# IRAM Plateau de Bure Interferometer
# Le Corrélateur Nouveau est arrivé

S.Guilloteau[1], R.Lucas[1]

September 22, 1992

Version 1.0

(1) Institut de Radio Astronomie Millimétrique
300 Rue de la Piscine
F-38406 Saint Martin d'Hères

Chers opérateurs, ce document vous est destiné. Lisez le attentivement: il apporte de précieuses informations sur les nouveautés qui ont débarqué avec le nouveau corrélateur.

Pour plus d'information:

- IRAM Plateau de Bure Interferometer: Introduction
- IRAM Plateau de Bure Interferometer: OBS Users Guide
- IRAM Plateau de Bure Interferometer: Atmospheric Calibration
- Documentation Technique du Corrélateur

## Contents

# 1 Introduction

Le nouveau corrélateur, connu sous le nom de "CAMEMBERT" (pour Correlator Architecture for Multi-Element or Multi-BEam Radio-Telescopes, mais M.Torres suggère " Correlateur Avec un Minimum d'EMBrouilles, d'Excitations, de Retards et de Traffics"), remplace les anciens "back-ends" du Plateau de Bure. Le corrélateur continuum, le corrélateur spectral "Berkeley", **et** les filtres de 100 kHz ont été retirés (logiquement, mais pas physiquement) du service, car la plupart (sinon toutes) de leur fonctionalités sont maintenant assurées par le CAMEMBERT.

# 2 Description

## 2.1 Matériel

Le CAMEMBERT est composé de 6 unités totalement indépendates, connectées au système IF de l'interféromètre par une pieuvre de distribution configurable par logiciel.

Chaque unité traite 4 antennes et 6 lignes de base. Les 6 unités sont totalement indépendantes l'une de l'autre.

Chaque unité est divisée en 2 parties: le processeur IF, controlé par un petit micro-controleur (micro-IF), et le processeur digital, controlé par un microprocesseur 68030. Ce dernier communique au micro-IF par une liaison série. Tous les processeurs 68030 sont reliés au VAX-3400 BURE01 par une liaison Ethernet specialisée (une pour 6, mais séparée de la liaison Ethernet reliant BURE01, BURE02 et les terminaux). Le micro-IF controlle toutes les fonctions de bas niveau de la partie analogique: choix de la fréquence, filtre passe-bas, phase et dérive de phase des rotateurs, sélection de l'entrée (IF-1, IF-2, source de bruit). Les 68030 controllent la partie digitale: facteur de multiplexage des "chips" corrélateurs, delais, lecture des cartes corrélateurs, Transformée de Fourier, correction de petits délais, correction de band passante IF, moyennes en temps et en fréquence, etc....

## 2.2 Fonctions

Chaque unité peut opérer dans les modes suivants:

| Mode | Bande (MHz) | Canaux | Espacement (MHz) |
|---|---|---|---|
| 0 | 20 | 256 | 0.078 |
| 1 | 40 | 256 | 0.156 |
| 2 | 80 | 128 | 0.625 |
| 4 | 160 | 64 | 2.500 |

La résolution spectrale effective est 1.2 ou 1.6 fois l'espacement des canaux, selon la fonction d'apodization choisie.

Chaque unité peut-etre placée n'importe ou dans la bande [100,600] MHz de l'IF, par pas de 0.625 MHz, en utilisant un oscillateur local appelé LO3.

Les bandes de 40, 80 et 160 MHz sont synthetisée par les bandes inférieures et supérieures d'un mélangeur à réjection de bande (IRM, Image Rejection Mixer) qui convertit la bande autour du LO3 dans l'intervalle [0,80] MHz. Un filtre passe-bas de 20, 40 ou 80 MHz sélectionne ensuite la bande passante effectivement souhaitée.

La bande de 20 MHz est produite en analysant seulement la bande supérieure de l'IRM, mais avec 2 cartes corrélateurs en série pour augmenter la résolution spectrale.

### 2.3 Type de données

Le temps de cycle du CAMEMBERT (dump) est de 1 seconde. Transmettre tous les spectres est impossible à un tel rythme: il y a trop de canaux... Le temps d'intégration varie donc normalement de 15 a 240 secondes, bien que certaines procédures (auto-corrélation, calibration, IFPB) aient une durée plus courte (5 secondes). Cependant, le CAMEMBERT produit 2 types de données:

- Les données "temporelles" (ou "Continuum"), qui sont des moyennes sur une bande de fréquence calculées et envoyées au VAX chaque seconde. Chaque unité produit son "pseudo-continuum", en intégrant le spectre (auto ou cross-corrélation) sur un bande de fréquence definie par l'utilisateur (dans la bande IF de l'unité bien sur).
- Les donnéss "Spectrales", c'est-à-dire le spectre moyen de la derni'ere periode d'intégration.

### 2.4 Logiciel

Le CAMEMBERT est controlé du VAX par un programme appelé "CORREL_PROGRAM", qui communique avec les 6 unités chaque seconde.

Chaque seconde, CORREL_PROGRAM envoie à toutes les unités le mode d'observation désiré, les phases et dérive de phase des LO3, les délais, etc..., et récupère les donn'ees Continuum de la second précédente. Ceci s'effectue de manière séquentielle, une unité après l'autre.

Chaque seconde, les unités effectuent les transformées de Fourier, la correction de bandpassante IF (IFPB), la correction des phases pour les petits delais, et calculent les donnees "continuum".

A la fin d'une observation, CORREL_PROGRAM lit sequentiellement toutes les unités connectées pour récupérer les données spectrales, auto ou cross- corrélation sur toutes les antennes ou toutes les lignes de base.

Aprés quelques réarrangement, CORREL_PROGRAM transmet les données (Continuum et Spectrale) à "RDI_PROGRAM" qui calcule et applique la calibration atmosphérique avant d'écrire sur disque.

## 3 OBS

**OBS** a été modifié pour tenir compte des nouvelles possibilités du CAMEMBERT. Plusieurs commandes ont subit des petits changement, concernant généralement le temps d'intégration. Les modifications les plus importantes sont:

- Affichage:
  Modification de la partie "backend", pour avoir la configuration exacte du CAMEMBERT .
- `SPECTRAL`
  La syntaxe de la commande `SPECTRAL` a changé: `SPECTRAL Iunit Band Center/CONTINUUM Band Center`
  Cf le HELP interne pour les détails.
- `POINT`
  Acceptera l'option `/FAST` en mode interférométrie. (*Pas encore installé*).
- `PSEUDO`
  Une nouvelle commande effectuant un pointage en autocorrelation, avec un mode pseudo-continuum utilisant les données continuum du corrélateur (*Pas encore installé*).

- Mode Single-Dish
  La banque de filtre n'est plus utilisable. Le mode Single-Dish est réduit a un mode multi-dish avec une seule antenne. (*Pas encore testé, utiliser le mode multi-dish avec un SET ARRAY Iant*).

# 4 RDI et RED

Ces deux programmes ont été substantiellement modifiés (ou le seront dans le cas de RED). Maintenant, RDI calcule la calibration atmosphérique et écrit les données. Un nouveau programme appelé AFF affiche en temps réel le numéro de subscan, et calcule les amplitudes et phases pour l'affichage par `STS C`.

Pour accélérer l'acquisition, RDI redonne le controle à **OBS** immediatement après le transfert des données en mémoire. Ensuite, il effectue la calibratio et écrit les données, alors que l'acquisition du scan suivant à déjà commencée Ceci fonctionne car le temps de calcul est toujours inférieur au temps minimum d'intégration du `CAMEMBERT` (5 secondes + 3 secondes de démarrage + 2 secondes de décalage entre acquisition et récupération des données), même dans le pire des cas.

Un mode automatique encore plus rapide (aucune perte de temps au changement de scan) est prévu pour le futur (`SET SCAN Nscans`) mais *n'est pas encore opérationnel.*

# 5 CLIC

**CLIC** a été modifié pour comprendre l'architecture du `CAMEMBERT`, et spécialement en raison de l'introduction des données temporelles. Les modifications majeurs concernent effectivement le contenu des "records" dans une observation: ces "records" contiennent maintenant uniquement les données continuum et les paramêtres associés. Un seul jeu de données spectrales est maintenant disponible par scan. En outre, un "record" spécial ("average record") contient la moyenne de tous les "records" pendant le scan.

**CLIC** peut donc tracer dasn 2 modes: Continuum ou Spectral.

(Incidemment, **CLIC** et `CAMEMBERT` sont un bon example du principe d'incertitude: on peut avoir des données finement échantillonées en temps **ou** en fréquence, mais pas à la fois. (bien que $\Delta\nu.\Delta t >> h$)!)

## 5.1 Mode Continuum ou mode Temps

En mode Continuum, **CLIC** trace par defaut les sous-bandes "Continuum" C01 à C06 (chaque sous-bande "Continuum" étant la moyenne en fréquence sur une partie de la sous-bande spectrale associée). Ces données peuvent être tracées en fonction du temps, "record" par "record" (`SET AVER NONE`), ou avec n'importe quel temps d'intégration plus court que la durée du scan (`SET AVER Atime`), ou par scan (`SET AVER SCAN`). Dans le dernier cas, **CLIC** ne recalcule pas la moyenne des données continuum, mais lit directement "l'average record" dans le fichier: ce mode est donc particulièrement rapide.

Le mode Temps/Continuum est sélectionné dès que la coordonnée X est une variable temporelle: `SET X TIME, SET X HOUR, SET X DEC, SET X RA, SET X SCAN`, etc...passent en mode temps pour l'affichage dans **CLIC**.

Il est possible de tracer des données spectrales (sous-bandes L01 à L06) en fonction du temps, mais uniquement par "scan average" bien sur, puisque qu'aucune autre information n'est disponible. Pour cela, la commande `SET SUBBAND` doit être tapée après la commande `SET X`.

## 5.2 Mode Spectral

En mode Spectral, **CLIC** trace les données spectrales, les sous-bandes L01 à L06, en fonction d'une variable de type fréquence. Un seul spectre par sous-bande et par scan est disponible.

Le mode Spectral est sélectionné dès que la coordonnée X est du type fréquence: `SET X I_FREQ, SET X CHANNEL, SET X VELOCITY, SET X SKY_F` passent **CLIC** en mode spectral.

On peut tracer les données Continuum (C01 à C06) en fonction de la fréquence, mais bien sur, chaque sous-bande continuum est UN point en fréquence. Pour cela, il faut taper la commande `SET SUB C0i` après la commande `SET X`.

## 5.3 Autres Commandes

Plusieurs commandes d'analyse ont du être modifiées en raison des nouvelles fonctions du `CAMEMBERT`.

- `SPECTRUM`
  `SPECTRUM` a disparu, car le `CAMEMBERT` fournit des données déjà pre-calibrées. Il n'y a plus de données brutes.

- `COMPRESS`
  `COMPRESS` ne travaille plus que sur les données continuum, car les données spectrales sont déjà intégrées par scan.

- `ATMOSPHERE`
  `ATMOSPHERE` est une nouvelle commande pour recalculer la calibration atmosphérique. Ceci pouvait auparavant être effectué par la commande `SPECTRUM`.

- `SOLVE FOCUS`
  Les `FOCUS` sont maintenant comme les `POINTING`: 3 scans sont produits au lieu d'un auparavant. La commande `SOLVE FOCUS` accepte une option `/COMPRESS` pour changer le temps d'integration des données Continuum. A noter que `SOLVE FOCUS` ne marche que sur les sous-bandes continuum.

- `SOLVE POINT`
  Le temps d'intégration minimum étant maintenant de 1 seconde, la sensibilité peut-être insuffisante pour déduire les gains des antennes des visibilités sur les lignes de bases dans un pointage. La commande `SOLVE POINT` accepte donc une option `/COMPRESS Time` pour permettre d'ajuster le temps d'intégration de chaque dump à l'intensité de la source. Le défaut est `/COMPRESS 4`, qui produit un résultat similaire à l'ancien corrélateur.

- `SOLVE PSEUDO Con Coff` (en cours de développement)
  Comme les données continuum peuvent correspondre à des bandes étroites, un mode pseudo-continuum est disponible pour faire du pointage sur des raies fortes (Masers SiO essentiellement). `Con` indique la sous-bande continuum contenant la raie, et `Coff` une sous-bande de référence libre de toute raie.

- `SOLVE DELAY`
  Les délais ne sont plus mesurés en balayant les lignes à retard, mais en mesurant la pente de phase en fonction de la fréquence dans les sous-bandes spectrales. La commande `SOLVE`

`DELAY/PLOT` ajuste une droite dans la phase en fonction de la fréquence, en tenant compte des ambiguités de $2\pi$, dont la pente donne le délai.