L'expérience ARTEMIS

Par G. Dumas et J.-L. Bougeret (CNRS/DESPA) et D. Maroulis (Université d'Athènes)

Réalisation d'une chaîne d'acquisition numérique en temps réel

Première partie - Architecture du système

Nous présentons un système numérique complexe qui permet l'acquisition et le traitement en temps réel de 128 voies en parallèle à une cadence allant jusqu'à 300 pts/s, et de façon continue. Ce système permet l'enregistrement, sur le site d'observation, de bandes 1/2 pouce directement archivables, comprenant des données comprimées utilisables scientifiquement sans autre traitement (paramètres physiques). Dans un premier article, nous présentons l'architecture du système, dans le second les logiciels utilisés en routine, en temps réel ou quasi-réel. Ce système, testé en 1988, fonctionne en routine depuis mi-1989, et nous sommes prêts à partager notre expérience.

L'acquisition et l'enregistrement de données numériques à haut débit est un problème assez général en instrumentation scientifique. L'analyse fine de phénomènes dynamiques, rendue possible par les techniques numériques modernes, conduit souvent à des débits de plusieurs Giga-octets par jour. Certaines observations doivent aussi être poursuivies à longueur d'année (observations de routine) et posent rapidement un problème d'archivage. C'est le cas des observations spectrales solaires qui permettent de surveiller et d'analyser l'activité radioélectrique dans la basse couronne solaire. Ces observations exigent la couverture d'une bande de plusieurs centaines de MHz avec une grande précision spectrale (quelques

centaines voire quelques dizaines de kHz), une grande résolution temporelle (au moins 0,01 s), et une dynamique étendue (au moins 40 dB). Le caractère sporadique des émissions et leur complexité imposent d'effectuer les observations en permanence, du lever au coucher du soleil, et ceci chaque jour de l'année, ce qui conduit rapidement à des problèmes d'archivage et d'accès aux données.

Le Département de Recherche Spatiale (DESPA) de l'Observatoire de Meudon (URA CNRS 264) a construit et utilise depuis plus de 12 ans un récepteur multicanal installé sur la station de Nançay [1,2]. La formule «multicanal», plus complexe que le simple balayage de fréquence, permet une plus grande sensibilité, une protection plus efficace contre l'intermodulation et une plus grande souplesse d'utilisation (choix des fréquences mesurées par exemple). Le récepteur multicanal réalisé permet l'observation simultanée dans 120 canaux de 1 MHz de bande passante et dans 80 canaux de 200 kHz de bande passante. Les fréquences peuvent être choisies parmi les 360 fréquences rondes entre 110 MHz et 469 MHz. Tous les avantages d'un tel récepteur ne peuvent être exploités pleinement qu'avec un système numérique performant.

C'est pourquoi le DESPA a entièrement redéfini et reconstruit la partie numérique du Radiospectrographe Multicanal Numérique [1], en réalisant le système «ARTEMIS», décrit ci-dessous. La rénovation a été financée par l'INSU (Institut National des Sciences de l'Univers). Ce nouvel instrument réalise en temps réel les opérations suivantes :

- acquisition et numérisation à cadence élevée (jusqu'à 300 points par seconde et par canal) de 128 canaux analogiques en parallèle ;
- correction d' étalonnage, formatage, datation au centième de seconde près (TU) ;
- traitement préliminaire (lissage numérique, valeurs moyennes) ;
- reconnaissance des périodes actives et archivage des données sur bande magnétique 1/2 pouce.

Les bandes ainsi générées sur le site d'observation sont directement archivables et exploitables scientifiquement.

1. Partie analogique

L'implantation générale des équipements gérés par le système ARTEMIS est donnée sur la Figure 1.

1) Radiospectrographe Multicanal dans la gamme de fréquence de 110 MHz à 469 MHz, installé sur la station de radioastronomie de Nançay [1], comportant :

- une antenne parabolique de 6 mètres de diamètre à dispositif focal log-périodique croisé, avec son préamplificateur et un dispositif de calibration absolue et relative.
- un récepteur multicanal permettant de sélectionner 120 canaux de 1 MHz d'analyse parmi 360 canaux possibles, et permettant également d'effectuer une analyse fine (200 kHz de bande) dans 80 canaux.

2) un récepteur à balayage de fréquence dans la gamme de 40 MHz à 80 MHz, avec son antenne log-périodique (gain 14 dB). Le balayage des fréquences est

synchronisé sur la cadence d'acquisition du système numérique.

3) un interféromètre à trois antennes et à multi-corrélation permettant la mesure de la position des événements observés à 75.5 MHz.

4) (pour mémoire) avant l'exploitation en routine du nouveau système numérique, nous utilisions une caméra 35 mm à défilement continu, filmant un système de visualisation par diodes électro-luminescentes (rangée de 220 diodes avec marquage de la date de l'heure et de tops (secondes, minutes). Cette technique ancienne a été définitivement remplacée par des tracés grisés effectués en temps quasi réel sur une imprimante laser à partir des données numériques traitées en temps réel (voir plus bas).

2. Partie numérique

La chaîne de digitalisation réalisée en 1972 pour les besoins de l'expérience spatiale Stéréo-V et utilisée pour le radiospectrographe multicanal depuis 1979 [2] se trouvait largement dépassée et avait des possibilités très limitées. De plus elle présentait des signes de vieillissement inquiétants (pannes de plus en plus fréquentes) et des erreurs de données difficiles à détecter et à corriger. De surcroît, de nombreuses pièces de rechange n'existaient plus et il était devenu pratiquement impossible de la maintenir. De fait, le multiplexeur est tombé en panne en février 1988, et il n'a pas été possible de le dépanner. Avec cette chaîne de digitalisation, les observations en routine étaient limitées aux caractéristiques suivantes :

- 32 voies digitalisées à 11 bits (soit 2048 niveaux) ;
- cadence d'acquisition de 10 points par seconde ;
- enregistrement sur bande magnétique à 800 bpi (6 heures d'observation continue par bande).

La correction d'étalonnage se faisait en temps différé et aucune compression de données n'était effectuée en temps réel.

Avec de telles caractéristiques, les possibilités du récepteur n'étaient que très partiellement exploitées.

Le nouveau système numérique «ARTEMIS» (Appareil de Routine pour le Traitement et l'Enregistrement Magnétique de l'Information Spectrale) a été testé sur les sorties du radiospectrographe multicanal durant l'été 1988 et il fonctionne en routine depuis l'été 1989. Ses caractéristiques principales sont les suivantes :

- conversion numérique de 128 voies sur 12 bits (4096 niveaux) ;
- cadence d'acquisition 100 pts/s (au maximum 300 pts/s pour 128 voies) ;
- correction d'étalonnage en temps réel ;
- formatage et datation au centième de seconde près par rapport au temps universel ;
- lissage numérique à 0,2 Hz ;
- compression des données en temps réel pour limiter l'enregistrement aux seuls événements utiles ;
- écriture automatique des fichiers des données utiles, du fichier de données lissées et du fichier de gestion journalière ;
- enregistrement sur bande magnétique de 6250 bpi, directement archivable et exploitable scientifiquement.

- affichage en temps réel des données lissées, des paramètres d'observation et indication du résultat du test de compression (rafraîchissement de 5 s) ;
- visualisation graphique en temps réel des spectres dynamiques en tracé grisé, permettant l'affichage des 50 dernières minutes d'observation (permettant, par exemple, la détermination du type spectral en temps réel) ;
- tracé journalier et automatique de spectres grisés sur imprimante laser (quick look) permettant l'identification spectrale et temporelle de l'activité principale, avec un traitement d'image permettant de faire ressortir les événements faibles.

3.1. Description synoptique

L'ensemble du système est représenté Figure 2. Une caractéristique principale est que celui-ci est scindé en deux modules, correspondant à deux bus VME indépendants, comportant chacun deux processeurs et quatre canaux DMA. Ils se répartissent les diverses tâches :

- acquisition (module 1) ;
- traitement en temps réel (module 2).

Ces deux modules échangent les données entre eux par un ensemble de liaisons séries (module 3) comportant :

a) une liaison série synchrone à une vitesse supérieure à celle de l'acquisition des données (au minimum 300 Kbps et au maximum 1,5 Mbps)

b) trois liaisons séries asynchrones à 9600 bauds pour commander le système d'acquisition par le système de traitement et pour relier celui-ci à l'extérieur.

Enfin ce système supporte les sorties suivantes :

- enregistrement magnétique sur bande 9 pistes, 1/2 pouce, 6250 bpi (module 4) ;
- visualisation des données après intégration :

a) valeurs lissées affichées à l'écran ;

b) affichage continu des 50 dernières minutes des spectres dynamiques en tracé grisé (intensité et traitement d'image différentiel) ;

c) tracé sur imprimante Laser ;

Les traitements conduisant aux tracés b) et c) sont réalisés sur un micro-ordinateur AT386 (module 5).

3.2. Description du Matériel

Le **système frontal** effectue l'acquisition, la numérisation de 128 voies analogiques, ainsi que la correction, l'intégration et la datation des données en temps réel. Il est composé d'un système 319 Motorola à bus VME avec les cartes optionnelles suivantes :

MVME123carte-mère à processeur 68010 (12,5 MHz); cette carte a été configurée sans sa mémoire cache, afin de pouvoir optimiser la vitesse de fonctionnement en temps réel ; elle comprend 512 Ko de mémoire RAM à double accès.

MVME050contrôleur de bus, horloge temps réel, deux ports série avec un MCC (MultiProtocol Communication Controller).

Les cartes complémentaires suivantes sont également utilisées :

MVME222 mémoire 1 Mo pour correction d'étalonnage en temps réel par transcodage.

XVME560 (de marque XYCOM) : acquisition et conversion numérique de 64 voies sur 12 bits à 50 µs par voie ; deux cartes sont utilisées pour permettre le traitement de 128 canaux en parallèle (interlacées). Les entrées analogiques sont filtrées à 50 Hz (cadence d'échantillonnage de 100 Hz).

Le **système principal** reçoit, en temps réel, les données du système frontal pour les traiter et les archiver. Il gère également les périodes d'observations et le mode de fonctionnement. En temps différé, il effectue différents calculs, tel que la génération et le chargement du tableau de correction d'étalonnage et de conversion en température d'antenne, etc. Il permet tout traitement en temps différé sur le site. Il est composé d'un système MVME133 Motorola avec les cartes standard :

MVME133 à processeur 68020 (12,5 MHz), 1 Mo de mémoire RAM à double accès, et coprocesseur mathématique (68881) ;

MVME319 contrôleur de mémoire de masse supportant le floppy disque de 1 Mo, et deux disques durs de 70 Mo ;

La carte d'interface suivante est également utilisée :

V/TAPE 3209 (Interphase): contrôleur de bande magnétique 1/2 pouce...

Pour le **transfert des données** entre les deux systèmes, une carte intelligente a été ajoutée à chacun d'eux :

MVME333 à processeur 68010 (10 MHz), mémoire Ram de 512 Ko, quatre canaux DMA, six canaux de communication série (3 SCC Z8530 de Zilog) ;

MVME705 interface permettant de configurer les six voies séries en DCE ou DTE aux normes RS232C ou RS422.

Ces cartes de communications série ont été choisies pour permettre une liaison à grande distance entre deux systèmes (jusqu'à 1 km), ainsi que la gestion d'un grand nombre d'entrées-sorties (datation, quick-look, liaisons faciles avec l'extérieur).

L'enregistrement magnétique est assuré par un M990(Cypher), dérouleur de bande «streamer» 9 pistes, 1/2 pouce, GCR (6250 bpis), vitesse 70 ips, mémoire cache et logiciel associé pour émuler le fonctionnement en start/stop.

La **cadence et synchronisation** fait appel à une 57HF (BHL Electronique), horloge radio numérique à microprocesseur recevant les signaux horaires émis en modulation de phase par France-Inter Allouis (162 kHz), fournissant les tops de numérisation à 100 Hz synchronisés sur le TU, les tops de synchronisation toutes les secondes, et, sur interrogation par liaison RS232C, la datation en cours (an, mois, jour, heure, minute, seconde TU à 0,01 s près).

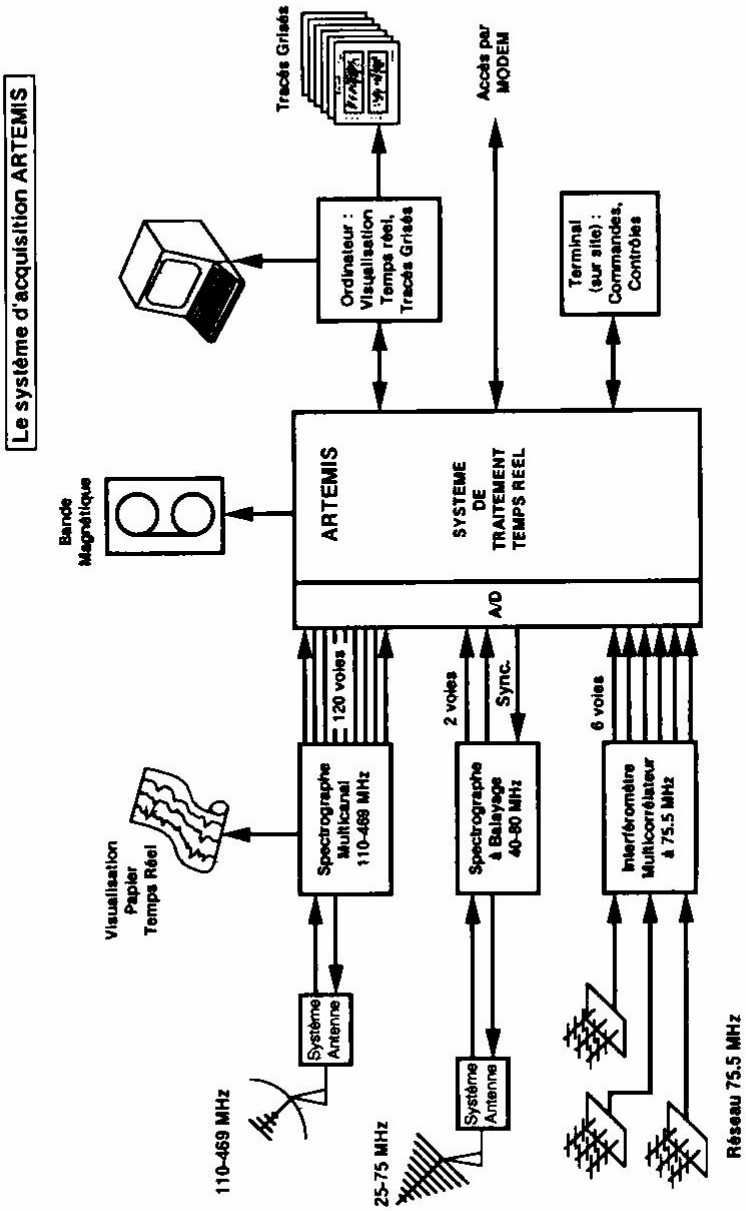
La **visualisation en temps réel et le tracé quick-look** sont réalisés à partir d'un ordinateur personnel AST 386SX/16 avec écran VGA. Il reçoit d'une part les données lissées envoyées par la carte de communication MVME333 du système d'acquisition sur une liaison série RS232C à 9600 bauds (port COM1) et d'autre part la datation en TU envoyée sur interrogation par l'horloge 57HF (port COM2).

Ce PC effectue les traitements et les mises en pages nécessaires

d'une part à l'affichage des spectres dynamiques en temps réel sur l'écran graphique (16 niveaux de gris) et d'autre part à l'impression automatique journalière sur l'imprimante laser, une HP LaserJet III branchée sur le port parallèle du PC AST.

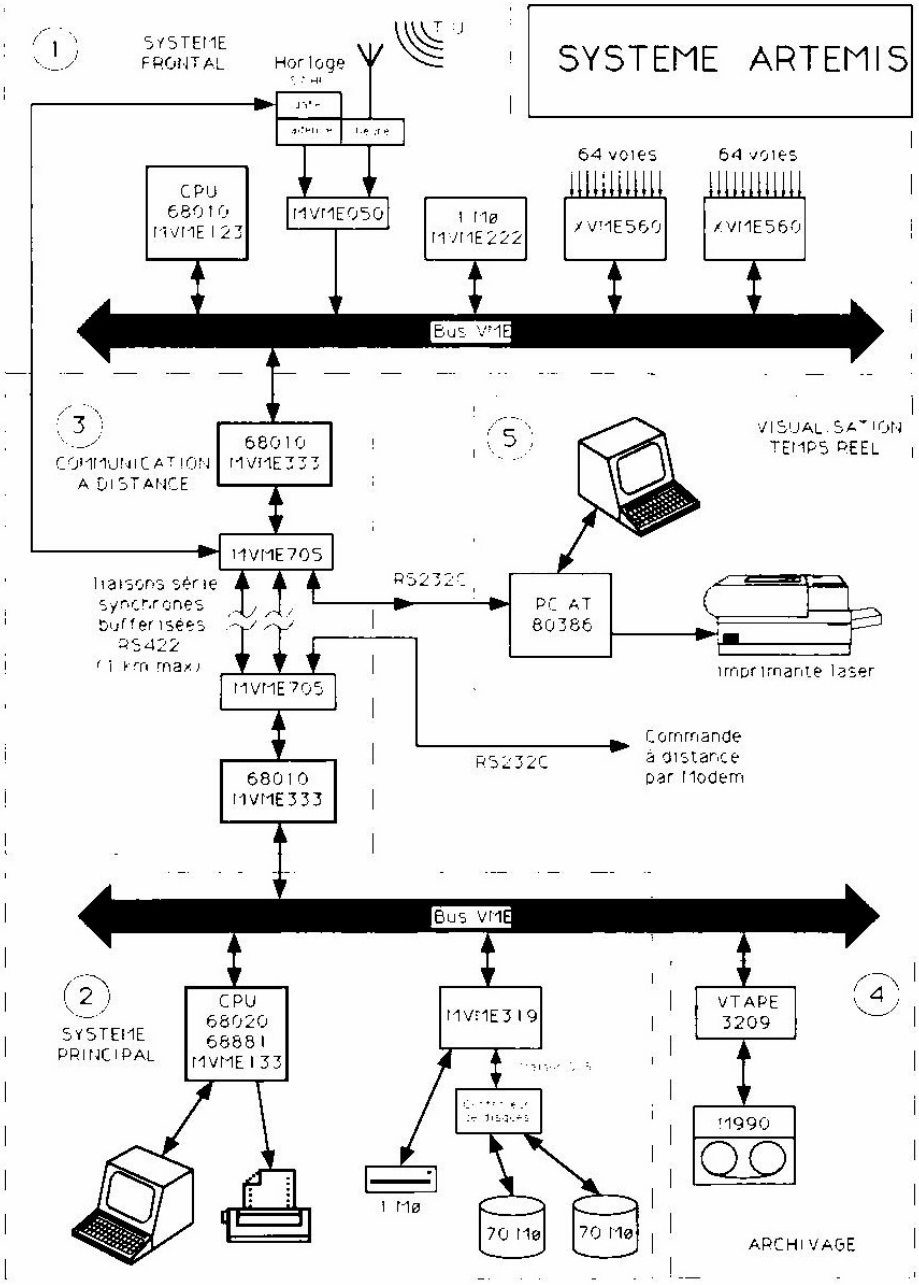
La description des logiciels que nous avons développés pour effectuer en temps réel l'acquisition, la conversion numérique par interlaçage, la correction d'étalonnage par transcodage, la communication entre les deux systèmes, la compression des données, l'archivage sur bandes magnétiques, l'enregistrement des images sur papier et leur affichage en temps réel à l'écran, la gestion des observations et la gestion de données, fait l'objet de la deuxième partie.

PC


Le système d'acquisition ARTEMIS
Tracés Grisés
Accès par MODEM
Ordinateur : Visualisation Temps réel, Tracés Grisés
Terminal (sur site) : Commandes, Contrôles
Bande Magnétique
ARTEMIS
SYSTEME DE TRAITEMENT TEMPS REEL
A/D
120 voies
2 voies
Sync.
6 voies
Visualisation Papier Temps Réel
Spectrographe Multicanal 110-469 MHz
Spectrographe à Balayage 40-80 MHz
Interféromètre Multicorrélateur à 75.5 MHz
Système Antenne
Système Antenne
110-469 MHz
25-75 MHz
Réseau 75.5 MHz

BANC D'ESSAI

PC



II. Les logiciels temps réel ARTEMIS

Dans la première partie, nous avons décrit l'architecture du système d'acquisition et de traitement ARTEMIS.

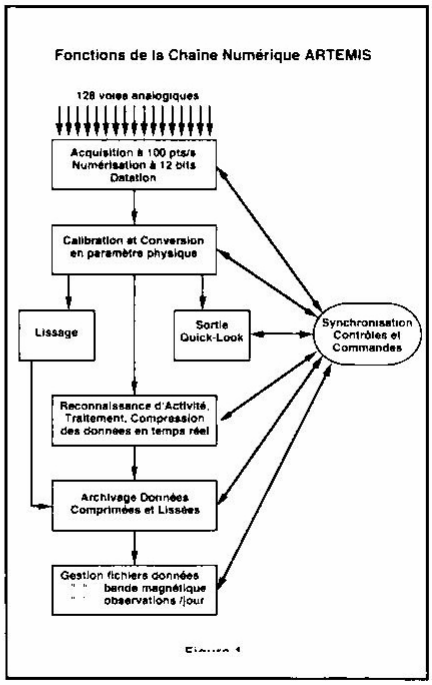
Dans cette deuxième partie, nous décrivons les logiciels déjà développés et actuellement utilisés pour faire fonctionner ARTEMIS. Ces logiciels ont été écrits pour satisfaire les besoins scientifiques et répondre au cahier des charges décrit dans la première partie. Pour la réalisation des logiciels, le principe dominant a été de faire en sorte que le maximum de tâches soient réalisées en temps réel ou quasi-réel, de façon à minimiser le travail lié à l'exploitation régulière des données.

Généralités

Les logiciels supportent et effectuent en routine l'ensemble des fonctions suivantes :

a) **En temps réel** (voir diagramme fonctionnelci-contre) :

- acquisition en parallèle des données des 120 voies analogiques du Radiospectrographe Multicanal ;
- acquisition de deux canaux (intensité et balayage synchronisé sur la cadence d'acquisition) d'un spectrographe à balayage couvrant la gamme 40 MHz-80 MHz ;
- acquisition des 6 voies d'un interféromètre triangulaire à 75.5 MHz interféromètre multicorrélateur) ;
- cadence d'acquisition 100 points/sec, avec possibilité de la tripler ;
- datation absolue (TU) avec une précision de 0.01 s ;
- numérisation sur 12 bits (4096 niveaux) ;
- calibration et correction d'étalonnage en temps réel (conversion en paramètre physique) ;
- lissage des données à 0.2 Hz, pour tracé quick look et archivage systématique ;
- reconnaissance d'activité et compression du volume des données sans dégrader le signal utile ;
- affichage à l'écran de données lissées, des paramètres d'observation et indication du résultat du test de reconnaissance d'activité ;
- visualisation sur écran graphique des 50 dernières minutes d'observation des spectres dynamiques en tracé grisé, avec datation et traitement



d'image différentiel permettant de faire ressortir les événements faibles ;

- création et archivage sur bandes magnétiques de fichiers des données utiles, de fichiers de données lissées et de fichiers journaliers de leur gestion ;
- tracé journalier et automatique de spectres grisés sur imprimante laser (quick look) permettant l'identification spectrale et temporelle de l'activité principale (intensité et traitement différentiel). Un exemple de tracé en intensité est donné Figure 2. Une journée est couverte par 3 pages de tracés en intensité, et 3 pages de tracés différentiels ;
- gestion des observations de chaque jour et gestion quantitative des données archivées sur bande.

b) En temps différé

- génération et chargement du tableau de correction d'étalonnage et de conversion en température d'antenne ;
- différents traitements pour la manipulation et l'exploitation des données enregistrées sur bandes magnétiques.

Logiciels du marché

Les logiciels et outils suivants, disponibles sur le marché, ont été utilisés :

logiciels Motorola :

- un debugger 120 pour MVME123
- un debugger 133 pour MVME133
- un debugger 333 pour MVME333
- un debugger symbolique SYMBUG
- un assembleur-linker 68010 et 68020
- un système d'exploitation VERSADOS multi-tâche, temps réel, de développement, et multi-utilisateur.

autres logiciels pour système Motorola :

- un driver sous Versados pour dérouleur de bande (Interphase)
- un compilateur Fortran 77 (Absoft)
- un compilateur du langage C (Alcyon).

logiciels PC :

- DOS et utilitaires AST
- Turbo Pascal avec debugger symbolique (BORLAND).

Les logiciels développés pour Artémis

Tous les logiciels actuellement développés, même les drivers de communication à haut débit, l'ont été à l'aide des outils fournis.

Les logiciels du système frontal ainsi que les drivers de communication série entre les deux systèmes, ont été écrits en assembleur et tournent sans utiliser le système d'exploitation pour permettre une plus grande vitesse de fonctionnement. Par contre, le système principal tourne sous VERSADOS et la plupart de ses logiciels sont écrits en langages évolués (FORTRAN, C). La plus grande partie des logiciels développés s'exécute en temps réel.

1. Les logiciels temps réel

L'ensemble des fonctions qu'Artémis doit exécuter en temps réel peut se séparer en fonctions de servitude et fonctions d'application, séparation qui se reflète dans l'architecture du système. Le système frontal est fait pour

décharger autant que possible le système principal des tâches de servitude, afin que ce dernier se consacre essentiellement aux tâches d'application. Cela n'empêche pas le système principal d'avoir un minimum de tâches de servitude à accomplir (l'écriture sur bande par exemple), ni le système frontal de consacrer une portion de son temps au prétraitement des données (correction d'étalonnage et lissage des données par exemple).

Logiciels exécutés en temps réel

Un programme d'acquisition et de numérisation de données sur 128 voies avec correction d'étalonnage en temps réel par transcodage. Il délivre en flip-flop sur 256 Ko de mémoire une «page» de 126 Ko datée, toutes les 5 secondes

Un driver série asynchrone pour prélever la datation à l'horloge radio 57HF (signaux horaires émis en modulation de phase par France-Inter Allouis).

Un driver de transfert série synchrone, qui prélève en synchronisme avec l'acquisition la page préparée par elle et l'émet sur la liaison série, à 300 Kbits/s.

Un driver de réception série synchrone, qui reçoit cette page et la livre au système de traitement en lui indiquant la présence ou l'absence d'activité solaire.

Un driver série asynchrone pour transmettre au système de visualisation quick-look (PC AST) les données lissées datées, comportant d'une part les 120 canaux du spectrographe multicanal, et d'autre part 20 voies obtenues par démultiplexage des données du spectrographe à balayage.(40 MHz-80 MHz).

Un driver d'écriture en temps réel sur bande magnétique effectuant les tâches suivantes :

- écriture des fichiers des données avec activité, des fichiers de données lissées journalières, et du fichier de leur gestion journalière ;
- réveil et mise en sommeil à des heures d'observation journalières modifiables ;
- affichage en temps réel et bilan journalier de l'utilisation de la bande ;
- gestion et affichage de la capacité de bande restante ;
- écriture automatique d'un fichier de gestion du contenu de la bande ;
- rembobinage en fin de bande et affichage à l'écran des procédures.

Des utilitaires généraux et spécifiques de manipulation des bandes (lecture d'un bloc de données, du secteur des paramètres d'une page, saut d'un ou de plusieurs blocs, recherche avant ou arrière de début de fichier, ré-écriture d'un bloc de texte, de «filemarks», etc...).

Un programme d'interaction (en langage C), permet à l'utilisateur d'intervenir sur le système principal à tout moment, pour modifier les paramètres du fonctionnement de l'instrument (changement de la fréquence d'échantillonnage, demande d'étalonnage, lecture de l'heure et de la date, acquisition de données brutes, etc.).

Un driver de communication série asynchrone (émission-réception) permet le transfert des commandes de l'utilisateur du système principal au système frontal.

Un ensemble de programmes (en langage Pascal) tournant sous DOS sur le PC AST et permettant les tracés grisés des spectres dynamiques à l'écran en temps réel et, chaque soir, sur l'imprimante laser en mode graphique (programmation en utilisant le mode de commande LaserJet III en contexte PCL).

L'émission et la réception des trames de données sur la liaison série synchrone entre les deux systèmes sont faites par DMA. Pour la réalisation de cette liaison à haut débit, aucun logiciel de base n'existait et il a fallu développer les drivers de communication de toutes pièces. La programmation en assembleur des contrôleurs d'accès direct (DMAC) et de communication série (SCC), ainsi que la synchronisation de leur fonctionnement avec la tâche d'acquisition des données a posé des problèmes délicats et a demandé un effort ardu et prolongé. Par exemple, il faut faire respecter par toute autre tâche l'impératif de priorité et de «timing» d'exécution de la tâche d'acquisition. Pour ce faire, une précaution indispensable dans la programmation du DMA est de ne pas céder à la tentation d'utiliser sa vitesse maximum de transfert, car, dans ce cas, le DMA ne libère pas le bus VME tant qu'il n'a pas fini le transfert de son bloc de données, même si la tâche d'acquisition a une priorité supérieure.

Les processeurs de communication commandant les canaux DMA par interruption, ont le temps d'effectuer un affichage à l'écran des valeurs moyennes des 128 voies et des paramètres de l'acquisition et du traitement, ainsi qu'une analyse du niveau d'activité dans les données, suivant un algorithme de compression par page utilisant des voies pilotes qui peuvent être choisies avec un seuil de déclenchement indépendamment réglable ; la présence d'activité est définie sur chaque voie pilote par la comparaison à sa marge de l'écart moyen des points de la page courante par rapport à la moyenne de cette voie sur la page précédente ; les moyennes sont retenues en permanence (256 octets toutes les 5 secondes), constituant un fichier de «données lissées» ; on réalise ainsi une compression de données sans dégradation des événements utiles. L'application en temps réel de cet algorithme de compression simple mais efficace, nous permet, depuis l'été 1989 de réduire considérablement l'énorme quantité des données acquises en routine.(1,5 Go/jour) à un volume raisonnable (2 bandes de 150 Mo chacune par semaine). Pour améliorer encore le taux de compression de données, mieux éliminer les parasites et/ou retenir de façon sélective tel ou tel type d'activité, d'autres algorithmes ont été et seront développés et testés sur des données non comprimées, puis seront intégrés au système et appliqués en temps réel.

2. Les logiciels temps différé

Pour obtenir le tableau de correction d'étalonnage, plusieurs programmes à exécuter avant les observations sont nécessaires :

- un programme de calibration permet l'acquisition, le transfert et l'enregistrement sur disque dur des données d'étalonnage, avant le début des observations.
- un programme (Fortran) fait les calculs nécessaires pour générer le tableau de correction d'étalonnage et de conversion des données en

température d'antenne (4096 niveaux pour chacune des 120 voies).

- un driver de communication série synchrone (émission-réception) transfère le tableau généré, du système principal vers le système frontal, afin de charger ce tableau dans la mémoire de 1 Mo destinée à la correction d'étalonnage par transcodage.

Tout logiciel dont le langage n'est pas mentionné, a été écrit en assembleur 68010.

Les logiciels de traitement pour l'exploitation scientifique des données (gestion de fichiers, tracés des spectres dynamique par canaux ou en grisé, en intensité ou différentiels, à échelles variables etc...), feront l'objet d'un prochain article.

Conclusions

La réalisation et la mise-en-oeuvre du système ARTEMIS constituent un exemple assez complet de ce que peut nécessiter comme traitement en temps réel une expérience scientifique réalisant des observations de routine détaillées d'événements sporadiques, avec un haut débit d'information (≈ 1.5 Go à analyser chaque jour). Le but fixé pour l'expérience ARTEMIS («boîte noire» analysant, gérant et archivant les données spectrales de la basse couronne solaire) est donc bien atteint. De plus, nous pensons que, tel qu'il est, ou après mise-à-jour technique ou adaptation à certains besoins spécifiques, le système que nous avons construit peut convenir à d'autres expériences dans des domaines similaires ou différents.

Lorsque ce travail a débuté, en 1986, le choix du matériel et les possibilités étaient moindres qu'actuellement. Nous pensons cependant que les efforts que nous avons fait pour développer les logiciels temps réel et drivers spécifiques ont largement été récompensés dans la mesure où nous avons obtenu un système très optimisé qui dispose encore d'une réserve de puissance de calcul temps réel pour des traitements plus complexes. En effet, toutes les tâches critiques en temps (conversion numérique, transcodage, datation, formatage, transfert de données, etc) ne sont pas effectuées sous le système d'exploitation, mais directement par programmation en assembleur des processeurs et des canaux DMA ; de plus, les diverses tâches ont été «astucieusement» réparties entre les différents processeurs. Nous pensons ainsi avoir obtenu des performances équivalentes à celles d'autres systèmes plus modernes fonctionnant avec des logiciels temps réel tels que VXWORKS, dont l'avantage principal reste la facilité de développement et d'adaptation au plus grand nombre de situations.

Remerciements

Les équipements numériques ARTEMIS ont été financés par l'INSU (Institut National des Sciences de l'Univers). L'un d'entre nous (DM) a bénéficié d'une allocation de la Communauté Européenne (Programme Science-Stimulation) et de délégations de postes à l'Observatoire de Paris-Meudon. Nous avons bénéficié d'un programme d'échange CNRS-EIE géré par la DRCI du CNRS, ainsi que d'un programme de collaboration bilatéral scientifique et technique (Affaires Etrangères). Nous remercions Messieurs P.Picard, L.Denis et G.Huntzinger pour leurs contributions et conseils lors de la définition du système. Nous remercions J.Renaud pour son assistance inestimable lors de l'implantation du système ARTEMIS à Nançay.

Références

[1] *G.Dumas, "Le nouveau radiospectrographe multicanal numérique installé à la Station de radioastronomie de Nançay", L' Onde Electrique, vol. 62, 1982.*

[2] *G.Dumas, C.Caroubalos and J.-L. Bougeret, «The Digital Multichannel Radiospectrograph in Nançay», Solar Physics 81, pp. 383-394, 1982.*