

## **CPS94-RF #6**

### **Réunion du 11/04/94**

Présents : M. Arruat, G.P. Benincasa, J. Boucheron, G. Daems, Y. Deloose, F. Di Maio, R. Garoby, M. Gourber, S. Hancock, W. Heinze, P. Maesen, F. Perriollat, C. Saulnier, C. Serre, C.H. Sicard, C. Steinbach, J.P. Terrier, J.L. Vallet

cc: J.M. Bouché, R. Cappi, G. Cyvoct, A. Fowler, B. Frammery, F. Giudici, D. Gueugnon, G. Metral, J. Lewis, R. Maccaferri, A. Nicoud, F. Pedersen, J.P. Riunaud, L. Sermeus,

---

#### **Ordre du jour :**

- Génération de fonctions périodiques par un GFAS. (S. Hancock & M. Gourber)
  - Système de mesure actuel concernant les équipements RF (G.P. Benincasa)  
& quelques idées préliminaires sur le système futur (R. Garoby)
- 

#### **1. Génération de fonctions périodiques par un GFAS**

La modulation de phase de la RF à 200 MHz, pour les besoins des blow-up longitudinaux, nécessite une fonction analogique de type "burst sinusoïdal". Le début et la fin de ce "burst" sont définis par des impulsions de timing. Cette fonction est actuellement remplie par des "FFG" (Fast Function Generators), qu'il est fortement souhaitable de remplacer par des équipements plus standards et plus surs.

Le GFAS étant pourvu de la capacité de générer une fonction récurrente, il est logique d'analyser s'il est en mesure de couvrir ce besoin (spécifications dans le tableau qui suit).

<b>Paramètre</b>	<b>Plage de valeurs</b>	<b>Précision</b>
Type de fonction	sinus Start & Stop par impulsion	
Fréquence	0.1 à 20 kHz	1 %
Amplitude	0 à 5 V crête	10 <sup>-3</sup>
Phase	-90 à 90 degrés	+/- 1 degré

### 1.1 Etude de faisabilité par S. Hancock (transparents en annexe 1)

Les points essentiels relevés par Steve sont les suivants:

- pour atteindre une précision de 1 % même à la plus haute fréquence, il faut que la fonction contenue dans la mémoire du GFAS soit plus longue que 100 périodes d'horloge ( $> 500 \mu\text{s}$ ) (A1-2).
- le GFAS est imparfait (!) et la fonction présente un "plateau" de 10  $\mu\text{s}$  avant de reprendre sa valeur initiale (A1-3). Les conséquences en sont tolérables (A1-4 à 8).
- des mesures sur un GFAS confirment cette analyse, mais mettent aussi en évidence un défaut de l'équipement, sous la forme d'un "glitch" important lors du passage par zéro descendant (A1-9). Problème soumis aux spécialistes CO...

### 1.2 Aspect contrôle par M. Gourber (transparents en annexe 2)

- Méthode et moyens du test avec un GFAS réel (A2-2). Le mode "low jitter" n'était pas employé.
- Réflexions sur le logiciel à mettre en oeuvre pour l'implémentation définitive (A2-3). Marine souligne les exigences particulières pour la génération simultanées de sinus et cosinus (2 GFAS contrôlés de façon couplée).

### 1.3 Conclusion

- *Le GFAS est une solution convenable pour la génération de fonctions périodiques, telles qu'elles sont requises pour la tranche RF du PS. Sauf réaction rapide et négative de la part des spécialistes CO, c'est cette solution qui sera implémentée dans le lay-out RF. Les solutions logicielles à mettre en oeuvre restent à définir, et une proposition devra être élaborée puis présentée par l'équipe du groupe CO avant fin mai.*

## 2. Système de mesure concernant les équipements RF

### 2.1 Système actuel par G.P. Benincasa (transparents en annexe 3)

La présentation de Gian-Paolo est basée sur un document qu'il a écrit en 1988 et qui est annexé à ces minutes (annexe 3). Le système décrit remplit complètement un Crate CAMAC, et fait appel à un logiciel temps réel complexe (effort estimé à environ 3 homme.années). Les mesures effectuées concernent la quasi-totalité des installations RF du PS (A3-1), et elles sont répétées au rythme de 12 mesures par cycle (A3-2) (certains sont fixes, d'autres sont mobiles à volonté). Les résultats sont disponibles:

- sur un "display" vidéo local, qui réunit sous une forme condensée l'essentiel des informations nécessaires à un spécialiste RF (fréquences, tensions, matrice, nombres harmoniques,... à certains instants).
- sur les TV couleurs des consoles, via des programmes d'application spécifiques, sous forme de "Bar graph" et alphanumérique.

## 2.2 Idées préliminaires sur le système futur par R. Garoby (transparents en annexe 4)

Le système actuel a été défini à une époque où le PS faisait preuve d'une flexibilité d'opération sans précédent, avec une multiplication rapide des "gymnastiques RF" et une variété croissante de nombres harmoniques... Les objectifs fixés ont été parfaitement couverts, mais les moyens adoptés reflètent la technologie de l'époque (sic...). Les besoins demeurent comparables (A4-1), mais l'expérience acquise et les caractéristiques des dispositifs électroniques actuellement disponibles permettent d'envisager des améliorations notables.

La proposition, schématiquement décrite en A4-1 et 2, consiste à:

- intégrer dans un seul châssis VME l'ensemble des dispositifs de mesure: vitesse optimum de communication avec le DSC, et pas d'autre bus ni appareil de mesure à gérer.
- acquérir chaque milliseconde (train C), durant la partie active du cycle (~ PX.SBI à PX.ELFT), la totalité des mesures et les stocker en mémoire par le DSC, pour accès ultérieur par l'"equipment module".
- renoncer à disposer d'instantanés de mesures ajustables avec une résolution meilleure que 1 ms.

La fiabilité est l'objectif prioritaire, et elle sera d'autant mieux assurée que les spécifications seront simples à énoncer, et le mode de fonctionnement répétitif ! Un effet bénéfique annexe espéré, est que le temps de développement puisse être court, pour disposer d'un système opérationnel dès le démarrage 95.

*La concertation avec les spécialistes CO va se poursuivre pour choisir les modules et s'assurer de la faisabilité. A. Campbell (boursier dans le groupe RF à partir d'août 94) est susceptible de contribuer à l'écriture et à la mise au point du logiciel. La version définitive du layout de ce système doit être présentée avant la fin mai.*

### **Prochains rendez-vous (changement de date par rapport au compte-rendu précédent):**

**-1)** Mardi 19 avril 1994  
14 h  
Grande salle de conférence PS

#### **Ordre du jour:**

- La "perturbation radiale" (C. Steinbach)
  - Proposition pour la génération des programmes de tension des cavités à ferrite (R. Garoby)
- 

**-2)** Mardi 3 mai 1994  
14 h  
Grande salle de conférence PS

#### **Ordre du jour:**

- Contrôles et acquisitions sur les systèmes de puissance (P. Maesen)
- Proposition pour la génération des programmes de tension des cavités 200 MHz (S. Hancock)

Q. Can GFAS's replace FFG's for the phase modulation of the 200 MHz cavities during longitudinal blow-up?

I.E.

Can the "recurrent" feature of a GFAS be exploited to generate a sine wave burst of sufficient quality?

A. { Yes... - Steve Hancock  
Control aspects - Marine Gourber

The generation of a periodic function to an accuracy of  $\pm \frac{1}{2}\%$  in frequency may be achieved by tabulating the function over  $\geq 100$  clock periods which, at the highest frequencies, implies a data table spanning more than one period.

PROOF: If  $p$  is the number of periods, we choose the total number of clock periods (summing over all vectors) to be the nearest corresponding integer

$$\Sigma c = \text{Int} \left( \frac{p f_{\text{clk}}}{f} + 0.5 \right) \quad (1)$$

Then the true frequency generated is not  $f$  but

$$f' = p f_{\text{clk}} / \Sigma c$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta f}{f} = \frac{x}{\text{Int}(x + 0.5)} - 1 \quad \text{writing } x = p f_{\text{clk}} / f$$

$$\therefore \left| \frac{\Delta f}{f} \right| \leq 0.005 \Rightarrow x \geq 99.5 \Rightarrow p = \text{Int} \left( \frac{99.5 f}{f_{\text{clk}}} \right) + 1 \quad (2)$$

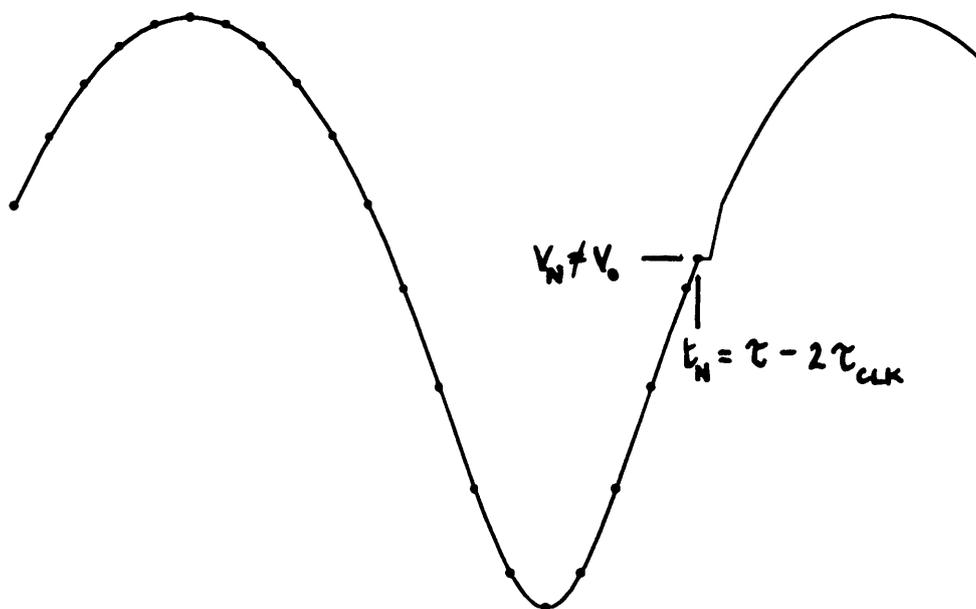
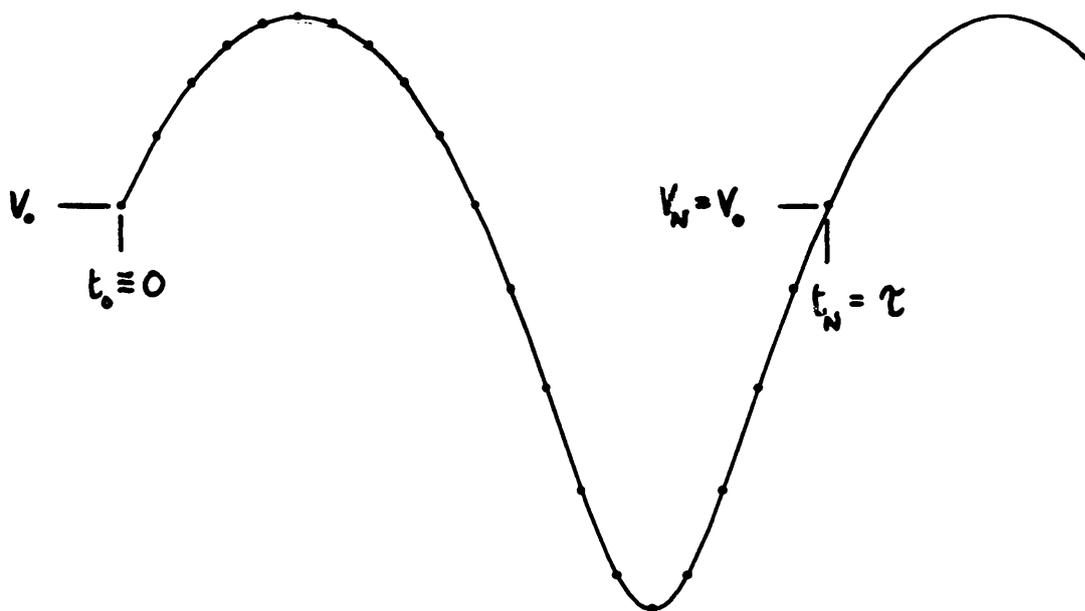
$$\Rightarrow \Sigma c \geq 100$$

ALGORITHM: Equations (1), (2) underpin any practical algorithm. It remains to choose the number and position of the vectors. The number of vectors per generated period is limited at the highest frequencies by the clock period.

Generating 1 vector every clock period at  $f = 20 \text{ kHz}$  ( $\Rightarrow p = 10, \Sigma c = 100$  given  $f_{\text{clk}} = 200 \text{ kHz}$ ) gives 10 vectors per period (minimum) sampling is quite reasonable, as is the corresponding (maximum) number of vectors, viz 100 (a GFAS can handle 510).

CONCLUSION: It seems entirely feasible to generate periodic functions in the frequency range  $[100 \text{ Hz}, 20 \text{ kHz}] \pm \frac{1}{2}\%$  using a GFAS. An algorithm which samples the function at evenly-paced points would appear trivial, but more sophisticated ones may be considered.

SJM



We can live with non-zero  $V_0 \Rightarrow$  generate cosine for conventional blow-ups.

BUT:

$$\begin{array}{c} \sin \omega_{LF} t \cdot \cos \omega_{RF} t + \cos \omega_{LF} t \cdot \sin \omega_{RF} t = \sin(\omega_{RF} + \omega_{LF}) t \\ \uparrow \qquad \qquad \qquad \uparrow \end{array}$$

```

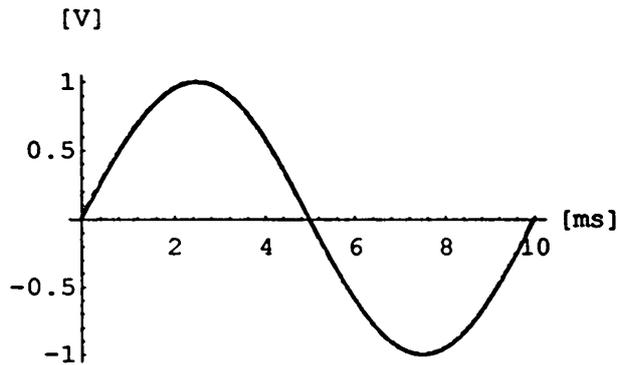
fClock=200 10^3; fMax=20 10^3;
nPeriods[fDesired_] := Floor[ 99.5 fDesired/fClock ] + 1
nClocks[fDesired_] := Floor[ nPeriods[fDesired] fClock/fDesired + 0.5 ]
fGenerated[fDesired_] := fClock nPeriods[fDesired]/nClocks[fDesired]
nVectors=nClocks[fMax];
dataInput[aDesired_, fDesired_?(#<=fMax&), phase0_] :=
Module[{
  omega=2Pi fGenerated[fDesired],
  t=Table[Evaluate[
    phase0/(2Pi fGenerated[fDesired]) + 3/(2fClock) +
    Floor[i (nClocks[fDesired]-3)/(nVectors-3) + 0.5]/fClock],
    {i, 0,nVectors-3}
  ]
},
Append[
  Table[
    {1000 (t[[i]]-First[t]), aDesired Sin[ omega t[[i]] ]},
    {i, nVectors-2}
  ],
  {1000 (Last[t]+1/fClock-First[t]), aDesired Sin[phase0]}
]
]

```

```

dataOutput[dataIn_List] := Module[{ms, volts, ms0,
functionInput=Interpolation[dataIn, InterpolationOrder->1]},
{ms, volts}=Transpose[
Append[Append[dataIn,
{Last[dataIn][[1]]+1000/fClock, Last[dataIn][[2]]}],
{Last[dataIn][[1]]+2000/fClock, First[dataIn][[2]]}]
];
Do[
ms0=Last[Flatten[ {ms[[i-1]]} ]];
ms=ReplacePart[ms,
Table[ms0 + j 1000/fClock,
{j, Floor[(ms[[i]]-ms0) fClock/1000 + 0.5]}
],
i
];
volts=ReplacePart[volts,
functionInput[ ms[[i]] ],
i
],
{i, 2, Length[dataIn]}
];
Transpose[ {Flatten[ms], Flatten[volts]} ] ]
ListPlot[dataOutput[ dataInput[1, 100, 0] ],
PlotJoined->True, AxesLabel->{"[ms]", "[V]"}];

```

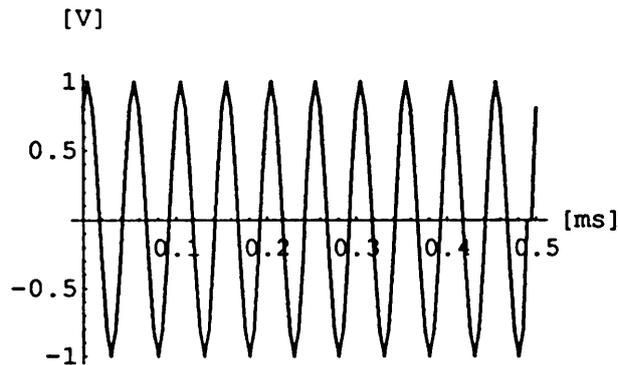


100 Hz, Sin

```

ListPlot[dataOutput[ dataInput[1, fMax, 0] ],
PlotJoined->True, AxesLabel->{"[ms]", "[V]"}];

```

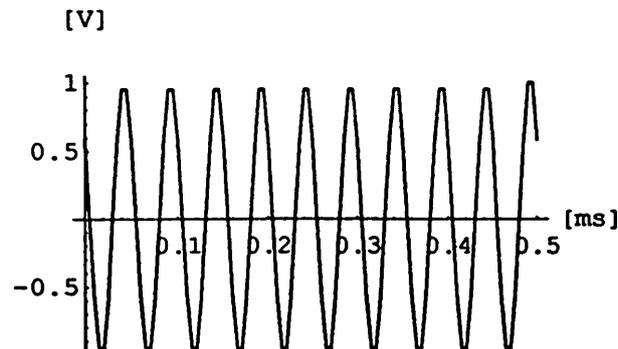


20 kHz, Sin

```

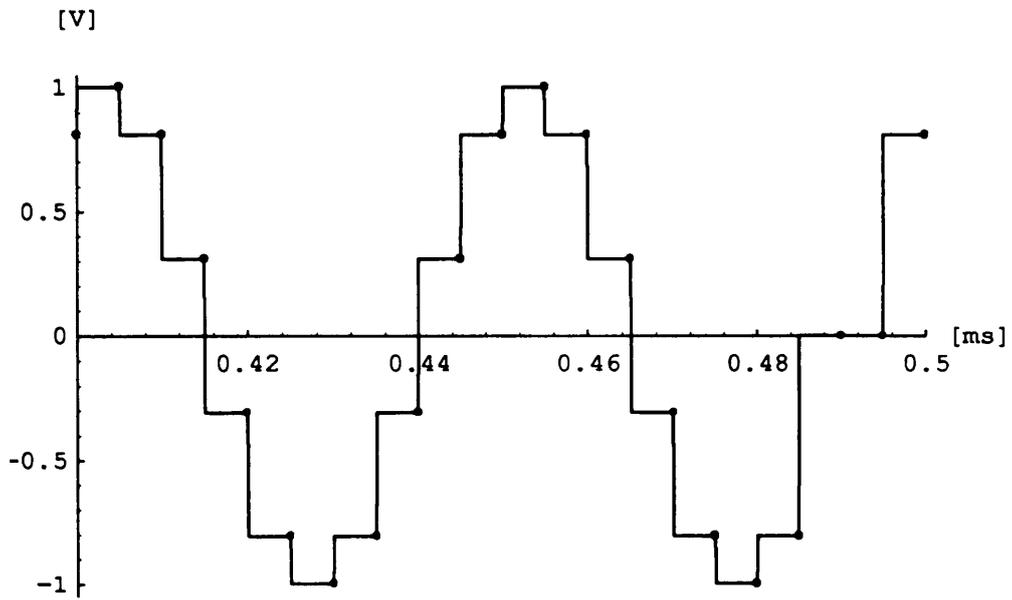
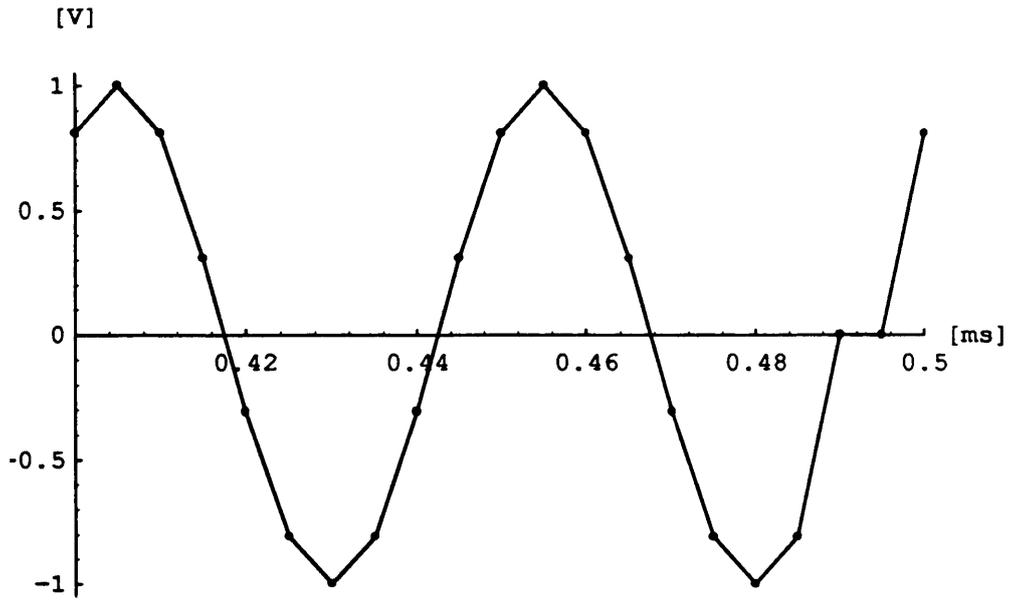
ListPlot[dataOutput[ dataInput[1, fMax, Pi/2] ],
PlotJoined->True, AxesLabel->{"[ms]", "[V]"}];

```



20 kHz, Cos

A1-5

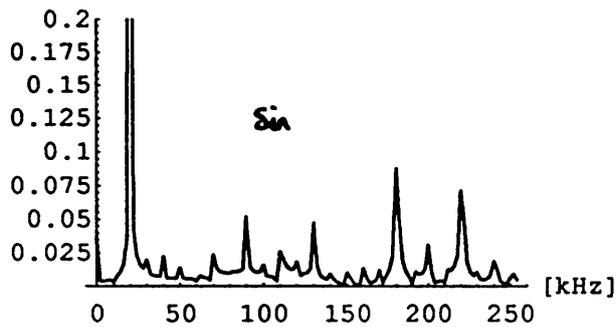


A1-6

```

functionOutput[t_, dataOut_List] :=
  Interpolation[dataOut, InterpolationOrder->0
  ][Mod[ t-First[dataOut][[1]], Last[dataOut][[1]]-First[dataOut][[1]] ]
  + First[dataOut][[1]]]
dataFourier[nSamples_Integer, tMin_, tMax_, dataOut_List] :=
  Module[{
    f=Table[(i-1)/(tMax-tMin), {i, nSamples/2}],
    dataTransformed=Fourier[
      Table[Evaluate[ functionOutput[t,dataOut] ],
        {t, tMin,tMax, (tMax-tMin)/(nSamples-1)}
      ] //N]
  },
  Transpose[{
    f,
    Take[dataTransformed, nSamples/2] / Max[Abs[ dataTransformed ]]
  }
  ]
]
ListPlot[
  Abs[ dataFourier[256, 0, nPeriods[fMax] 1000/fMax,
    dataOutput[dataInput[1,fMax,0]] ]],
  PlotRange->{0,0.2}, PlotJoined->True, AxesLabel->{"[kHz]", ""}];

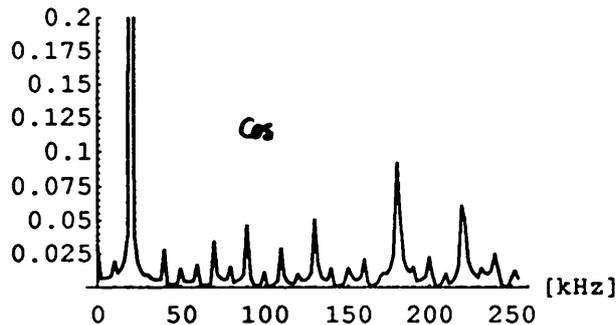
```



```

ListPlot[
  Abs[ dataFourier[256, 0, nPeriods[fMax] 1000/fMax,
    dataOutput[dataInput[1,fMax,Pi/2]] ]],
  PlotRange->{0,0.2}, PlotJoined->True, AxesLabel->{"[kHz]", ""}];

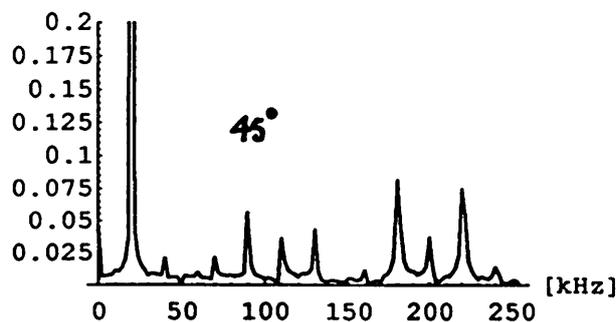
```



```

ListPlot[
  Abs[ dataFourier[256, 0, nPeriods[fMax] 1000/fMax,
    dataOutput[dataInput[1,fMax,Pi/4]] ]],
  PlotRange->{0,0.2}, PlotJoined->True, AxesLabel->{"[kHz]", ""}];

```

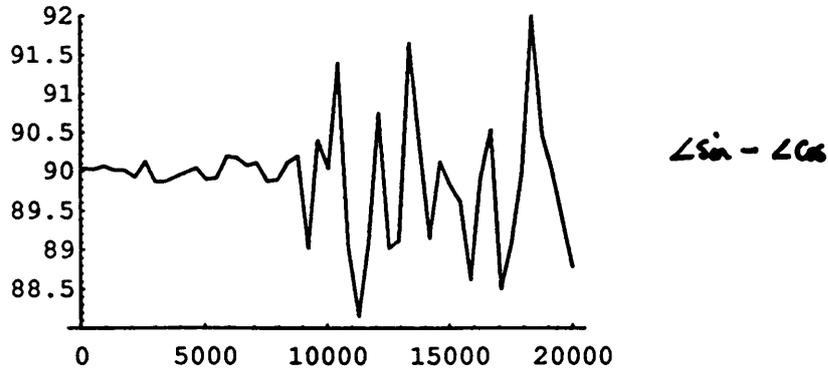


A1 - 7

```

phaseFourier[f_, dataF_List] :=
  Arg[
    Flatten[ Select[dataF, (First[#]==f/1000)& ][[2]]
    ]
  ]
Plot[(phaseFourier[
  f, dataFourier[256, 0, nPeriods[f] 1000/f,
    dataOutput[ dataInput[1,f,0] ] ]
] -
  phaseFourier[
    f, dataFourier[256, 0, nPeriods[f] 1000/f,
      dataOutput[ dataInput[1,f,Pi/2] ] ]
  ]) / Degree,
  {f, 100, fMax}, PlotRange->{88,92}, PlotDivision->1];

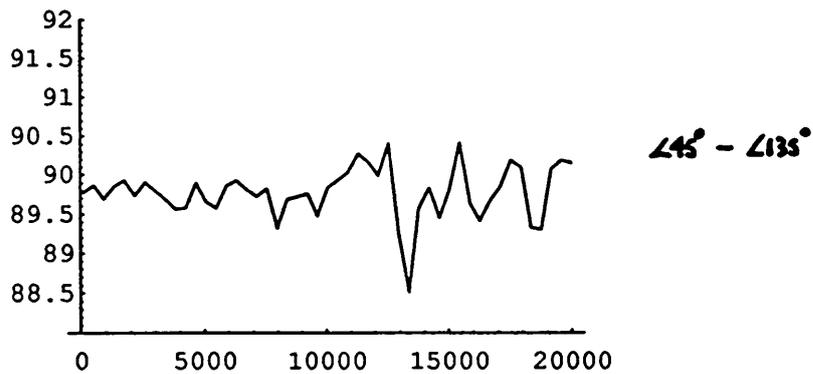
```



```

Plot[(phaseFourier[
  f, dataFourier[256, 0, nPeriods[f] 1000/f,
    dataOutput[ dataInput[1,f,Pi/4] ] ]
] -
  phaseFourier[
    f, dataFourier[256, 0, nPeriods[f] 1000/f,
      dataOutput[ dataInput[1,f,3Pi/4] ] ]
  ]) / Degree,
  {f, 100, fMax}, PlotRange->{88,92}, PlotDivision->1];

```



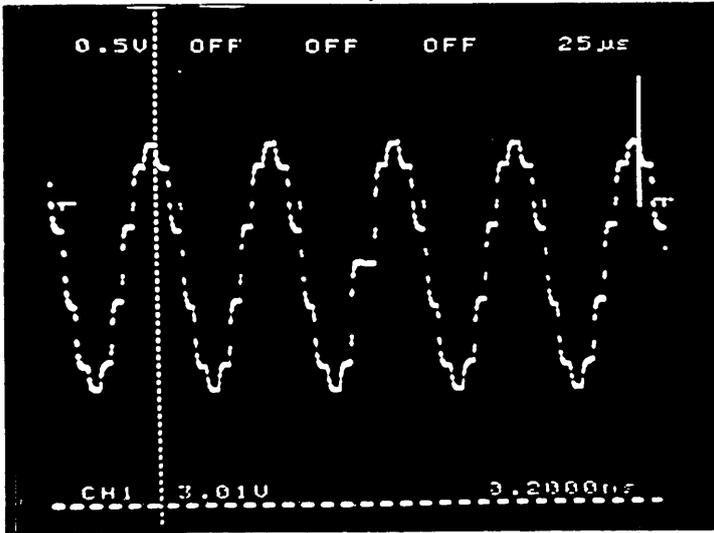
CONCLUSION :

$\sin \Rightarrow \cos$

$\sin \& \cos \Rightarrow 45^\circ \& 135^\circ$

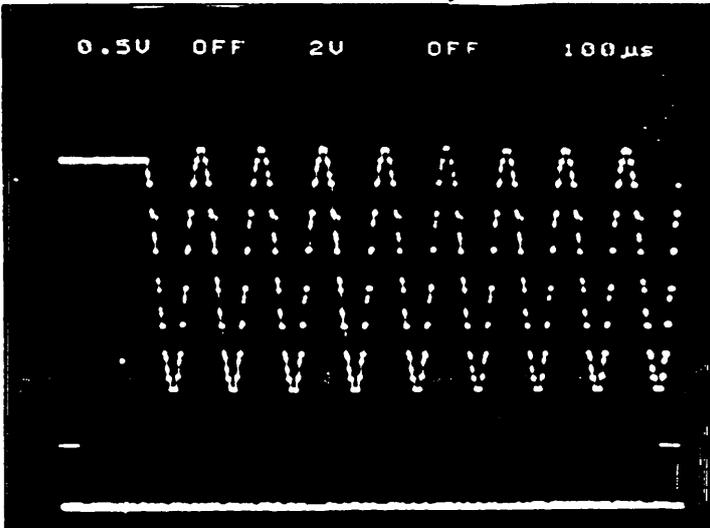
A1 - 8

↓ 10 periods



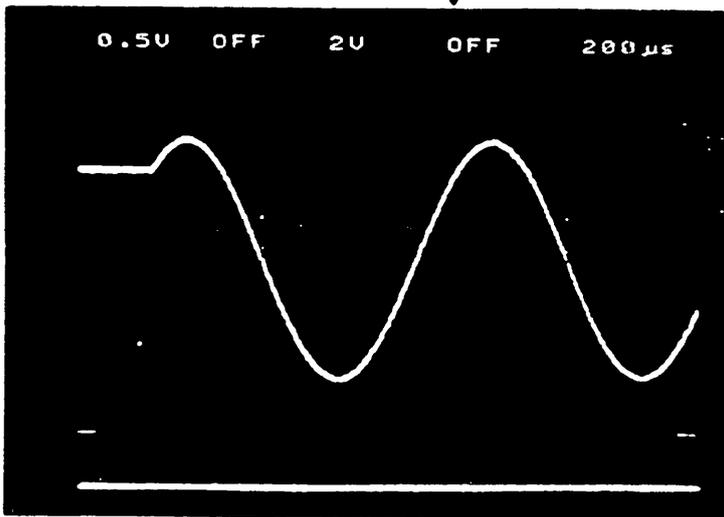
20 kHz, sin

↓ 5 periods



10 kHz, cos

↓ 1 period



1 kHz, 45°

A1-9

CHAPITRE 1  
LOOP 2 - CRATE 15  
LISTE DES SYSTÈMES DE MESURE

1) TENSIONS GAPS (12)	9.5 MHZ	PROGRAMMES
2) TENSIONS GAPS (12)	9.5 MHZ	MESURES
3) SOMME TENSION GAPS (1)	9.5 MHZ	MESURE
4) SOMME TENSION GAPS (1)	200 MHZ	MESURE
5) TENSION GAPS (2)	114 MHZ	PROGRAMMES
6) TENSION GAPS (2)	114 MHZ	MESURE
7) SOMME TENSION GAPS (1)	114 MHZ	MESURE
8) FREQUENCES CAVITES (1)	9.5 MHZ	MESURE
9) FREQUENCE CAVITES (1)	200 MHZ	MESURE
10) PHASE INTER.-CAVITES (1)	9.5 NHZ	MESURE
11) MESURE FREQ. REV. (1)		MESURE
12) NOMBRE HARMONIQUE (12)		MESURE
13) EFFICACITE CAPTURE (1)		MESURE

## GÉNÉRALITÉS SUR LES MESURES RF

A) Les treize types de mesures contrôlées par le CRATE 15 (LOOP 2) ont en commun, deux caractéristiques:

- elles sont PPM, c'est-à-dire elles peuvent être obtenues sur un cycle d'opération donné.
- elles se font selon la technique multi-trigger, appelée MTIM.

Le système MTIM permet d'obtenir jusqu'à un maximum de 12 (douze) mesures indépendantes dans un même cycle machine. Les 12 "canaux" de mesure peuvent être repartis entre différents utilisateurs (consoles) de façon à rendre l'instrument multi-user.

Les instants de mesure peuvent être spécifiés en:

- Train C (Train D pour le PSB)
- Train B montant
- Train B descendant.

Le système MTIM est décrit dans les documents suivants:

- G.Benincasa, F.Giudici, N.Volgt-Nilsen  
A Multi-user microprocessor based measurement system for the CERN PS Accelerator Complex - CERN PS/84-02
- Documentation Standard de l'Equipment Module MTIM  
EM no. 71 de N.Volgt-Nilsen.

Ces deux documents se trouvent à la fin de ce classeur.

B) Les systèmes de mesure de la radiofréquence du PS sont souvent liés à d'autres systèmes RF qui, évidemment, ne sont pas décrits ici.

Pour ce qui concerne le layout de contrôle de tous les systèmes RF, on peut se référer à la note:

- G.Benincasa, G.Surback  
"Layout de l'Interface de Contrôle pour la Radiofréquence du PS"  
PS/CO/Note 84-06

**IMPORTANT:** Tout le long de ce classeur, chaque référence à la note susmentionnée, se fera par l'indication (RF-LAYOUT).

- 1) TENSIONS GAPS 9.5 MHZ - PROGRAMMES
- 2) TENSIONS GAPS 9.5 MHZ - MESURES

Le système d'accélération du PS comprends 11 cavités RF:

- 10 cavités sont normalement en opération.
- la cavité no. 11 (SPARE) qui peut prendre la place de n'importe quelle autre cavité.

Une cavité de RESERVE (CAVITE R) est prévue pour l'avenir. Chaque cavité reçoit une Tension accélération fournie par un générateur de fonction approprié (RF-LAYOUT). La valeur la plus élevée pour la Tension d'accélération pour une cavité est de 20 KV.

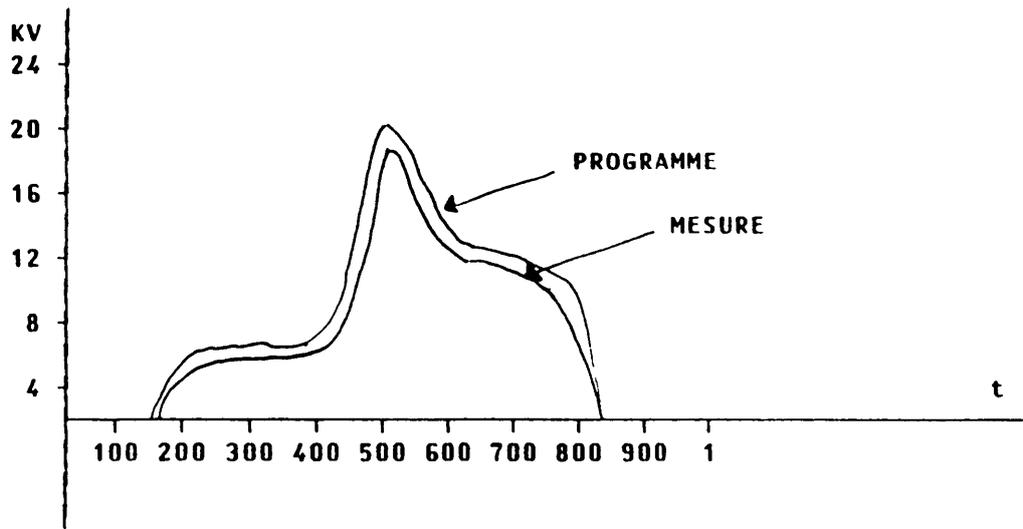
Il y a au total 8 générateurs de fonctions (PROGRAMMES) travaillant en PPM, ce qui permet de faire fonctionner chaque cavité RF et à chaque cycle, avec la forme de Tension la plus appropriée pour l'opération en cours.

Il est aussi possible de mesurer la tension effectivement appliquée à chaque cavité (MESURES).

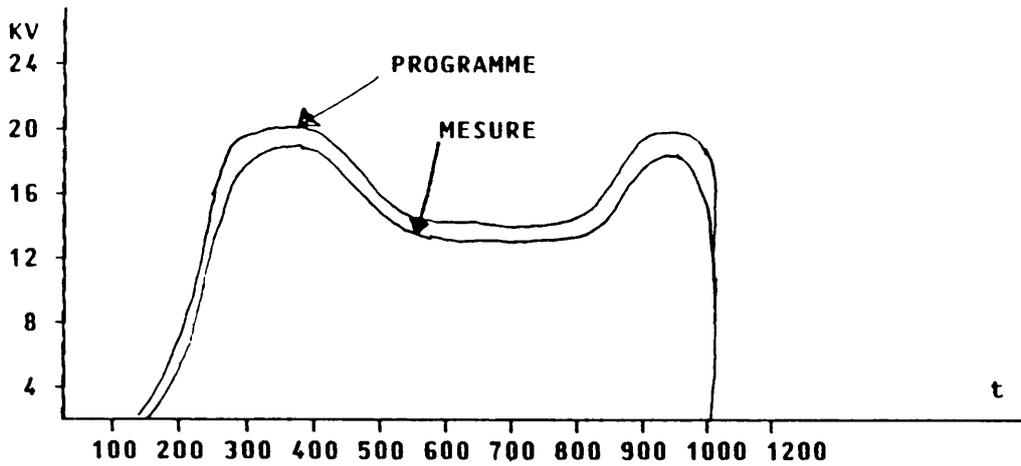
Les valeurs de Tensions PROGRAMMES et MESURES devraient évidemment être identiques à chaque instant de mesure: dans la pratique, à cause des calibrations, on peut trouver des petites différences comme on peut le vérifier dans les relevés annexes.

CYCLE SFT (33)  
CAV 46 ANALOG LINE 5

07.04.1988



CYCLE PHY 25  
CAV 46 ANALOG LINE 1



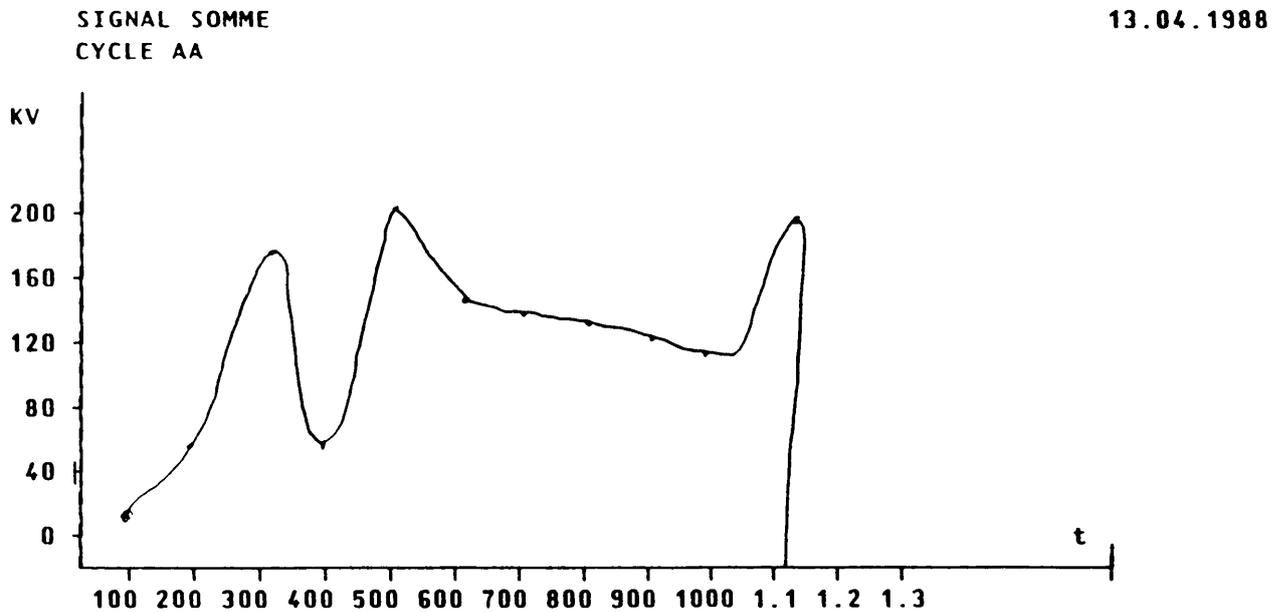
A3-4

### 3) SOMME DES TENSIONS SUR LES "GAPS" 9.5 MHZ

Un signal SOMME des 12 Tensions analogiques appliquées aux 12 cavités est ainsi disponible.

Cette mesure permet, à chaque instant du cycle machine, de connaître la tension d'accélération totale que les protons reçoivent à chaque tour de l'accélérateur.

En condition parfaite de calibration, ce signal doit être identique à la somme obtenue avec les 12 signaux fournis par les systèmes 1) et 2).



A3-5

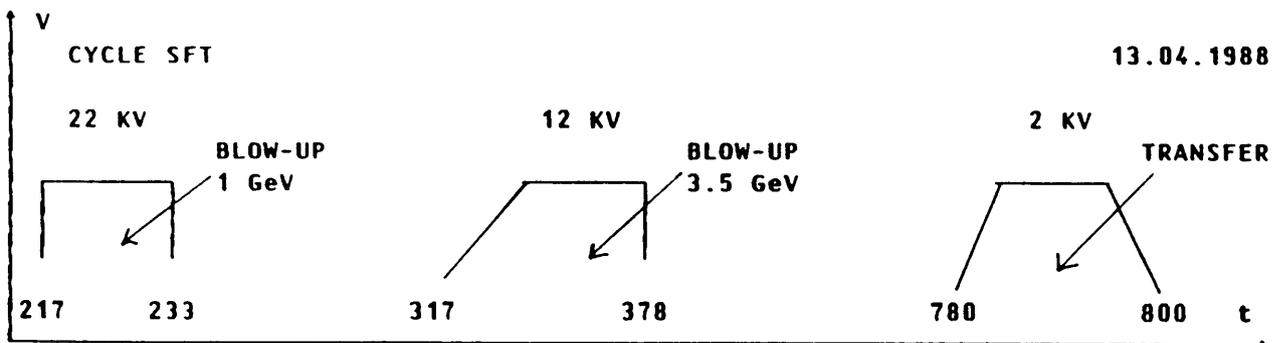
#### 4) SOMME DES TENSIONS SUR LES "GAPS" 200 MHZ

Le système 200 MHz comporte 8 cavités (RF-LAYOUT) qui jouent deux rôles:

- grouper le faisceau sur l'harmonique 420, avant le transfert continu vers le SPS,
- combattre les instabilités qui se produisent dans le faisceau de protons à haute intensité (BLOW-UP).

La somme des tensions analogique sur les 8 cavités est effectuée dans l'interface spécifique RF et elle est disponible pour la mesure.

REMARQUE: La mesure de la Tension analogique pour chaque cavité est aussi disponible: le système de mesure correspondant est contrôlé dans le CRATE 16 de la LOOP 2 (voir le classeur de documentation correspondant).

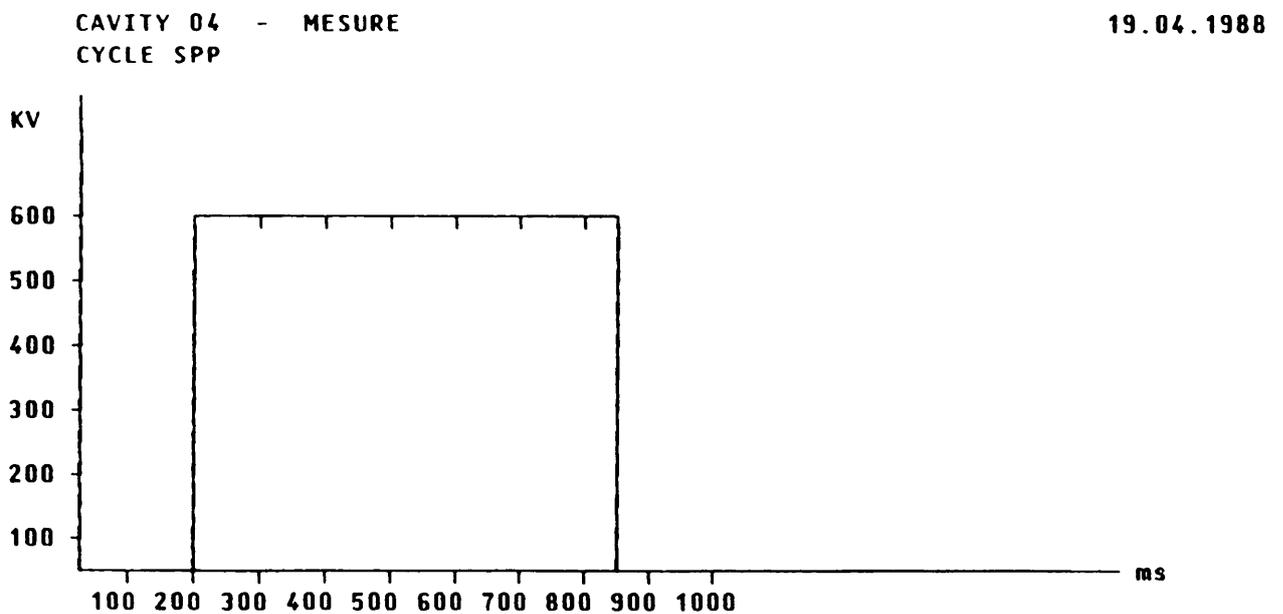


A3 - 6

- 5) TENSIONS SUR LES "GAPS" 114 MHZ - PROGRAMMES  
6) TENSIONS SUR LES "GAPS" 114 MHZ - MESURES

Le système 114 MHZ est utilisé pour accélérer des électrons et des positons dans le PS avant de les envoyer au SPS.

Il se compose de deux CAVITES RF (CAVITE 04 et 10). Le signal analogique de la Tension MESURE peut être mesuré pour chaque cavité.



A3 - 7

### 7) TENSION SOMME SUR LES CAVITÉS 114 MHZ

Comme pour les autres systèmes de cavités RF, un signal SOMME des Tensions sur les deux cavités 114 MHZ est disponible pour les mesures.

La valeur obtenue à chaque instant de mesure représente la Tension totale accélératrice que les électrons (ou les positons) subissent à chaque tour du PS.

## 8) FRÉQUENCE CAVITÉS 9.5 MHZ

Le système des cavités "dit" 9.5 MHZ peut travailler en effet à des fréquences d'accélération très différentes.

En fonction du nombre de paquets de particules accéléré et en fonction des opérations, la fréquence appliquée aux cavités peut varier entre différents instants du cycle et aussi entre les différentes cavités (RF LAYOUT).

Le système de mesure de la fréquence permet de sélectionner une cavité à la fois parmi les 12 cavités, pour chaque cycle machine.

ATTENTION: Cette mesure est incompatible avec les mesures 9, 10 et 11 (voir Layout hardware).

### 9) FRÉQUENCES CAVITÉS 200 MHZ

Contrairement au système 9.5 MHZ, les 8 cavités du systèmes 200 MHZ reçoivent, à un instant donné, toutes la même fréquence d'accéléérations.

Un seul signal est donc disponible pour la mesure.

ATTENTION: Cette mesure est incompatible avec les mesures 8, 10 et 11.

A3 - 10

## 10) MESURES DE PHASE ENTRE 2 CAVITÉS 9.5 MHZ

Pour effectuer certaines opérations (e.g. longitudinal merging) il est nécessaire de mesurer le déphasage entre les signaux de tension de deux cavités.

Pour les nécessités de la réalisation pratique, le déphasage, qui a évidemment les dimensions d'un angle, est obtenu en mesurant l'interval de temps entre des points identiques des deux signaux de Tension.

La mesure de déphasage est donc exprimée en unités de Temps (nanoseconds).

Pour la mesure de phase, on peut sélectionner seulement deux cavités, n'importe lesquelles parmi les 12, par cycle machine.

ATTENTION: Cette mesure est incompatible avec les mesures 8, 9 et 11.

A3 - 11

### 11) MESURE DE LA FRÉQUENCE DE RÉVOLUTION

Pour cette mesure, on utilise un signal en provenance d'une station Pick-UP.

ATTENTION: Cette mesure est incompatible avec les mesures 8, 9 et 10.

REMARQUE: Il existe une autre mesure de la fréquence de révolution appelée "High Accuracy Revolution Frequency Measurement".  
Le hardware de contrôle se trouve dans le rack 29 de la LOOP 2 (voir classeur de documentation correspondant).

## 12) MESURE DU NOMBRE HARMONIQUE

Le Nombre Harmonique (N.H.) se définit comme :

$$\text{N.H.} = \frac{\text{Fréquence d'accélération}}{\text{Fréquence de révolution}}$$

Chaque cavité 9.5 MHz, à un instant donné, peut travailler avec un certain nombre harmonique qui dépend du nombre de paquets de particules existant et du type d'opération que l'on veut réaliser (RF LAYOUT).

Le système de mesure permet la lecture du N.H. pour toutes les cavités 9.5 MHz à n'importe quel moment du cycle machine.

### 13) MESURE DE L'EFFICACITÉ DE CAPTURE 200 MHZ

Lors du Transfert Continu vers le SPS, le faisceau de protons est d'abord dégroupé et rendu presque continu sur un Flat Top approprié. On enclanche ensuite le système de cavités 200 MHZ qui, travaillant sur l'harmonique 420, produit 420 "bucket" qui doivent capturer la plus grande partie des protons qui seront enfin envoyés vers le SPS.

Un signal analogique est généré dans les systèmes RF, dont la valeur correspond à l'efficacité de cette capture. L'efficacité est exprimée en pourcent: donc elle peut varier entre 0% et 100%.

## CHAPITRES 2 ET 3 HARDWARE DE CONTROLE ET SPECIFIQUE

### 2.1 GÉNÉRALITÉS

Dans la proposition originale pour la documentation de l'instrumentation, il avait été prévu de séparer le Hardware en deux chapitres:

- le chapitre 2 pour le hardware spécifique,
- le chapitre 3 pour le hardware de contrôle.

Dans le cas présent de l'instrumentation RF, nous avons préféré de présenter un seul chapitre hardware qui groupe ensemble les deux aspects, spécifique et contrôle.

Il y a au moins deux raisons pour ce choix:

- a) il est assez difficile de comprendre le fonctionnement de chaque système de mesure si on ne voit, en même temps, les modules de contrôles et de l'interface spécifique qui réalisent ensemble une certaine fonction.
- b) le but principal de la présente documentation est de donner un instrument d'intervention utile aux personnes de la maintenance du contrôle: il ne nous a donc pas paru nécessaire de donner trop de détails sur l'interface spécifique.  
D'ailleurs, sur cette dernière, nous avons trouvé très peu de documentation écrite par les spécialistes.

La fig. 2.1 donne une vue d'ensemble des systèmes de mesure et de leurs connexions avec les modules de contrôle (ordre de connexion aux MUX non valables !!).

FUNCTIONAL LAYOUT

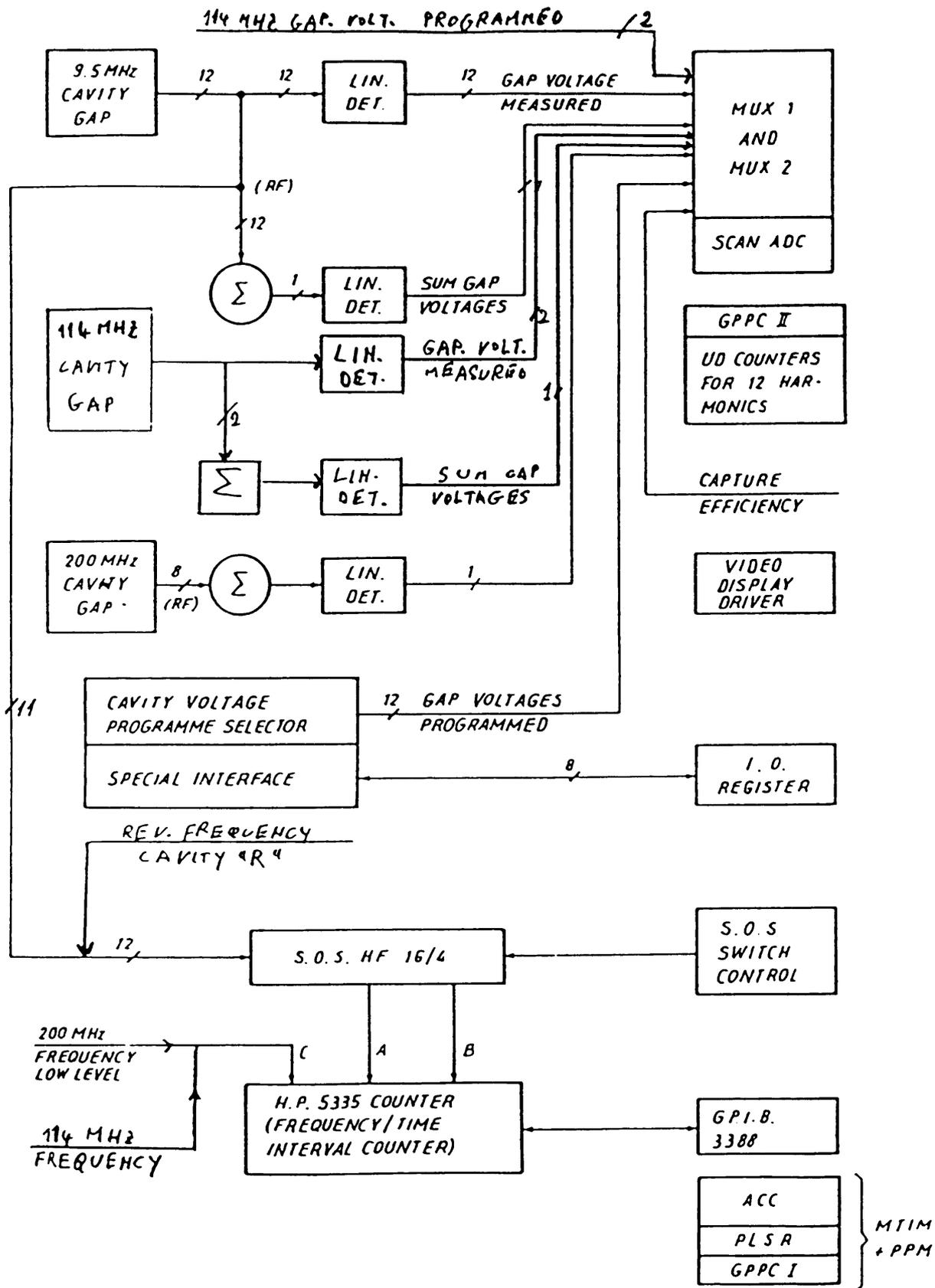
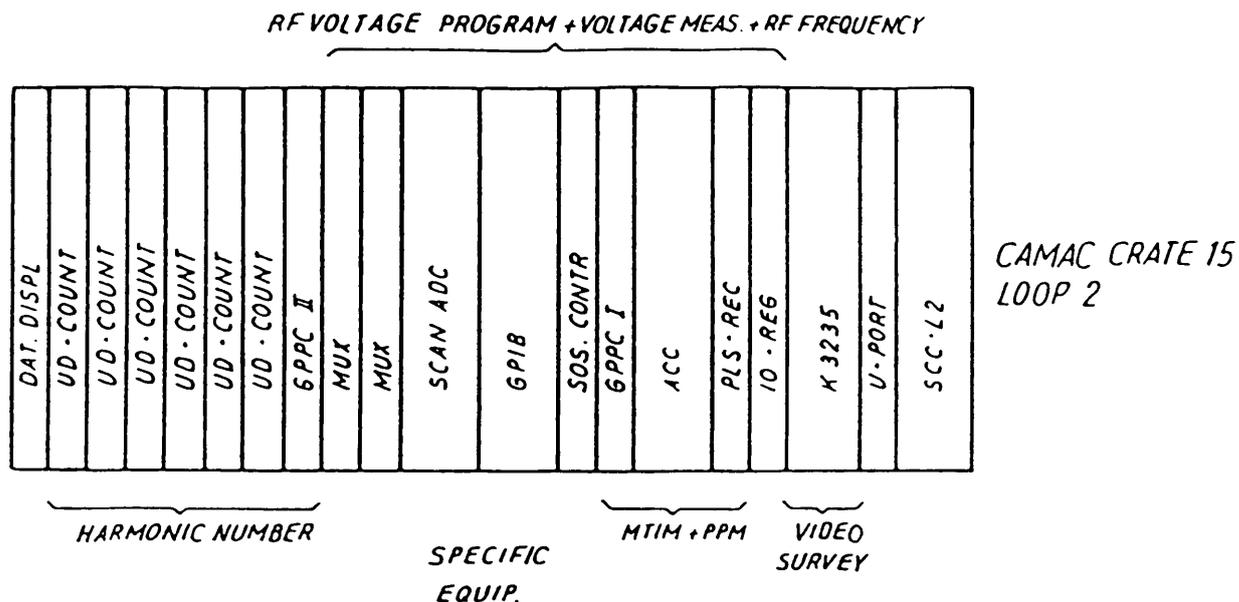


Fig. 2.1

A3-16

## 2.2) LAYOUT GÉNÉRAL DU CRATE CAMAC



Donnons, ici de suite, pour chaque station N du crate, le module CAMAC qui y est logé, ainsi que son utilisation.

De gauche à droite:

- 1) DATAWAY DISPLAY
- 2-7) UP DOWN COUNTERS  
Utilisés pour la mesure du Nombre Harmonique.
- 8) GENERAL PURPOSE PRESET COUNTER (GPPC)  
Utilisés pour la mesure du Nombre Harmonique.
- 9-10) MULTIPLEXORS  
Utilisés comme entrée analogique pour 32 signaux (voir liste en fig.2.2).
- 11-12) SCANNING ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER  
Utilisés pour la conversion sous forme digitale de 32 signaux en provenance des deux MUX.
- 13-14) INTERFACE GPIB 3388  
Utilisée pour:
  - Mesures fréquence cavités 9.5 MHZ
  - Mesure fréquence cavités 200 MHZ
  - Mesure fréquence cavités 114 MHZ
  - Mesure phase entre cavités 9.5 MHZ
  - Mesure fréquence de révolution.
- 15) SOS SWITCH CONTROLER  
Utilisé pour:
  - Mesures fréquence cavités 9.5 MHZ
  - Mesures phase entre cavités 9.5 MHZ
  - Mesure fréquence de révolution.

A3 - 17

- 16) GENERAL PURPOSE PRESET COUNTER (GPPC)  
Utilisés pour le système de MULTI-MEASUREMENT MTIM
- 17-18) AUTONOMOUS CRATE CONTROLER (ACC)  
Ses tâches sont:
- Exécuter les différentes mesures en PPM et en utilisant le système MTIM (12 mesures par cycle).
  - PPM des lignes analogiques (RF-LAYOUT).
  - Pilotage du display locale des mesures RF.
- 19) PROGRAM LINES SEQUENCER RECEIVER (PLSR)  
Utilisé pour le PPM et MTIM.
- 20) INPUT-OUTPUT REGISTER BORER 1031  
Ce module est le seul module dans ce crate CAMAC qui n'est pas utilisé par les systèmes de mesures RF. Il sert à effectuer, en PPM, le choix des lignes analogiques qui sont envoyer aux différents groupes de cavités 9.5 MHZ (RF-LAYOUT).
- 21-22) VIDEO DRIVER KINETICS 3235  
Il pilote un display local qui contient les principales informations sur les systèmes RF.
- 23) SERIAL CRATE CONTROLER L2

A3 - 18

SIGNAUX ANALOGIQUES SUR LES DEUX MUX

0	●	cavité 114	04 MES		
1	●	cavité 9.5	1 MES	36	
2	●	cavité 9.5	2 MES	46	
3	●	cavité 9.5	3 MES	51	
4	●	cavité 9.5	4 MES	56	
5	●	cavité 9.5	5 MES	66	
6	●	cavité 9.5	6 MES	76	MUX 1
7	●	cavité 9.5	7 MES	81	
8	●	cavité 9.5	8 MES	86	STAT. 9
9	●	cavité 9.5	9 MES	91	
10	●	cavité 9.5	10 MES	96	
11	●	cavité 9.5	11 MES	R	
12	●	cavité 9.5	12 MES	11	
13	●	cavité 114	10 MES		
14	●	cavité 114	04 PROG		
15	●	cavité 114	10 PROG		
0	●	Somme 114	MHZ		
1	●	cavité 9.5	1 PROG	36	
2	●	cavité 9.5	2 PROG	46	
3	●	cavité 9.5	3 PROG	51	
4	●	cavité 9.5	4 PROG	56	
5	●	cavité 9.5	5 PROG	66	
6	●	cavité 9.5	6 PROG	76	MUX 2
7	●	cavité 9.5	7 PROG	81	
8	●	cavité 9.5	8 PROG	86	STAT. 10
9	●	cavité 9.5	9 PROG	91	
10	●	cavité 9.5	10 PROG	96	
11	●	cavité 9.5	11 PROG	R	
12	●	cavité 9.5	12 PROG	11	
13	●	Somme cav.	9.5 MHZ		
14	●	Somme cav.	200 MHZ		
15	●	EFFICACITE	CAPTURE		

Fig. 2.2

A3-19

### 2.3 MESURES ANALOGIQUES

- Tensions GAPS 9.5 MHZ	12 PROGRAMMES
- Tensions GAPS 9.5 MHZ	12 MESURES
- Somme Tensions GAPS 9.5 MHZ	1 MESURE
- Somme Tensions GAPS 200 MHZ	1 MESURE
- Tensions GAPS 114 MHZ	2 PROGRAMMES
- Tensions GAPS 114 MHZ	2 MESURES
- Somme Tensions GAPS 114 MHZ	1 MESURE
- Efficacité capture	1 MESURE

Ces 32 signaux analogiques en provenance du spécifique, sont groupés en deux câbles de 16 fils chacun, et connectés aux deux MUX 9 et 10 comme dans la Fig.2.3.

La position de chaque signal analogique par rapport aux canaux d'entrée des MUX est donnée en Fig.2.2.

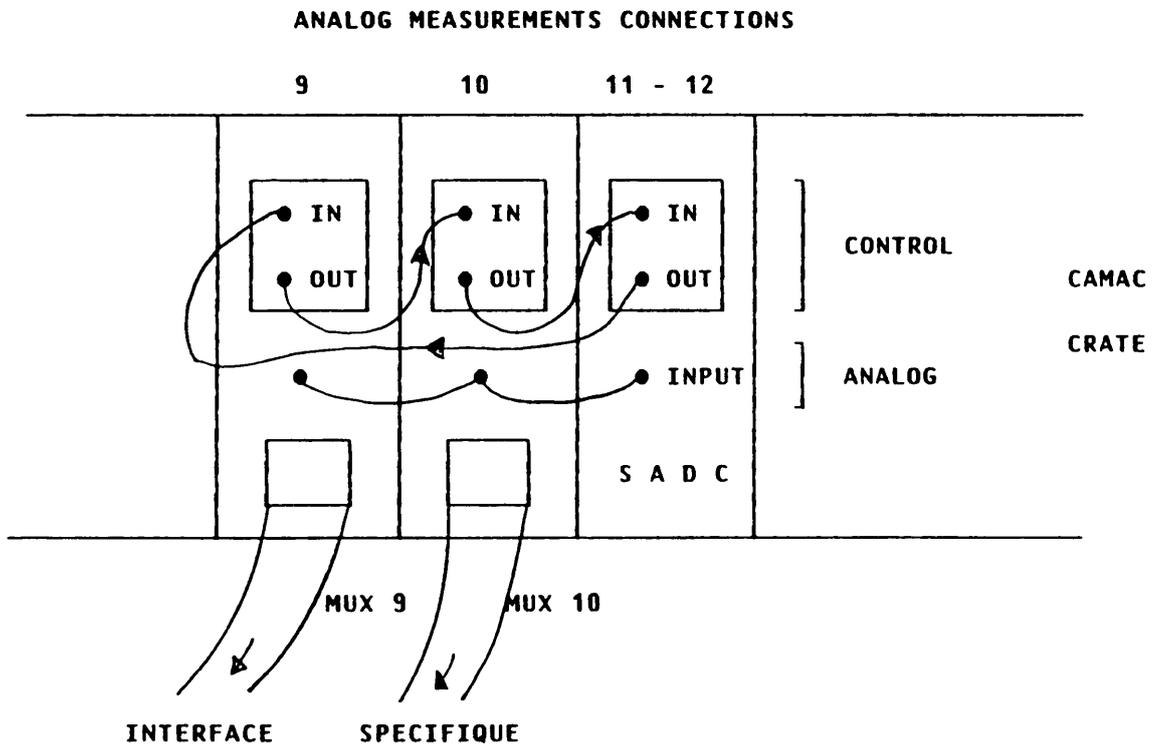


Fig. 2.3

A3-20

## 2.4 MESURES DU NOMBRE HARMONIQUE

La méthode utilisée pour mesurer le nombre harmonique sur chacune des cavités 9.5 MHZ, peut être facilement comprise en se référant à la Fig.2.4.

Comme déjà rappelé, le principe de la mesure est de compter le nombre de périodes de radiofréquence pendant un nombre prédéfini de périodes de la fréquence de révolution.

Le GGPC 1 sert de start pour chaque mesure (12 mesures en C ou en B par cycle avec MTIM).

Ce start est appliqué à un deuxième GPPC 2 ainsi qu'à une batterie de six double "UP/DOWN Counters".

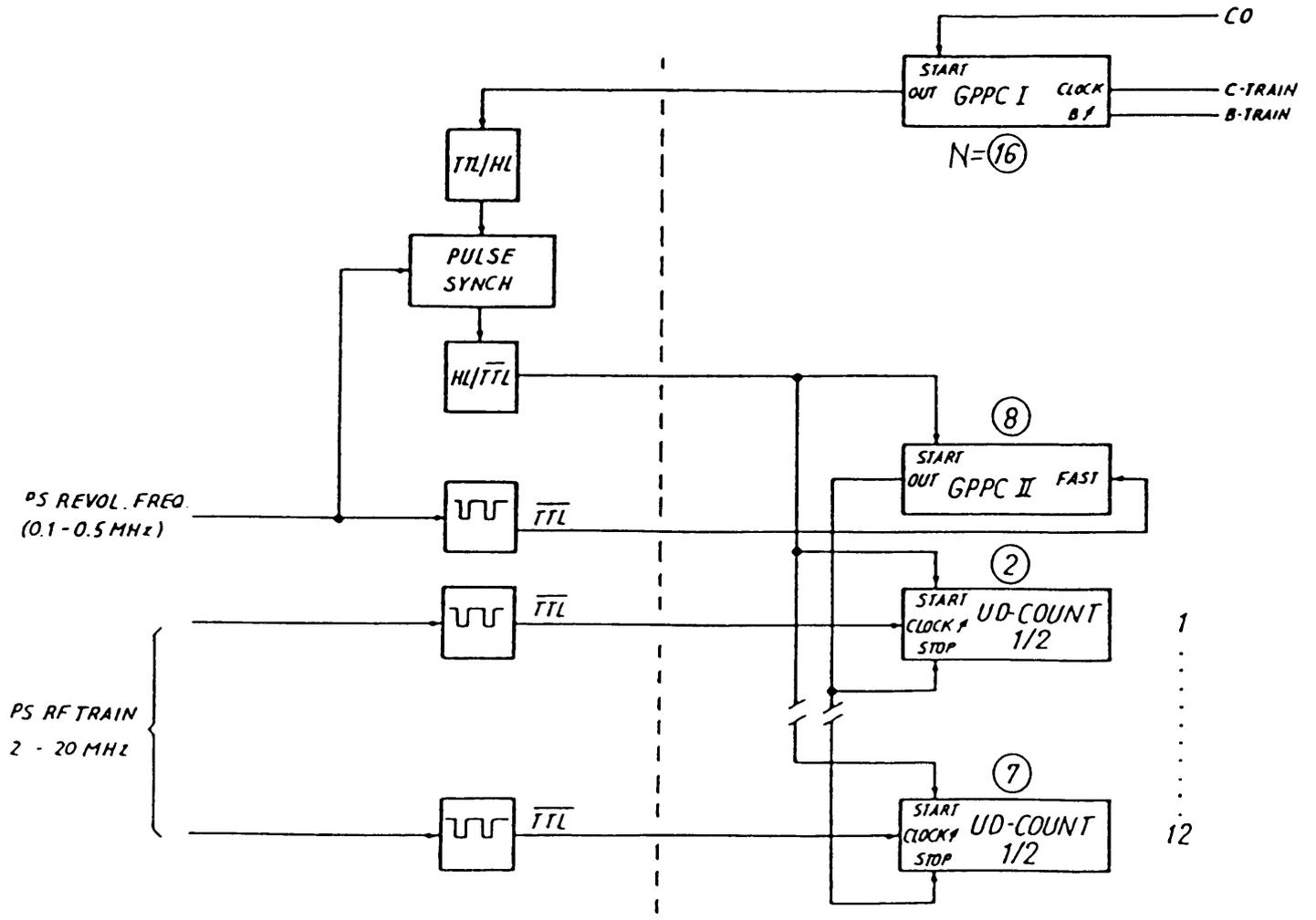
Les 6 U/D Counters reçoivent les 12 signaux RF pour les cavités 9.5 MHZ (11 Cavités + Réserve).

Le GPPC 2 utilise comme TRAIN FAST la fréquence de révolution et sa valeur de contrôle (CCV) a été fixée à 128.

Après avoir compté 128 périodes, le GPPC 2 produit un signal de OUTPUT qui est utilisé pour arrêter l'accumulation dans les six doubles U/D Counters.

Le nombre harmonique utilisé par chaque cavité au moment de la mesure (le temps de mesure est d'environ 500  $\mu$ s) s'obtient facilement en divisant le contenu du demi U/D Counter concerné par 128.

La Fig.2.5 représente le layout hardware avec les différentes connexions avec une partie de l'interface spécifique qui se trouve dans la même RACK CR 23.



HARMONIC NUMBER MEASUREMENTS

PS RF MEASUREMENTS

Fig. 2.4

A3 - 22

HARMONIC NUMBER MEASUREMENTS

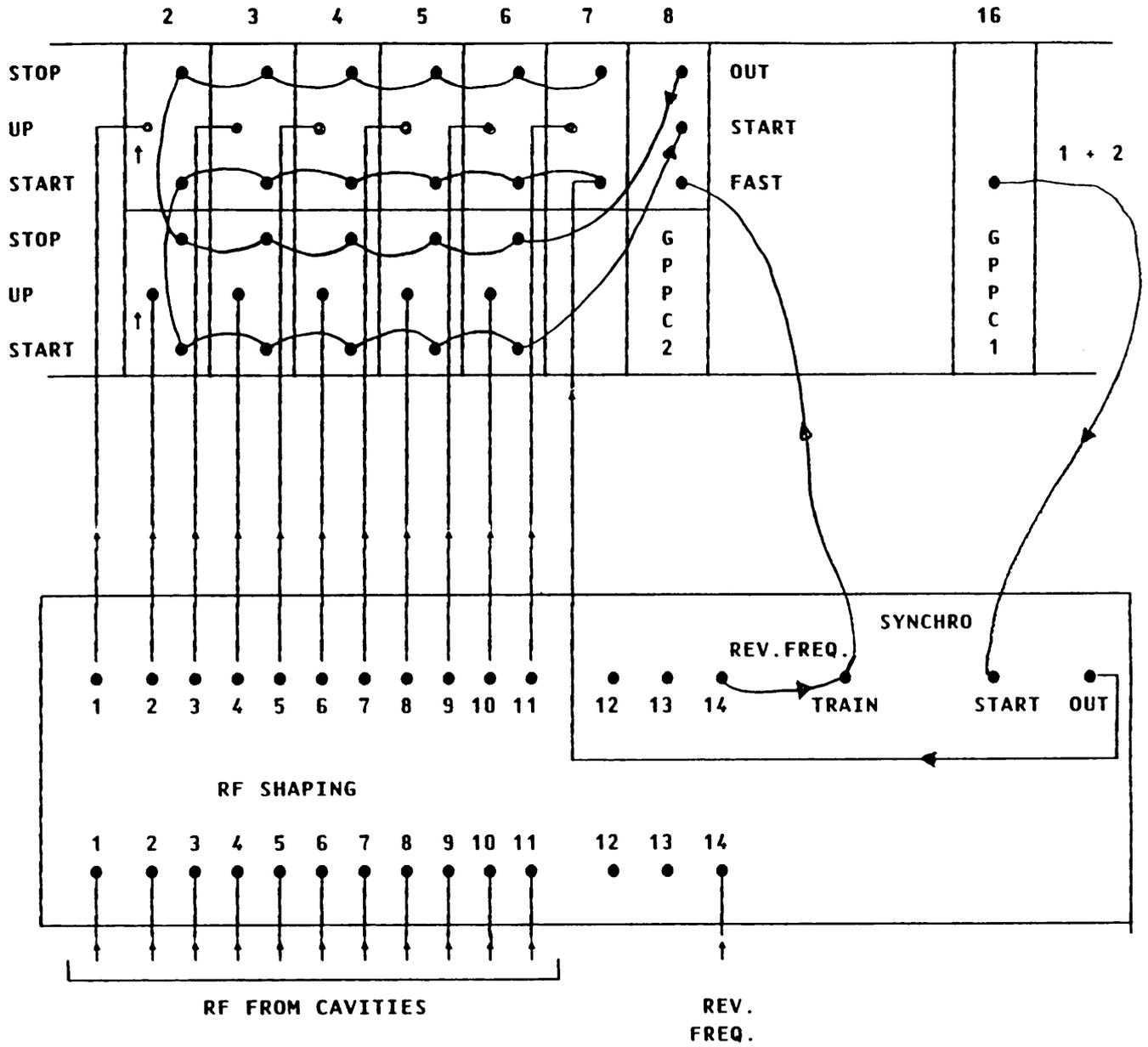


Fig. 2.5

A3-23

## 2.5 MESURES DE FREQUENCE

Pour les mesures de fréquences, on utilise un appareil Hewlett Paccard HP 5335 A, qui permet ainsi de faire des mesures d'interval de temps (cette possibilité est utilisée pour les mesures de phase entre deux cavités 9.5 MHZ).

Le HP 5335 A, ainsi qu'une partie importante des connexions e de l'interface spécifique, se trouvent dans le RACK CR 23 A, comme on voit en Fig.2.6.

Les 12 signaux RF des 12 cavités 9.5 MHZ arrivent en bas du Rack et sont connectés à 12 IN/OUT du module CIM SOS HF 16/4 SWITCHER (l'entrée R contient la fréquence de Révolution).

Deux de ces signaux sont sélectionnés par l'intermédiaire du module CAMAC SOS SWITCHER CONTROLER, et envoyés aux entrées A et B du HP 5335 A.

Il est ainsi possible de faire une mesure de fréquence sur la cavité connectée à l'entrée A, ou une mesure de phase entre les deux cavités connectées aux entrées A et B.

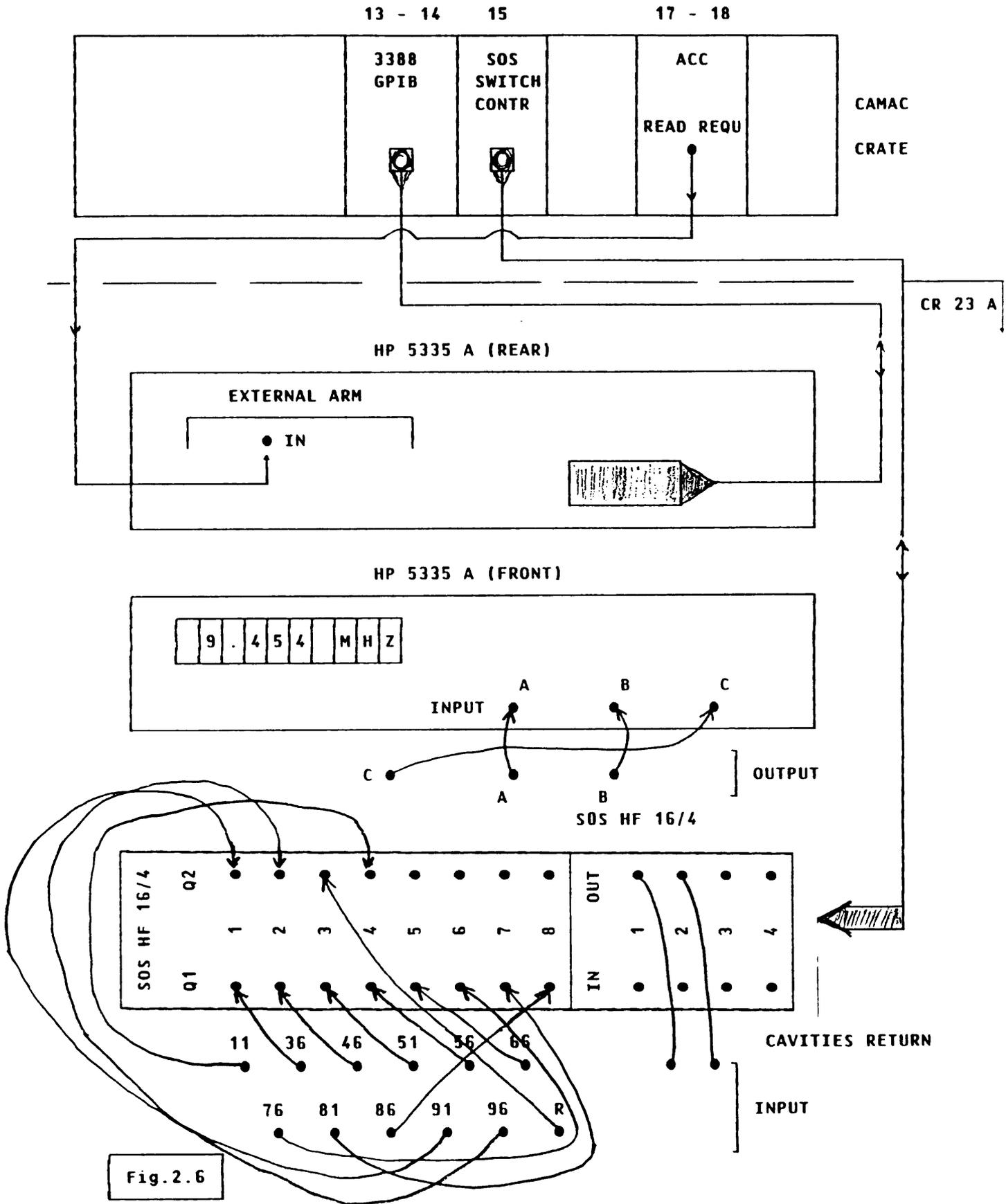
L'entrée C du HP 5335 A est utilisée pour deux types de mesures:

- pour le cycle machine utilisant des protons ou antiprotons, le signal mesuré est celui des cavités 200 MHZ.
- pour le cycle utilisant des électrons ou des positons, le signal est celui des cavités 114 MHZ (voir aussi Fig. 2.1).

Tous les settings pour le contrôle des HP 5335 se font à travers le module CAMAC GPIB 3388.

Chaque mesure de fréquence est déclanchée par l'ACC via le trigger "READ REQUEST" en face avant.

Remarque: A cause du traitement à l'intérieur du HP 5335 A, chaque mesure de fréquence nécessite environ 40 ms. Si on rapproche donc deux mesures consécutives de MTIM à moins de 40 ms, la mesure de fréquence ne se fera pas et le bien connu "message d'erreur 158" ("DEVICE BUSY, e.g. MOTOR STILL TURNING") apparaîtra sur la console. Cependant, les autres mesures analogiques et de nombre harmonique, se feront correctement jusqu'à une distance minimum de 2 ms entre mesures consécutives.



A3 - 25

## 2.6 LE PPM ET MTIM

Dans la Fig. 2.7, on trouve les connexions et les noms de toutes les impulsions qui sont utilisées pour l'exécution du PPM et le déroulement des 12 mesures par cycle du système MTIM.

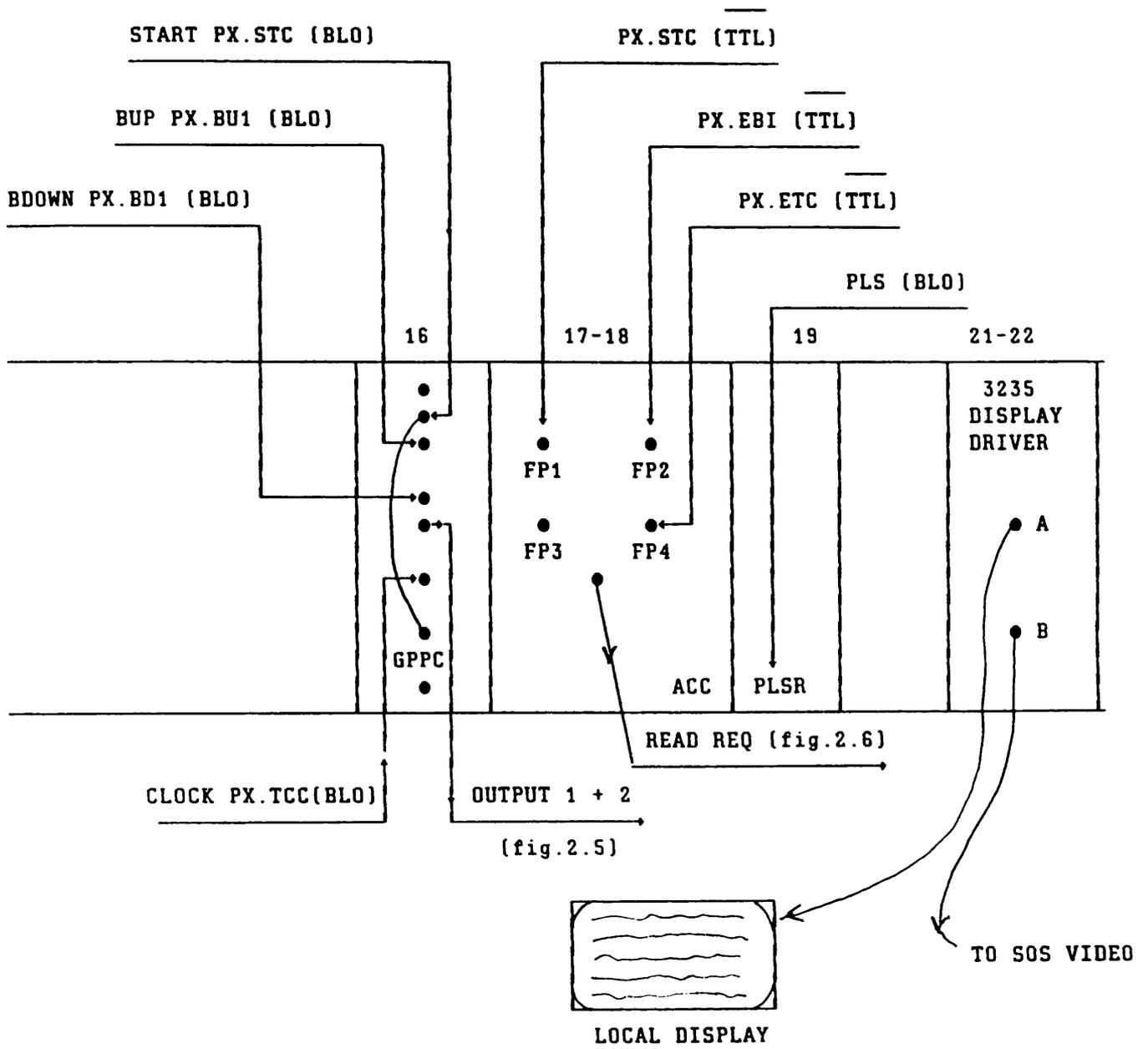


Fig. 2.7

A3 - 27

## CHAPITRE 4 LOW LEVEL SOFTWARE

### 4.1) GENERALITES

Le "LOW LEVEL SOFTWARE" pour les mesures RF se compose des parties suivantes:

- a) L'EM. "RFVA" qui s'occupe essentiellement des acquisitions des résultats des mesures.
- b) L'EM. "RFVC" qui permet de faire les settings des conditions des mesures.
- c) La CVM (Composite Variable Module) "RFVH" qui calcule les sommes des tensions accélératrices pour un nombre harmonique donné.
- d) Les tâches RT qui se trouvent dans l'ACC et qui réalisent les activités en temps réel.
- e) Le système (EM + RT) de Multi-Trigger MTIM.

N.B.1: Contrairement à une règle générale des EM. RFVA et RFVC ont des liaisons cachées. En effet certaines propriétés de RFVC permettent de changer des paramètres utilisés par RFVA.

Ces propriétés concernent:

- Les "Scaling Factors" des différentes mesures,
- Le choix du "Mode" de fonctionnement de l'appareillage HP 5335.

N.B.2: L'EM. de contrôle en PPM "RFVC" est une EM. de vieille génération: elle ne possède donc pas de copies de données de la DATA TABLE sur segment. Par conséquent, il est nécessaire, de temps en temps, et en tout cas après un changement, de faire des SAVE ou RESTORE en utilisant les programmes décrits en CHAPITRE 6 (INIT et TESTS).

A3-28

#### 4.2) LES TACHES RT

Les Tâches RT sont essentiellement organisées selon la structure MTIM (voir description MTIM à la fin du classeur): l'ensemble des mesures est effectué à chaque instant programmé par l'utilisateur à travers MTIM (LAM du GPPC).

En plus des Tâches déclenchées par ce LAM, une série d'autres tâches sont exécutées par l'arrivée de trois interrupts connectés en face avant de l'ACC:

- a) FP1 à l'impulsion PX.STC:
  - Lecture du Télégramme PLS,
  - Initialisation de l'appareillage HP 5335,
  - Préparation et setting de la première (dans le temps) mesure demandée (MTIM).
  
- b) FP2 à l'impulsion PX.EBI:
  - Préparation et setting des mesures qui ont été (éventuellement) demandées en train B descendant.
  
- c) FP4 à l'impulsion PX.ETC:
  - Début d'une Tâche qui permet l'affichage des principales mesures RF sur un DISPLAY VIDEO local.

N.B.: Ce DISPLAY VIDEO avait été demandé par les spécialistes RF avant que la CONSOLE LOCALE "BIENVENUE" ne soit installée. Depuis l'arrivée de celle-ci, le VIDEO LOCALE a perdu beaucoup de son intérêt !

*A3 - 29*

#### 4.3) MESURES AVEC L'APPAREILLAGE HP 5335

Comme on l'a vu (voir CHAPITRES 1 et 2), la plupart des mesures RF se font à travers des MUX avec des ADC ou avec des UP-DOWN COUNTERS.

leur exécution est donc très rapide et l'intervalle minimum entre deux mesures successives peut être fixé à 1 - 2 ms.

La situation est différente pour les mesures qui utilisent l'appareil HP 5335. En effet, cet appareil possède un microprocesseur interne pour le traitement et l'affichage des résultats qui rallonge sensiblement le temps demandé pour l'acquisition d'une mesure: dans nos conditions de travail, ce temps est d'environ 40 ms.

Pour éviter de pénaliser toutes les autres mesures en conséquence, on a développé dans l'ACC un traitement particulier qui permet de séparer les mesures des fréquences (HP 5335) des autres (voir fig. 4.1).

Chaque fois qu'un nouvel instant de mesure est déclenché par MTIM, l'ACC envoie un SRQ (READ REQUEST) à l'appareil HP qui commence sa mesure. A la fin de celle-ci ( $\sim 40$  ms) le HP envoie au module CAMAC GPIB 3388, un "END OF MEASUREMENT" qui se traduit par un LAM pour l'ACC. Ce dernier démarre une tâche spécifique qui lit et mémorise les résultats de la mesure à travers la même interface GPIB.

A chaque nouvel instant de mesure (MTIM), l'ACC interroge d'abord (GPIB) l'appareil HP pour savoir si il a terminé la mesure précédente: dans le cas négatif, un FLAG de "BUSY" est positionné dans la Data Table à la place du résultat de la mesure.

Ce FLAG BUSY est ensuite traduit par l'EM. par le message d'erreur "DEVICE BUSY", e.g. MOTOR STILL TURNING.....".

En conclusion, toutes les mesures peuvent se faire à  $\sim 2$  ms l'une de l'autre, sauf les mesures de fréquence qui demandent  $\sim 40$  ms: ces dernières cependant, ne dérangent pas l'exécution des premières !

AS-30

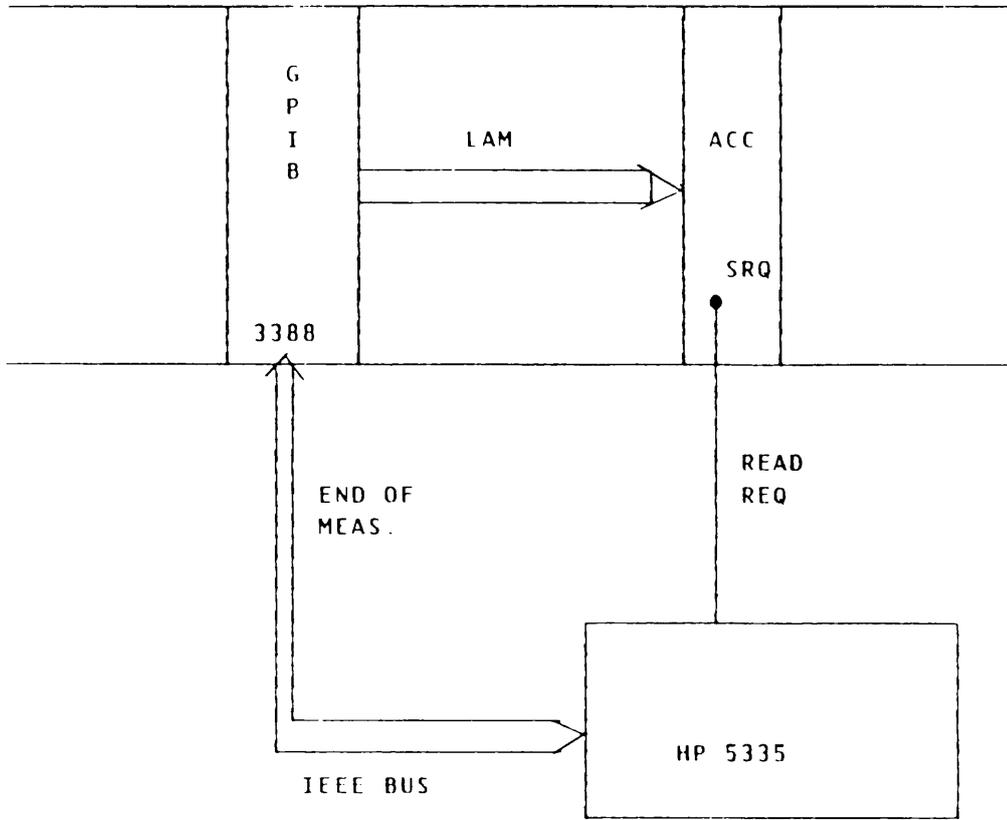


Fig. 4.1

A3-31

## 4.4) NOMS DES FICHIERS

## 4.4.1) TACHES RT DANS ACC

- Dans l'ordinateur PRDEV, USER: (MEA-RT)  
MOD-PSACC24:SYMB qui permet de créer l'image  
RT-PSACC24:IMAGE contient l'image.

L'image se compose des taches suivantes (Binaires):

TEXAS-RT-CNTIMRF:TEX  
TEXAS-RT-SCONDP:TEX  
TEXAS-RT-STRIGRF:TEX  
TEXAS-RT-MTIM:TFX  
TEXAS-RT-FLATP:TEX  
TEXAS-RT-ACQCTRF:TEX  
TEXAS-RT-RFVIDEO:TEX

Les fichiers SOURCE ont les mêmes noms: on remplace TEXAS par TMS et TEX par SYMB.

- Dans l'ordinateur CPS,  
Le nom standard de l'image est:  
(A-A)ACC24:IMAG

## 4.4.2) EM et CVM

- Dans l'ordinateur PRDEV,  
  
(CPS-EM)NPL-EM-RFVA:SYMB  
(CPS-EM)NPL-EM-RFVC:SYMB  
(GPB-EM)PPL-CM-RFVH:SYMB

contiennent les SOURCES.

- Dans l'ordinateur CPS le SEGMENT 220 est construit en utilisant le fichier:

(LOAD-EM)MOD-LD-SEG-220:SYMB

**MESURES DES PARAMETRES RF AU PS****1. LISTE DES PARAMETRES A MESURER**

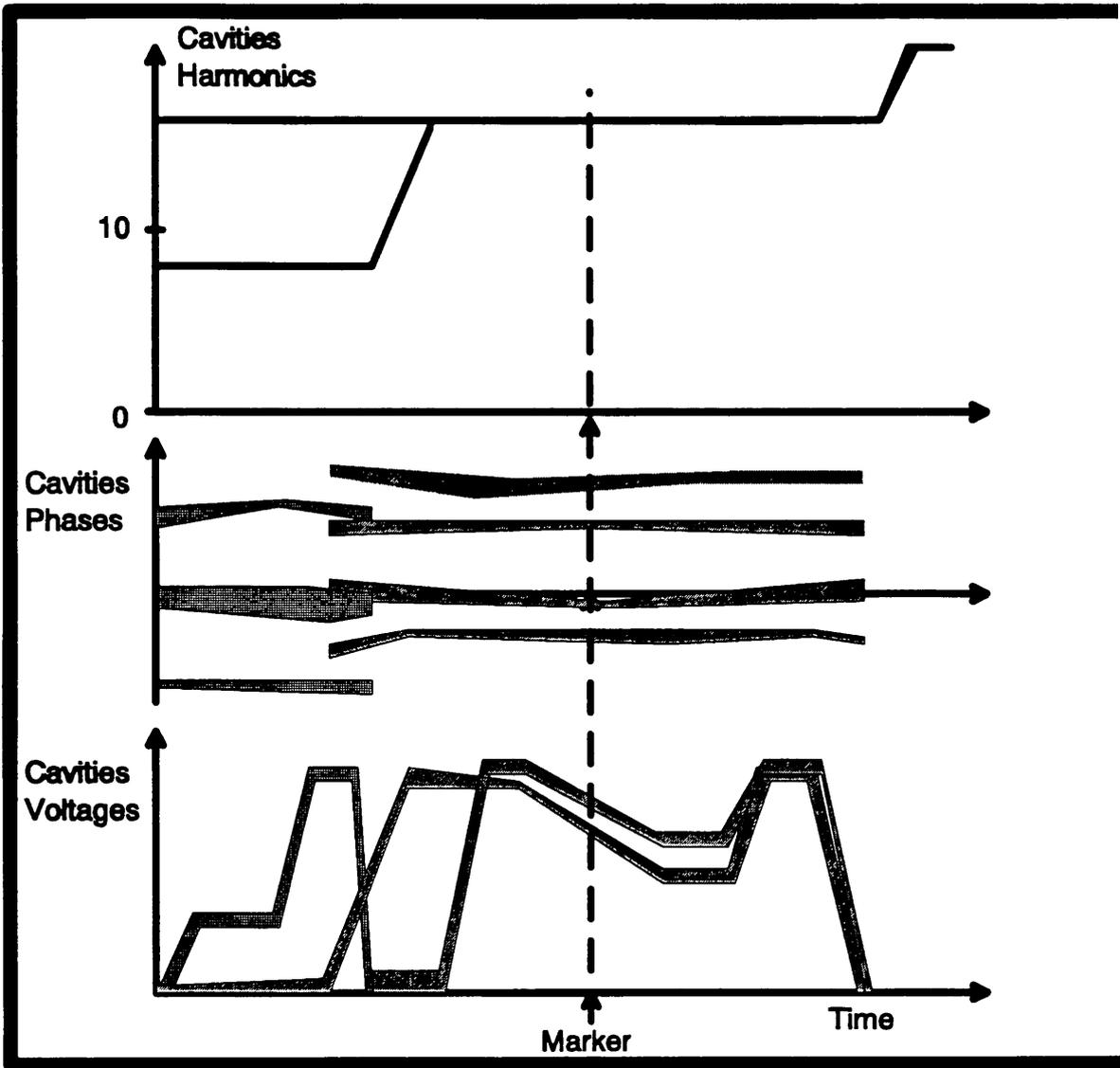
<b>PARAMETRE</b>	<b>QUANTITE</b>	<b>TYPE D'INTERFACE (VME)</b>
<b>Tensions programmées et détectées sur toutes les cavités</b>	- cavités ferrites : 2 x 11 - cavités 200 MHz : 2 x 11 - cavités 114 MHz : 2 x 2 - (cavité 40 MHz : 2 x 1)	ADC s
<b>Fréquences</b>	- Révolution : 1 - 200 MHz : 1 - 114 MHz : 1 - (40 MHz) : 1	Triple port RAMs
<b>Nombres Harmoniques</b>	11	Counters
<b>Phases des cavités par rapport à la fréquence de révolution</b>	11	TDC
<b>Matrice des programmes de tension (cav. ferrites)</b>	1	Input / Output Register

## 2. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

- Acquisition de tous les paramètres chaque milliseconde (?) & stockage en mémoire pendant toute la partie "active" du cycle (~ PX.SBI -> PX.ELFT).
- Le logiciel de mesure (dans le DSC) effectue un premier traitement des données (phases en degrés, reconstitution de la tension par nombre harmonique...).
- Les programmes d'application accèdent à tout ou partie des données stockées. Pas de timing à contrôler.

## 3. IMPLICATIONS DIVERSES...

- Flux notable de données à transférer sur le réseau : recommandations des spécialistes CO ? demandes du MCR ? possibilité d'une liaison locale à plus grand débit (usage CB) ?
- Gros intérêt pour une standardisation de l'ensemble des systèmes de mesure concernant la machine PS {acquisition systématique à des instants communs (train C ou sous-multiple)}.

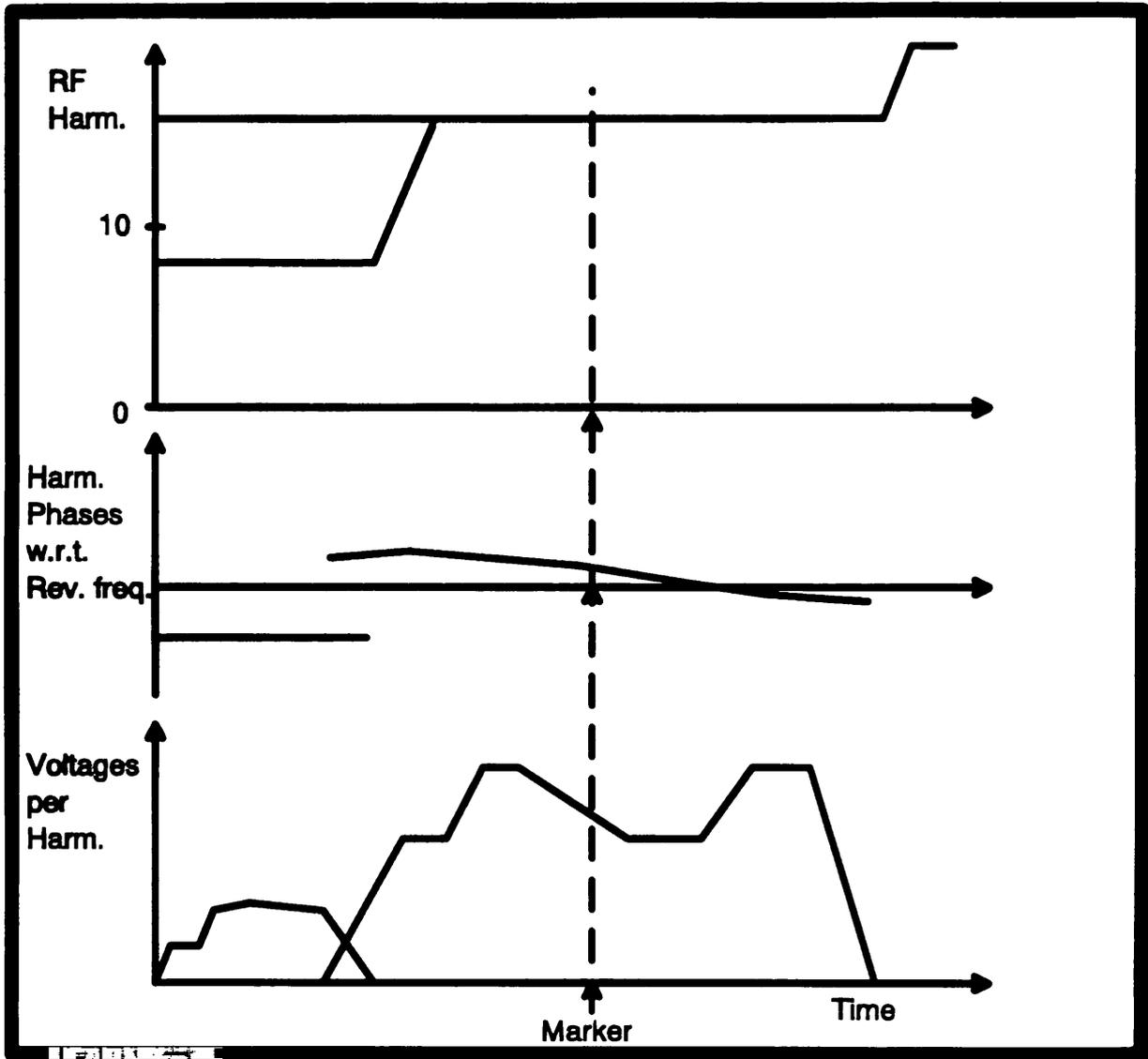


# CAVITIES MEASUREMENTS DISPLAY

Values @ Marker : C 564				
Cavity	V prog.	Vdet.	H nb.	Phase
11	15.0	15.2	16	67
36	15.0	14.7	16	72
46	15.1	15.0	16	35
51	15.0	15.3	16	-36
56	14.9	14.9	16	144
66	15.0	15.0	16	-72
76	14.9	14.7	16	89
81	15.0	15.1	16	67
86	15.0	14.8	16	-105
91	15.2	14.0	16	118
96	15.0	15.1	16	-12

R.Garoby 11/4/94

A4-3



Values @ Marker : C 564			
Harm.	V prog.	Vdet.	Phase
16	128	115	67

# GLOBAL RF MEASUREMENTS DISPLAY

R.Garoby 11/4/94

A4-4