération des ions.

La faible quantité de charge accélérée en ions et cette dynamique en fréquence imposent l'utilisation d'une PU de phase à grande sensibilité et spécialement dédiée.

La PU 13 autrefois utilisée pour la décélération des anti-protons pourrait-elle être adaptée aux paramètres des ions ?

Problème des transitoires aux changements d'harmonique. (16 > 14 > 12 > 24 > 21)

Dispositif de mesure de phase ou emploi d'un DPD ?

Toutefois ces travaux apportent des solutions à d'autres beam control :

-Un DDS HF associé à un DLP peut générer les fréquences h168 pour le beam control LHC en protons. (voir en annexe)

-La future horloge h128 des Ions pourra être également installée dans le BC LHC protons éliminant ainsi le dispositif d'offset de fréquence (PLL + TRANSLATOR)

Le dernier splitting sur l'harmonique h423 peut occasionner quelques difficultés: il n'existe pas dans la partie LL des cavités 200 MHz une vraie boucle de phase.

Les techniques de Splitting ou Merging pour lesquelles une boucle de phase revêt une importance particulière n'ont jamais été appliquées à de si faibles intensités; ce projet est donc un challenge..

7. Références :

PIL Design Report-PS RF Manipulations for Pb Ions. S. Hancock 2001

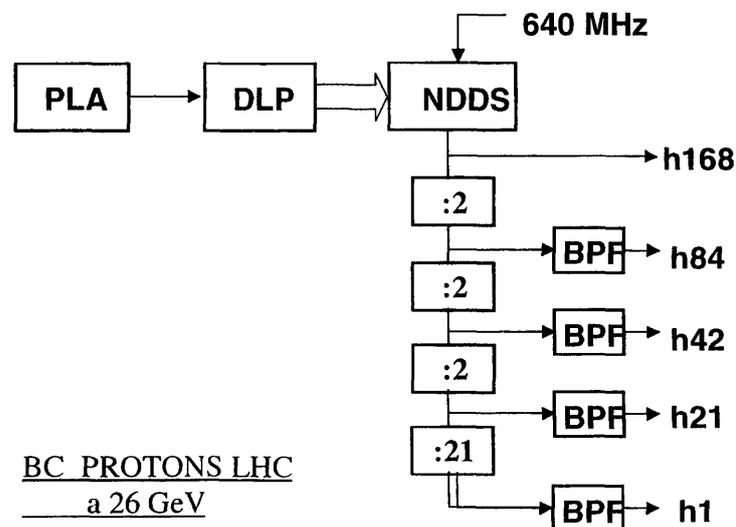
LEIR :THE LOW ENERGY ION RING AT CERN - Michel Chanel

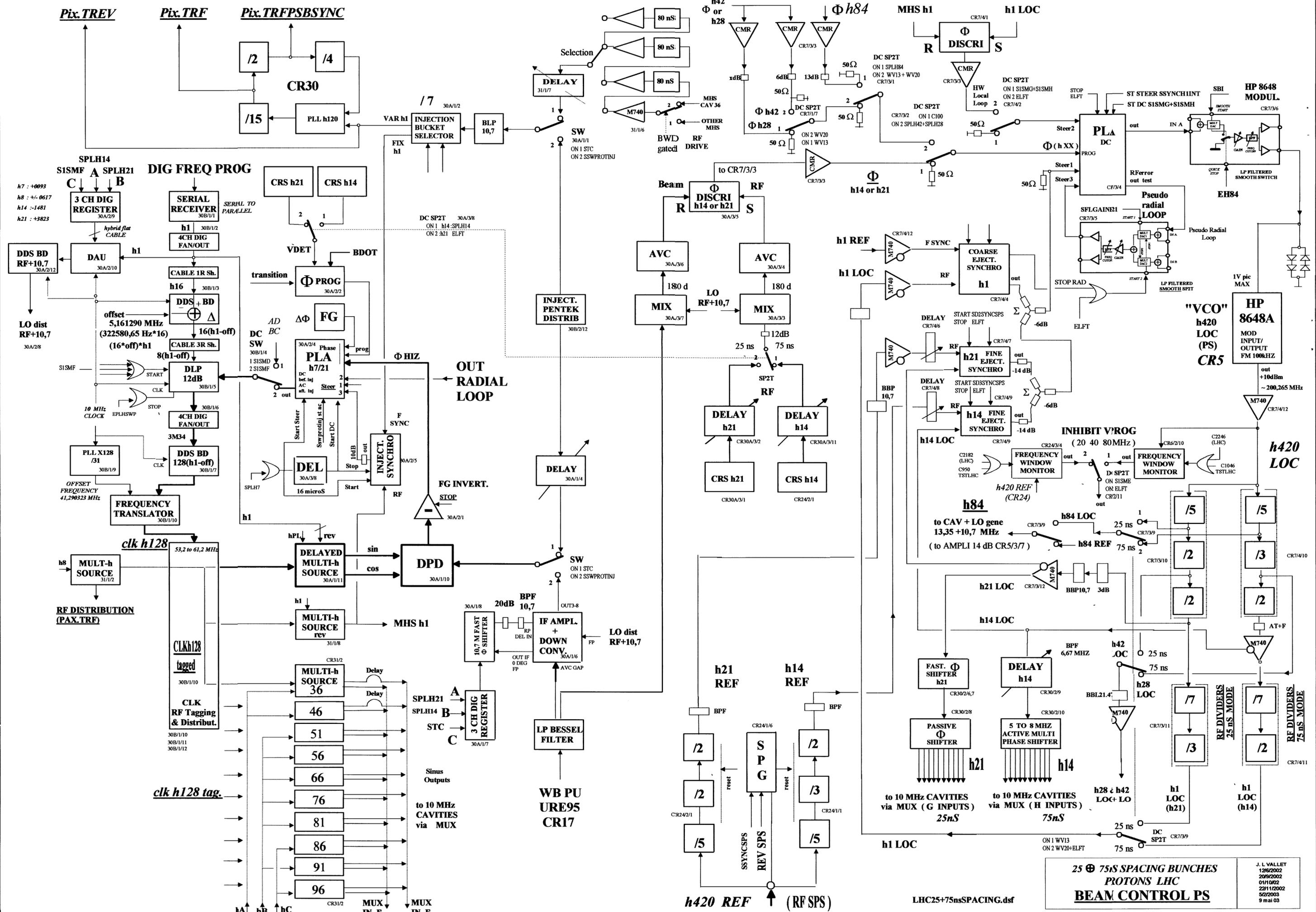
8. Annexes

* - proposition for Pb Ions Bunches génération for LHC.

* - BC protons LHC :

voir <<http://cern.ch/psrfl/synoptiques.htm>>

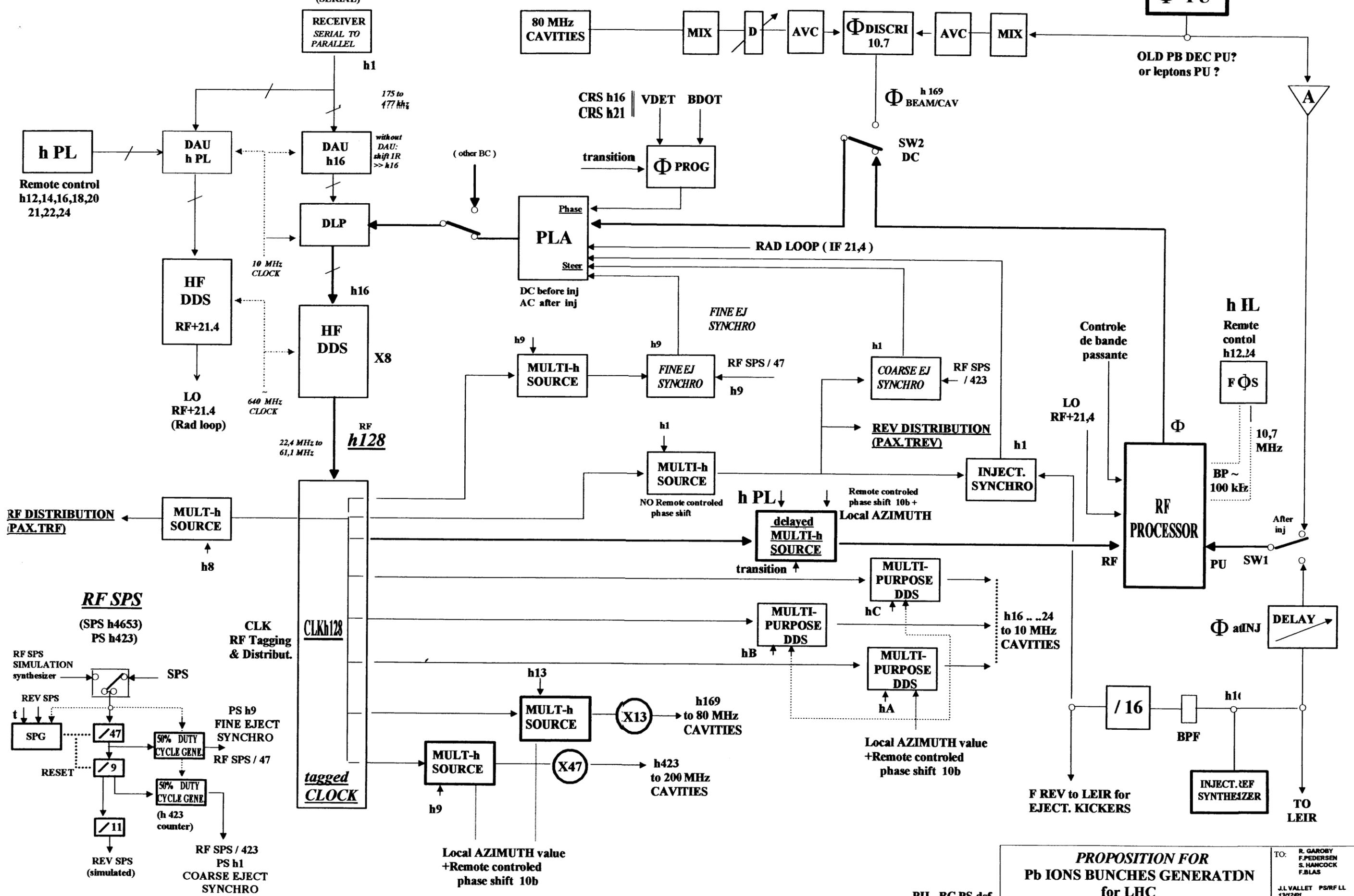




DIGITAL REVOLUTION
FREQUENCY WORD
(SERIAL)

PARTIE DU BC PROTONS (existant)

Φ PU



**PROPOSITION FOR
Pb IONS BUNCHES GENERATION
for LHC
Low Level RF PS**

PIL_BC PS.dsf

TO: R. GAROBY
F. PEDERSEN
S. HANCOCK
F. BLAS
J.L. VALLET PS/RFL
13/12/01
5/7/2002
18/10/2002