



Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre  
de Strasbourg



Réseau National de Surveillance Sismique

## Le Réseau Large Bande

Christophe de Peretti

26 septembre 2005



# Table des matières

<b>1</b>	<b>Le réseau Large Bande national</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Les stations du RéNaSS</b>	<b>4</b>
2.1	RENF . . . . .	5
2.1.1	Matériel . . . . .	5
2.1.2	Acquisition . . . . .	5
2.2	CFF . . . . .	6
2.2.1	Matériel . . . . .	6
2.2.2	Acquisition . . . . .	6
2.3	DOU . . . . .	7
2.3.1	Matériel . . . . .	7
2.3.2	Acquisition . . . . .	7
2.4	CHIF . . . . .	8
2.4.1	Matériel . . . . .	8
2.4.2	Acquisition . . . . .	8
2.5	ATE . . . . .	9
2.5.1	Matériel . . . . .	9
2.5.2	Acquisition . . . . .	9
2.6	SJAL . . . . .	10
2.7	ARBF . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Les systèmes d'acquisition</b>	<b>11</b>
3.1	Fonctionnement de la chaîne d'acquisition . . . . .	11
3.2	Capteur STS-2 . . . . .	12
3.3	Numérisation TITAN . . . . .	14
3.4	Acquisition informatique . . . . .	15
3.4.1	ATLAS . . . . .	15
3.4.2	IRAE . . . . .	16
3.4.3	TITacq . . . . .	16
3.5	Les données Large Bande . . . . .	17
3.5.1	Archivage des données . . . . .	18

3.5.2	Accès aux données . . . . .	18
<b>A</b>	<b>Exemples d'installations</b>	<b>20</b>
<b>B</b>	<b>Numériseur TITAN</b>	<b>24</b>
<b>C</b>	<b>Exemple de données</b>	<b>29</b>
<b>D</b>	<b>Site Internet : l'accès aux données</b>	<b>34</b>

# Chapitre 1

## Le réseau Large Bande national

Le Réseau Large Bande National est constitué de 18 stations sismologiques réparties sur le territoire métropolitain (cf fig 1.1). Elles sont placées sous la responsabilité de différents Observatoires et Universités :

Les stations **ARBF** (Arbois), **STET** (Saint Etienne-de -Tinée), **CALN** (Cailern), **SMPL** (chute de Sampolo), **SAOF**(Saorge) et **RUSF**(Rustrel) sont gérées par le Réseau TGRS<sup>1</sup> du laboratoire GéoScience Azur (INSU<sup>2</sup>/CNRS<sup>3</sup>) de l'Université de Nice Sophia-Antipolis.

La station **SJAL** (Saint Jean d'Albère) est géré par l'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP).

Les stations **DOU** (CPG<sup>4</sup> de Dourbes), **RENF** (Université de Rennes), **CHIF** (Chizé, site ONF<sup>5</sup>/CNRS), **CFF** (Université de Clermont-Ferrand), **ATE** (Arette) sont directement gérées par le site Central du RéNaSS à l'Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre de Strasbourg.

(**ARBF**-TGRS et **SJAL**-OMP en cogestion avec le ReNaSS)

Les stations **ECH** (Echery), **SSB** (Saint-Sauveur-de-Badole) sont gérées par l'Institut de Physique du Globe de Paris (GEOSCOPE).

Les stations **OGAG** (L'Argentière-La-Bessée), **OGDI** (Digne), **OGGM** (Grand-Maison), **OGSI** (Sixe) sont gérées par l'Observatoire de Grenoble (le réseau RosAlp)

---

<sup>1</sup>Très Grande Résolution Sismique

<sup>2</sup>Institut National des Sciences de l'Univers

<sup>3</sup>Centre National de la Recherche Scientifique

<sup>4</sup>Centre de Physique du Globe de Belgique

<sup>5</sup>Office Nationale des Forêts

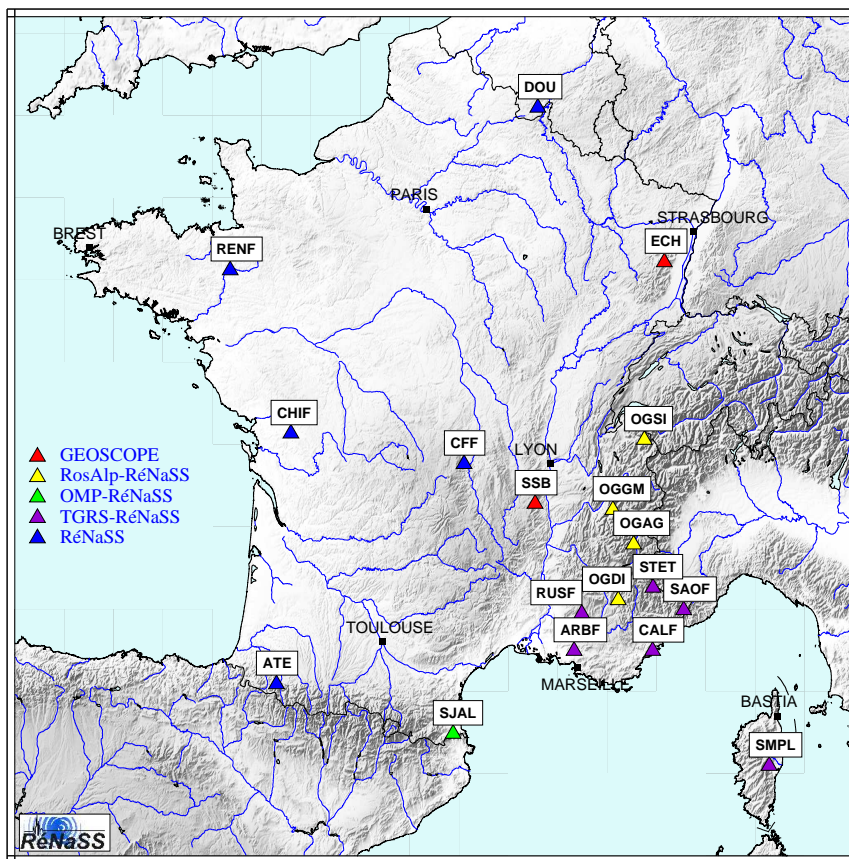


FIG. 1.1 – Répartition des stations Large Bande

GEOSCOPE :	SSB	45.279N	4.542E	700m	Saint-Sauveur-de-Badole (42)
	ECH	48.216N	7.158E	580m	Echery (68)
RosAlp :	OGAG	44.786N	6.538E	1300m	L'Argentière-la-Bessée (05)
	OGDI	44.108N	6.225E	770m	Digne (05)
	OGGM	45.204N	6.116E	1575m	Grand-Maison (38)
TGRS :	OGSI	46.056N	6.757E	750m	Sixte (74)
	ARBF	43.492N	5.332E	185m	Arbois (13)
	CALF	43.492N	6.922E	1242m	Calern (06)
	SMPL	42.094N	9.285E	405m	Sampolo (2B)
	SAOF	43.986N	7.553E	595m	Saorge (06)
RéNaSS :	RUSF	43.943N	5.486E	520m	Rustrel (84)
	STET	44.259N	6.929E	1200m	Saint-Etienne-de-Tinée (04)
	DOU	50.095N	4.595E	224m	Dourbes (Belgique)
	RENF	48.119N	1.635O	40m	Rennes (35)
	ATE	43.086N	0.700O	480m	Arette (64)
OMP :	CFF	45.762E	3.102E	400m	Clermont-Ferrand (63)
	CHIF	46.133E	0.407O	62m	Chizé (79)
	SJAL	42.484N	2.882E	450m	Saint-Jean-d'Albère (66)

# Chapitre 2

## Les stations du RéNaSS

Le site central du RéNaSS gère la maintenance et le traitement des données des cinq stations **RENF**, **CFF**, **ATE**, **CHIF**, **DOU**.

Les données des stations **SJAL** et **ARBF** sont accessibles par le site central du RéNaSS et rentrent dans la chaîne de traitement mais leur maintenance est assurée respectivement par l'Observatoire Midi-Pyrénées et le réseau Très Grande Résolution Sismique de Nice.

Les stations du RéNaSS sont toutes équipées d'un sismomètre de type **Portable Very-Broad-Band Tri-Axial Seismometer Streckeisen STS-2(120s-50Hz)**.

La numérisation des données des capteurs STS-2 des stations RéNaSS (Strasbourg) est de type TITAN<sup>1</sup> (Cf. 3.3)

---

<sup>1</sup>numériseurs TITAN produits d'AGECODAGIS Sarl France

## 2.1 RENF

La Station de Rennes est abritée par l'Université de Rennes (Campus Beaulieu) au sous-sol d'un de ses bâtiments. Le capteur est posé sur une dalle sismique. (Cf. Annexe A.1).

### 2.1.1 Matériel

capteur	STS-2 (120s-50Hz)(SN 89313)
numeriseur	TITAN-3XT CS 5323/22 SN :IPGSTRAS 9342 date de fabrication :21.10.93 TITAN 04
ordinateur	portable Toshiba S1700-200 modele PS170E-00021-FR SN 51761090G Celeron 686 GeniumIntel 650 Mhz 128 Mo RAM système : Linux Red Hat (+adaptateur secteur)
horloge	DCF : LCD UP C2 signal capté 4074-19031
batterie	12v 50Ah (+chargeur sur secteur)

### 2.1.2 Acquisition

L'acquisition des données en sortie du numeriseur TITAN (Cf. 3.3) s'effectue à l'aide des programmes TITacq (Cf.3.4.3) sur un ordinateur portable. Ensuite les données sont transférées via le réseau informatique vers le site central du RéNaSS en temps quasi-réel (synchronisation toutes les 2 minutes ssh, rsync). L'ordinateur portable garde en mémoire un mois de données.

Fréquence d'échantillonnage du numériseur :

- voie primaire (LH) 62.5Hz
- voie secondaire (BH) 0.97Hz (décimation DSP 62.5Hz/64)

La station connectée au réseau informatique participe au réseau virtuel européen le VEBSN<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>Virtual European BroadBand Seismograph Network  
(EC-project-MEREDIAN, ORFEUS)



## 2.2 CFF

La station se situe sur le Campus de l'Université de Clermont-Ferrand dans une cave sismologique.

### 2.2.1 Matériel

capteur	STS-2 (120s-50Hz) (SN 89313)
numériseur	TITAN-3XT CS 5323/22 date de fabrication : 01.01.95 TITAN 04
ordinateur	portable Toshiba S1700-200 système :Linux Red Hat modele PS181E00CE91B SN 91538860G Celeron 686 GeniumIntel 650 Mhz 128 Mo RAM (+adaptateur secteur)
horloge	DCF LCD UP C2 signal capté 4074-19031
Batterie	12v 50Ah (+chargeur sur secteur)

### 2.2.2 Acquisition

L'acquisition des données en sortie du numériseur s'effectue à l'aide des programmes TITacq (Cf. 3.4.3) sur un ordinateur portable.

Ensuite les données sont transférées via le réseau informatique vers le site central du RéNaSS en temps quasi-réel (synchronisation toutes les 2 minutes *ssh*, *rsync*). L'ordinateur portable garde en mémoire un mois de données.

Fréquence d'échantillonnage du numériseur :

- voie primaire (LH) 62.5Hz
- voie secondaire (BH) 0.97Hz (décimation DSP 62.5Hz/64)

La station connectée au réseau informatique participe au réseau virtuel européen le VEBSN.

## 2.3 DOU

La station est abritée par le Centre de Physique du Globe de Belgique dans une cave sismologique (Cf. Annexe A.2).

### 2.3.1 Matériel

capteur	STS-2 (120s-50Hz) SN 39303
numériseur	TITAN-6XT CS 5323/22 SN 0050079342 date de fabrication : 10.01.93 TITAN 04
ordinateur	portable Keynux SN :NCD4153500171 système : Linux mandrake 9.2 +modem speed'com 56000 Olitec SN 91730367037105
horloge	DCF : LCD UP C2 signal capté 4074-19031
Batterie	12v 50Ah (+chargeur sur secteur)

### 2.3.2 Acquisition

L'acquisition des données en sortie du numériseur s'effectue à l'aide des programmes TITacq (Cf. 3.4.3) sur un ordinateur portable. Ensuite les données sont transférées via le réseau informatique vers le site central du RéNaSS en temps quasi-réel (synchronisation toutes les 2 minutes *ssh*, *rsync*). L'ordinateur portable garde en mémoire un mois de données.

Fréquence d'échantillonnage du numériseur :

- voie primaire (LH) 62.5Hz
- voie secondaire (BH) 0.97Hz (décimation DSP 62.5Hz/64)

La station connectée au réseau informatique participe au réseau virtuel européen le VEBSN.

## 2.4 CHIF

La station se trouve au milieu de la forêt domaniale de Chizé dans un local de l'Office National des Forêts aménagé pour recevoir des instruments scientifiques (dalle sismologique et instrumentation GPS Cf. Annexe A.3, système de communication Annexe 4.4)

### 2.4.1 Matériel

capteur	STS-2 (120s-50Hz) SN 39303
numeriseur	TITAN-6XT CS 5323/22 SN 00010009 date de fabrication : 10.01.95 TITAN 27C
ordinateur	portable Keynux SN :NCD4153J00190 système : Linux mandrake 10.0
horloge	DCF : LCD UP C2 signal capté 4074-5019
Batterie	12v 50Ah (+chargeur sur secteur)
communication	parabole satellite double tête(emission/reception) modem satellite routeur d'adresse IP (opérateur Aramiska)

### 2.4.2 Acquisition

L'acquisition des données en sortie du numeriseur s'effectue à l'aide du programmes TITacq (Cf. 3.4.3) sur un ordinateur portable. Ensuite les données sont transférées via le réseau informatique vers le site central du RéNaSS en temps quasi-réel (synchronisation toutes les 2 minutes *ssh*, *rsync*). L'ordinateur portable garde en mémoire un mois de données.

L'éloignement de la station par rapport au plus proche point d'accès à internet nous amené a choisir la voie satellitaire pour connecter la station au réseau informatique. Le système en place depuis janvier 2005 a valeur de test (debit,fiabilité de la connexion,etc...) pour son eventuelle installation sur les stations très isolées d'Arette et de Saint Jean d'Albère (**ATE**, **SJAL**).

Fréquence d'échantillonnage du numériseur :

- voie primaire (LH) 62.5Hz
- voie secondaire (BH) 0.97Hz (décimation DSP 62.5Hz/64)

La station connectée au réseau informatique participe au réseau virtuel européen le VEBSN.

## 2.5 ATE

La station se trouve sur un site surplombant le village d'Arette au pied du massif des Pyrénées (capteur dans une niche taillée dans la roche).

### 2.5.1 Matériel

capteur	STS-2 (120s-50Hz) SN 39303
numériseur	TITAN-6XT CS 5323/22 date de fabrication :01.01.96 TITAN 27C
ordinateur	PC pentium II 350Mhz SN 98081858 système/ DOS <sup>3</sup> +modem speed'com 56000 V90 Olitec SN91730367037105 (+adaptateur secteur)
horloge	DCF : LCD UP C2 signal capté SN 4078-10701/SP-19228
Batterie	12v 60Ah (+chargeur sur secteur)

### 2.5.2 Acquisition

L'acquisition en sortie du numériseur est de type ATLAS (Cf. 3.4.1). Le rapatriement des données vers le site central (seuls les événements significatifs) s'effectue à l'aide du programme *inter*<sup>4</sup> par liaison téléphonique.

Fréquence d'échantillonnage du numériseur :

- voie primaire (LH) 62.5Hz
- voie secondaire (BH) 0.97Hz (décimation 62.5Hz/64)

---

<sup>4</sup>ATLAS-TITAN COMMUNICATOR, J.-F. Fels (OMP Toulouse) O. Coutant (IRIGM Grenoble)

## 2.6 SJAL

La station de Saint Jean d'Albère est gérée par l'Observatoire Midi-Pyrénées. Son système d'acquisition est de type ATLAS avec un numériseur TITAN-6NT (CS5323/22).

Le rapatriement des données vers le site central (seuls les évènements significatifs) s'effectue à l'aide du programme *inter* par liaison téléphonique.

Les données continues sont périodiquement envoyées au site central après récupération sur place par un opérateur de l'OMP.

Capteur STS-2, fréquence d'échantillonnage du numériseur :

- voie primaire (LH) 62.5Hz
- voie secondaire (BH) 0.97Hz (décimation 62.5Hz/64)

## 2.7 ARBF

La station d'Arbois est gérée par le réseau TGRS (Nice). Son système d'acquisition est de type IRAE<sup>5</sup> (Cf. ??) avec numériseur TITAN. Le site central du RéNaSS récupère les données via le réseau informatique à partir de l'ordinateur d'acquisition de la station (synchronisation toutes les deux minutes *ssh*, *rsync*).

Capteur STS-2, fréquence d'échantillonnage du numériseur :

- voie primaire (LH) 125Hz
- voie secondaire (BH) 0.97Hz (décimation DSP 125Hz/128)

La station connectée au réseau informatique participe au réseau virtuel européen le VEBSN.

---

<sup>5</sup>Internet Remote Acquisition Engine (software AGE CODAGIS Sarl France)

# Chapitre 3

## Les systèmes d'acquisition

### 3.1 Fonctionnement de la chaîne d'acquisition

Le schéma suivant présente globalement la chaîne d'acquisition des données Large Bande des stations RéNaSS.

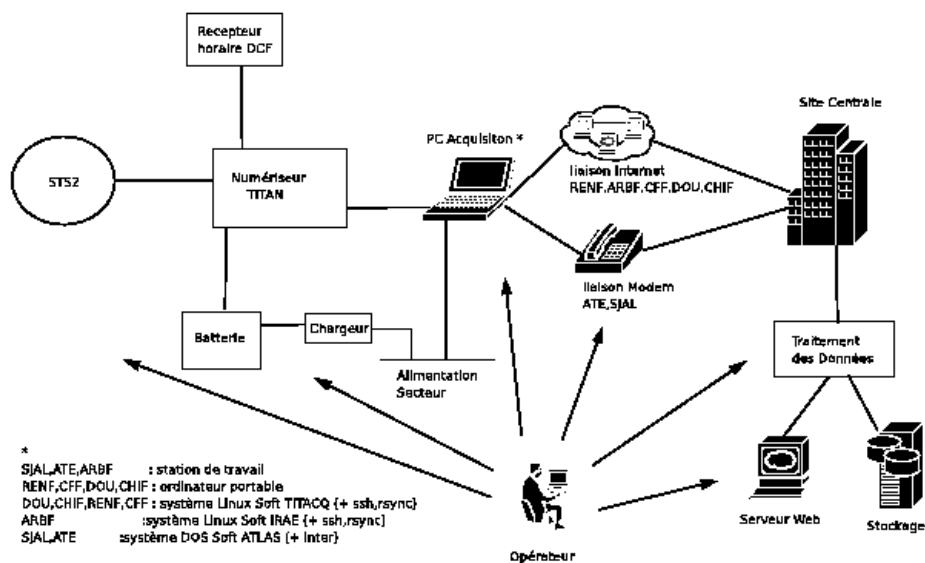


FIG. 3.1 – Schéma globale de la chaîne d'acquisition

L'acquisition Large Bande est basé sur la numérisation TITAN des données des capteurs STS2. Les données stockées sur les ordinateurs locaux sont transférées sur le site Central du RéNaSS par :

- le réseau informatique (**RENF, ARBF, CFF, CHIF, DOU**),
- une liaison téléphonique (**ATE, SJAL**).

Le RéNaSS (Strasbourg) récupère les données des évènements majeurs (toutes les Stations RéNaSS) et le signal continue (**RENF, ARBF, CFF, CHIF, DOU**).

Elles sont traitées de la façon suivante :

- conversion au format SAC<sup>1</sup>,
- pour les évènements, ajout des paramètres source (localisation RéNaSS), pointés automatiques des phases (IASPEI<sup>2</sup>) et calcul de magnitude (programme fortran *msz.f* H. Dufumier),
- archivage des données TITAN et des données SAC,
- mise à disposition des données SAC sur le site Internet<sup>3</sup> et le FTP<sup>4</sup>.

Les procédures d'interrogation et de rapatriement des données sont entièrement automatisées (scripts *Shell UNIX*). Toutefois l'opérateur vérifie quotidiennement le fonctionnement de la chaîne d'acquisition :

- les appels téléphoniques, les connexions au réseau informatique,
- les paramètres des numériseurs,
- la validité des signaux.

## 3.2 Capteur STS-2

Toutes les stations Large Bande sont équipées d'un sismomètre large bande STS-2. La bande passante des STS-2 (réponse plate en vitesse) est de 120 secondes à 50 Hertz. Il a une consommation basse de 0.5 Watt.

---

<sup>1</sup>Seismic Analysis Code

<sup>2</sup>International Association of seimology and physics of the Earth's Interior

<sup>3</sup>[http://renass.u-strasbg.fr/~autodrm/AutoDRM/autodrm\\\_BBrgt\\\_form.html](http://renass.u-strasbg.fr/~autodrm/AutoDRM/autodrm\_BBrgt\_form.html)

<sup>4</sup>[ftp://renass.u-strasbg.fr/pub/data/large\\\_bande](ftp://renass.u-strasbg.fr/pub/data/large\_bande)

La figure suivante montre la réponse instrumentale des capteurs STS-2

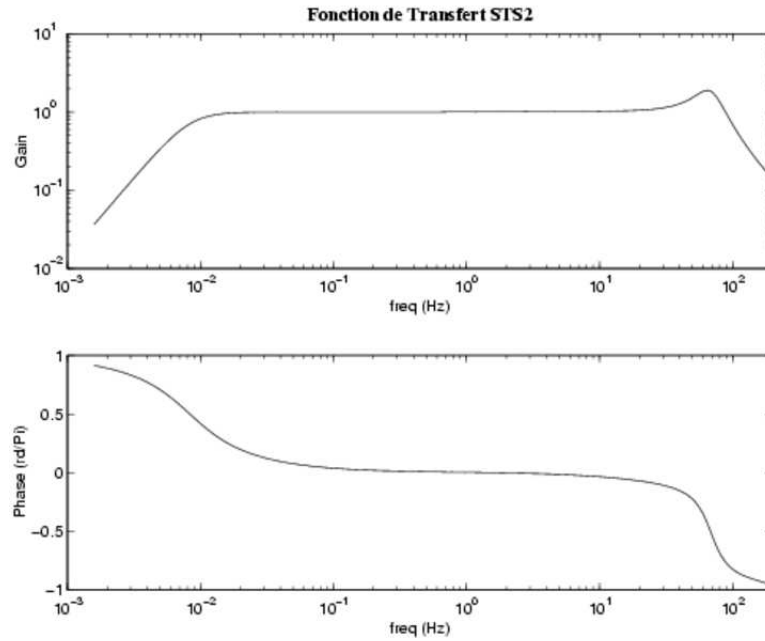


FIG. 3.2 – Réponse normalisée du capteur STS-2  
*Attention, les graphiques de réponse sont normalisés afin de présenter un gain de 1 dans la bande 120s-50Hz.*

Pour obtenir la réponse complète du capteur il faut multiplier par sa sensibilité, soit  $1500\text{V/m*s}$  pour le STS2.



### 3.3 Numérisation TITAN

Les numériseurs TITAN utilisent 2 types de convertisseurs analogique-numérique :

- CS5321/23 produits par Cirrus Logic Company (Cf. Annexe B.3),
- HI7190 produits par HARRIS.

Ils possèdent un niveau de bruit propre plus élevé et n'est donc pas utilisé pour le réseau Large Bande.

Tous les deux possèdent une grande dynamique, ils utilisent la numérisation Sigma-Delta 24 bits (cf B.4) avec une dynamique d'entrée de  $\pm 5V$ . Le

Les données 24 bits sont encodées dans le format de compression TITAN (taux de compression en général de 2 à 3) avec un taux de 1 et 3 voies (ZNE) il faut 12 octets pour encoder un échantillon de données.

Les numériseurs TITAN peuvent accepter 1, 3, 6 voies. Le RéNaSS (Strasbourg) utilise des numériseurs 3 voies (TITAN3XT) et 6 voies (TITAN6XT, TITAN6NT<sup>5</sup>) les données allant généralement par triplet (1 composante verticale *Z*, 2 horizontales *N E*).

Les 3 voies numérisées sont les sorties en vitesse du capteur STS-2. Elles sont connectées avec un atténuateur de facteur 1/4 afin d'adapter la dynamique  $\pm$  du STS-2 avec la dynamique  $\pm 5V$  du numériseur TITAN. Ce facteur est à prendre en compte dans le calcul de la fonction de transfert globale.

---

<sup>5</sup>XT :disque externe, NT ;disque interne

La fréquence d'échantillonnage primaire est définie par l'opérateur et peut être choisie dans ces deux gammes (réglage en usine) :

- 250 Hz, 125 Hz, 62.5 Hz ou 31.25 Hz ( gamme utilisé pour nos numérisseurs),
- 160 Hz, 80 Hz, 40 Hz, ou 20 Hz.

Un DSP interne est utilisé pour filtrer et décimer les données primaires obtenant ainsi et de façon simultanée un flux de données secondaires dont le taux de décimation peut aller de 2 à 128. On peut donc avoir deux triplets de données simultanément pour un même sismomètre.

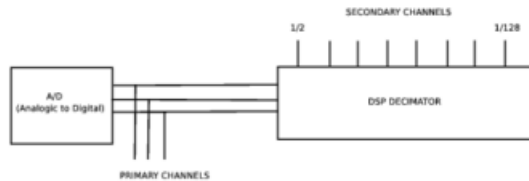


FIG. 3.3 – schéma de la décimation DSP

Les numériseurs donnent une mesure du temps des échantillons avec 1ms de précision. La dérive de temps entre l'horloge interne et le récepteur de temps externe (DCF, GPS) est mesurée et stockée dans les données TITAN.

Chaque numériseur échantillonne les données et les envoie en continue sur leur port de sortie (RS232) sur lequel sera connecté l'ordinateur d'acquisition (programmes ATLAS, IRAE, TITacq).

## 3.4 Acquisition informatique

### 3.4.1 ATLAS

En résumé, ATLAS est un programme DOS utilisé pour l'acquisition des données à partir d'un port série (RS232) en sortie d'un numériseur TITAN. Les données sont stockés sur le disque dur de l'ordinateur d'acquisition et peuvent être récupérées par liaison modem. Ce système équipe les stations **ATE** et **SJAL** avec *intercomme* programme de communication.

### 3.4.2 IRAE

Le système d'acquisition IRAE est un ensemble de programmes en langage Java développé par AGE CODAGIS Sarl pour l'acquisition de données sismologiques à partir de numériseur TITAN en utilisant le réseau informatique (intranet/Internet).

Cet ensemble est composé de trois parties :

- *Irae Sender* : un PC d'acquisition lit les données sur la sortie RS232 du numériseur et envoie ces données (TCP/IP socket) vers un PC distant de réception (*Irae Receiver*),
- *Irae Receiver* : un PC distant reçoit les données envoyées par le PC d'acquisition (*Irae Sender*) et les stocke sur son disque dur. Il peut router ces données en temps réel vers un PC de contrôle (*Irae Controller*). Il communique avec un site FTP extérieur (défini par l'utilisateur) où il peut déposer des données et/ou récupérer des fichiers de commandes (configuration des paramètres des numériseurs),
- *Irae Controller* : un PC de contrôle permet d'envoyer à un ou plusieurs ordinateurs de réception *Irae Receiver* des fichiers de commandes pour paramétrer un ou plusieurs numériseurs d'une ou plusieurs stations sismologiques *Irae Receiver* via le site FTP d'échange.

Ce système est utilisé sur la station d'Arbois (**ARBF**)

### 3.4.3 TITacq

Pour rendre plus simple, plus souple et plus légère en ressources l'utilisation des programmes d'acquisitions dans le cadre du Réseau Large Bande et afin de permettre à chaque utilisateur d'être maître des codes sources (évolutivité, adaptabilité, ajout de modules,...) les personnels du RéNaSS (Strasbourg) ont lancé le projet TITacq en 2003. Il a démarré par le stage de Christian Foesser (IUP<sup>6</sup> Informatique de Strasbourg).

Les modules de bases sont opérationnels et sont actuellement en phase de test à Strasbourg ainsi qu'au sein de la communauté scientifique utilisant des numériseurs TITAN (test de J. Virieux, GéoScience-Azur Nice). Le site central du RéNaSS utilise déjà TITacq sur la plupart de ses stations RéNaSS (**CHIF, DOU, RENF, CFF**).

TITacq est un système d'acquisition qui regroupent plusieurs programmes C. Chaque module ayant une tâche précise à effectuer dans l'interfaçage entre les numériseurs TITAN et les ordinateurs d'acquisitions (système UNIX), ainsi

---

<sup>6</sup>Institut Universitaire Professionnalisé

ils peuvent être chaînés (pipe UNIX) selon les besoins de chaque utilisateur. Ils permettent notamment :

- la lecture sur le port série (RS232) d'un flux continu de données TITAN (*TITserial.c* opérationnel),
- l'écriture des données TITAN lues (*TITwriter.c* opérationnel),
- l'édition des infos contenu dans les données TITAN (*TITinfo.c* opérationnel),
- l'envoi de commandes au numériseur afin de régler ses paramètres (*MiniCommandMaker.c* en cours de développement).
- ...

### 3.5 Les données Large Bande

Le schéma suivant montre les différents formats utilisés pour les données Large Bande :

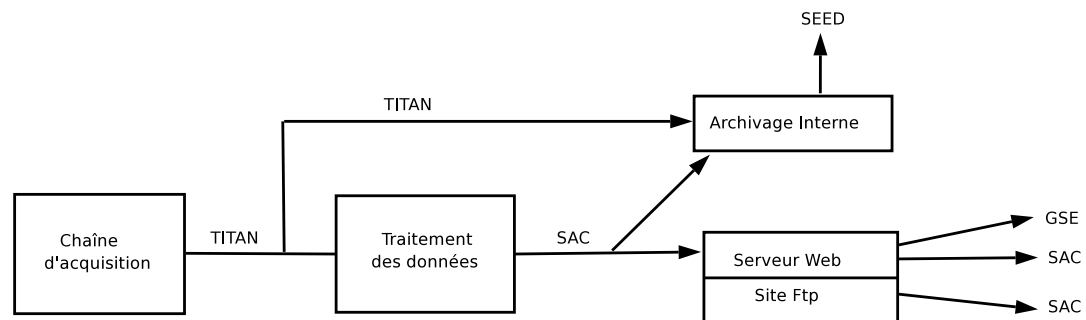


FIG. 3.4 – Les différents formats de données

### 3.5.1 Archivage des données

Les données originales au format TITAN enregistrées par le Réseau Large Bande (Strasbourg) sont dans un premier temps converties au format SAC.

Les données TITAN sont alors stockées sur disque dur puis périodiquement gravées sur support CDROM et/ou DVDROM.

Les données SAC après traitement (cf 3.1) sont stockées de différentes façons :

- les événements majeurs sur un disque dur grande capacité (données non décimées),
- le signal continu (en données décimé 1 point/seconde) sur le même disque dur, puis périodiquement gravé sur CDROM et/ou DVDROM

Annuellement, à partir des données SAC sont fabriqués des volumes SEED<sup>7</sup> sur CDROM et DVDROM.

### 3.5.2 Accès aux données

l'accès aux données est totalement libre et peut s'effectuer de plusieurs façons (cf Annexes D) :

- par le site FTP du RéNaSS :  
`ftp://renass.u-strasbg.fr/pub/data/large\_bande/`  
pour les données au format SAC
- par le site Internet :

`http://renass.u-strasbg.fr/NewServeur/autodrm/AutoDRM/autodrm_BBrqt_form.html`

pour les données au format SAC mais aussi aux formats GSE2.0 CM6<sup>8</sup> et RéNaSS (conversion dynamique, pas de réels fichiers).

Les données TITAN ne sont pas directement disponibles, il suffit pour cela de contacter le site Central du RéNaSS.

---

<sup>7</sup>Standard for the Exchange of Earthquake Data

<sup>8</sup>Group of Scientific Experts (data exchange format)

# Annexes

# Annexe A

## Exemples d'installations



FIG. A.1 – Station de Rennes, dalle sismologique au Sous-sol de l'Université



FIG. A.2 – Station de Dourbes, Cave sismologique du Centre de Physique du Globe de Belgique



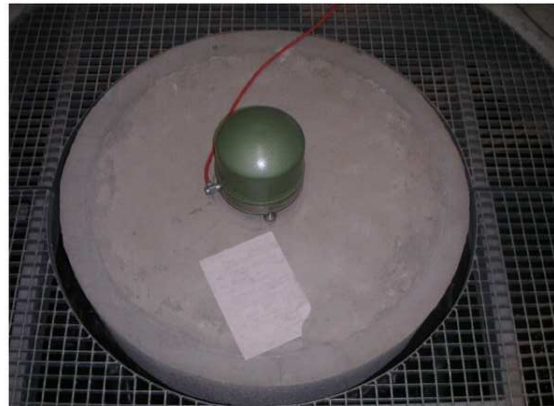


FIG. A.3 – Station de Chize, batiment ONF dans la forêt domaniale de Chize



FIG. A.4 – Station de Chize, le kit internet par satellite d'Aramiska

## Annexe B

### Numériseur TITAN



# The CS5322 Digital Filter

by Jerome Johnston

Delta-Sigma A/D converters have become widely accepted by data acquisition designers because of their high performance. One of the highest dynamic range Delta-Sigma converters is the Crystal Semiconductor CS5321/CS5322 chip set. The CS5321 is a fourth order modulator. The CS5322 is a linear phase FIR decimation filter. The purpose of this Technical Brief is to compare the architecture of a general purpose DSP chip with that of the CS5322.

General purpose DSPs are available which support either fixed-point arithmetic or floating-point arithmetic. Fixed-point processors

are lower cost but floating-point processors have more horsepower. Fixed point processors work with either 16, 20, or 24-bit data words, while floating-point processors operate with 32-bit data words. The size of the data word greatly influences the cost of the chip and the cost of the overall system. This is because data word length determines the size of the registers used in the processor, the number of pins required on the package, and the word-width of the external memory. If low cost is the number one goal in a DSP design, the designer will specify a DSP which has the smallest word size that the application can tolerate.

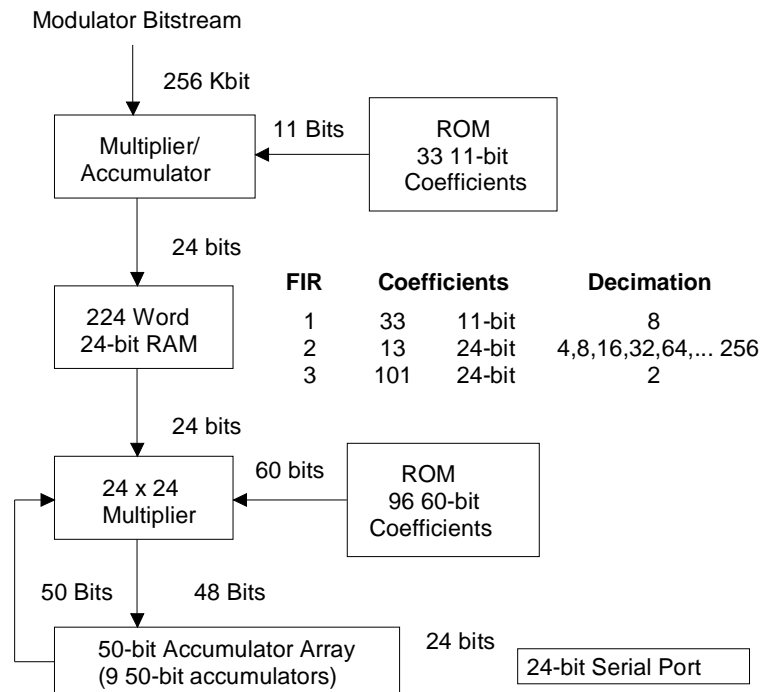


Figure 1. Digital Filter Block Diagram

Output Word Rate(Hz) (CLKIN = 1.024 MHz)	-3dB Bandwidth (Hz)	Dynamic Range* (dB)
4000	1652.3	103
2000	824.3	118
1000	411.9	120
500	205.9	123
250	102.9	126
125	51.5	128
62.5	25.7	130

\* Modulator and Filter Combination; limited by the modulator

**Table 1 CS5322 Filter Bandwidth Selections**

Most general purpose processors, whether they be fixed-point, or floating point, use a central ALU (Arithmetic Logic Unit), through which all processing occurs.

The CS5322 is a "signal processing chip" which performs a dedicated FIR low pass filter function. Figure 1 illustrates the block diagram of the CS5322. When the CS5322 is operated from a 1.024 MHz clock, the filter provides seven deferent selectable decimation rates as shown in Table 1. The -3 dB bandwidth of each decimation rate is approximately 82% of the nyquist frequency. The filter achieves a minimum of 130 dB attenuation at the nyquist frequency for all filter selections.

The filter offers selection of any one of seven filter frequencies by means of hardware pins on the chip or by means of writing a control word into the configuration register via the serial port.

The CS5322 is architecturally quite different from a general purpose DSP. The CS5322 contains three FIR filter stages. The 256 kHz 1-bit stream from the modulator enters FIR1 and is multiplied by 33 11-bit coefficients. The bit stream is decimated by eight as it is processed and the output data is placed in RAM. FIR2 and FIR3 are executed using a common multiplier. FIR2 is a 13 coefficient (24-bit) variable decimation stage. FIR2 can be programmed to decimate at rates of 4, 8, 16, 32, 64, 128, and 256. Computations for FIR2 are processed in a low power 24-bit by 24-bit multiplier and

accumulated in eight successive 50-bit accumulators. The decimation rate is controlled by the choice of which of the accumulators feeds back to the multiplier. The output of FIR2 is then processed by the 24-bit by 24-bit multiplier and accumulated in a ninth 50-bit accumulator. The decimate by 2 output result of FIR3 is placed into the 24-bit serial port register in two's complement format.

Each of the seven filter output selections is designed to ensure that, given an impulse input, that one of the output words will provide a sample point at the peak of the impulse response. Because of this design feature, the clock cycle lengths of each of the actual seven filters are not binary multiples of each other. Instead, the filters are designed to buffer input data (each filter has a different buffer length to ensure it provides a sample at the impulse peak) to facilitate proper operation. The filter is designed that to the user the filters actually take

c1(1)=0.0d0	c1(12)=204.0d0	c1(23)=161.0d0
c1(2)=0.0d0	c1(13)=246.0d0	c1(24)=120.0d0
c1(3)=1.0d0	c1(14)=284.0d0	c1(25)=84.0d0
c1(4)=4.0d0	c1(15)=315.0d0	c1(26)=56.0d0
c1(5)=10.0d0	c1(16)=336.0d0	c1(27)=35.0d0
c1(6)=20.0d0	c1(17)=344.0d0	c1(28)=20.0d0
c1(7)=35.0d0	c1(18)=336.0d0	c1(29)=10.0d0
c1(8)=56.0d0	c1(19)=315.0d0	c1(30)=4.0d0
c1(9)=84.0d0	c1(20)=284.0d0	c1(31)=1.0d0
c1(10)=120.0d0	c1(21)=246.0d0	c1(32)=0.0d0
c1(11)=161.0d0	c1(22)=204.0d0	c1(33)=0.0d0

**Table 2. FIR1 Filter Coefficients**

c2(1)=8192.0d0	c2(6)=6488064.0d0	c2(11)=540672.0d0
c2(2)=98304.0d0	c2(7)=7569408.0d0	c2(12)=98304.0d0
c2(3)=540672.0d0	c2(8)=6488064.0d0	c2(13)=8192.0d0
c2(4)=1802240.0d0	c2(9)=4055040.0d0	
c2(5)=4055040.0d0	c2(10)=1802240.0d0	

**Table 3. FIR2 Filter Coefficients**

binary multiples of clock cycles relative to each other, going from slowest to the fastest, but because of the internal data buffering the filter actually takes one more filter output word to settle than a strict analysis of the filter coefficients would imply. The filter settles to full accuracy to a input step in 57 output words.

Tables 2, 3 and 4 list the filter coefficients for the three FIR filter stages.

The CS5322 digital filter consumes only 11 milliwatt power although it consist of approximately 76,000 transistors. An analog filter of comparable complexity would consist of over 233,000 reactive elements.

c3(1)=-26.0d0	c3(35)=139856.0d0	c3(69)=-175718.0d0
c3(2)=-247.0d0	c3(36)=270573.0d0	c3(70)=43678.0d0
c3(3)=-822.0d0	c3(37)=-29083.0d0	c3(71)=156296.0d0
c3(4)=-1362.0d0	c3(38)=-360427.0d0	c3(72)=33416.0d0
c3(5)=-839.0d0	c3(39)=-162173.0d0	c3(73)=-106905.0d0
c3(6)=1012.0d0	c3(40)=371807.0d0	c3(74)=-71982.0d0
c3(7)=2197.0d0	c3(41)=417807.0d0	c3(75)=51056.0d0
c3(8)=212.0d0	c3(42)=-246840.0d0	c3(76)=77065.0d0
c3(9)=-3443.0d0	c3(43)=-693181.0d0	c3(77)=-5404.0d0
c3(10)=-3077.0d0	c3(44)=-78388.0d0	c3(78)=-60427.0d0
c3(11)=3156.0d0	c3(45)=902497.0d0	c3(79)=-22177.0d0
c3(12)=7168.0d0	c3(46)=685231.0d0	c3(80)=35194.0d0
c3(13)=-256.0d0	c3(47)=-865217.0d0	c3(81)=31641.0d0
c3(14)=-10709.0d0	c3(48)=-1713558.0d0	c3(82)=-11826.0d0
c3(15)=-7644.0d0	c3(49)=-262.0d0	c3(83)=-28007.0d0
c3(16)=10713.0d0	c3(50)=3276208.0d0	c3(84)=-3873.0d0
c3(17)=18055.0d0	c3(51)=4950471.0d0	c3(85)=18055.0d0
c3(18)=-3873.0d0	c3(52)=3276208.0d0	c3(86)=10713.0d0
c3(19)=-28007.0d0	c3(53)=-262.0d0	c3(87)=-7644.0d0
c3(20)=-11826.0d0	c3(54)=-1713558.0d0	c3(88)=-10709.0d0
c3(21)=31641.0d0	c3(55)=-865217.0d0	c3(89)=-256.0d0
c3(22)=35194.0d0	c3(56)=685231.0d0	c3(90)=7168.0d0
c3(23)=-22177.0d0	c3(57)=902497.0d0	c3(91)=3156.0d0
c3(24)=-60427.0d0	c3(58)=-78388.0d0	c3(92)=-3077.0d0
c3(25)=-5404.0d0	c3(59)=-693181.0d0	c3(93)=-3443.0d0
c3(26)=77065.0d0	c3(60)=-246840.0d0	c3(94)=212.0d0
c3(27)=51056.0d0	c3(61)=417807.0d0	c3(95)=2197.0d0
c3(28)=-71982.0d0	c3(62)=371807.0d0	c3(96)=1012.0d0
c3(29)=-106905.0d0	c3(63)=-162173.0d0	c3(97)=-839.0d0
c3(30)=33416.0d0	c3(64)=-360427.0d0	c3(98)=-1362.0d0
c3(31)=156296.0d0	c3(65)=-29083.0d0	c3(99)=-822.0d0
c3(32)=43678.0d0	c3(66)=270573.0d0	c3(100)=-247.0d0
c3(33)=-175718.0d0	c3(67)=139856.0d0	c3(101)=-26.0d0
c3(34)=-152409.0d0	c3(68)=-152409.0d0	

**Table 4. FIR3 Filter Coefficients**

### Schematic & Layout Review Service

**Confirm Optimum  
Schematic & Layout  
Before Building Your Board.**

**For Our Free Review Service  
Call Applications Engineering.**



C a l l : ( 5 1 2 ) 4 4 5 - 7 2 2 2

The theoretical definition of the dynamic range of an A/D converter is given as the ratio of the power of a full scale sine wave versus the power of the shorted input noise.

For a regular successive approximation converter with a lsb of amplitude  $q$ , the statistical digitization noise power is given by

$$N_{power} = q^2/12$$

If  $N$  is the number of bits of the converter, a full scale sine wave power is given by

$$((2^{(N-1)} * q)^2)/2$$

After some trivial simplifications, the logarithm of the ratio is given by:

$$D_{yn} = 6.02 * N + 1.76 \text{ dB}$$

This formula can then be used to compute the dynamic range of any converter even when the notion of quantization lsb disappears as when using a sigma-delta converter. If the shorted input noise power is measured and the max excursion is known, then the dynamic range can be computed and the number of equivalent bits can be obtained using the above formula.

TCS software can measure the equivalent number of bits of noise running TCS T. Three numbers on the top left of the screen indicate the equivalent bits number of noise measured. The computation can be reset at any time making + ANOTHER CHANNEL +, the channel you want to measure. The computation made is the following: the noise power is computed as the variance of the signal  $\text{Sum}(x^2) - (\text{Sum}(x))^2$ . The result is made equal to  $q^2/12$  and then  $q$  can be obtained and displayed as  $\text{nbits} = \text{Log}(q)/\text{Log}(2)$ . This is the value of the quantization lsb of an equivalent successive approximation converter.

You can now compute the weight of the lsb to get the true dynamic range of the converter.

Example:  
24 bits converter, analog input range  $\pm 5V \Rightarrow$  lsb = 600 nV

TCS gives 2.5 bits of noise then noise power is  $((600 \text{ nV} * (2^{2.5}))^2)/12$  Watts. Full scale sinus power is  $(5V^2)/2$  Watts then the  $10 \log_{10}$  of the ratio is 131.14 dB. The number of equivalent bits is then 21.5 bits

Don't forget that the true dynamic range depends of the noise level AND the max converter output full scale. The HARRIS HI7190 needs to have an offset value of 1V to be stable. Then the max reachable value is reduced and then the dynamic range too.

The following table gives you the true dynamic range for the TITAN and MINITITAN recorders.

	<i>Cristal CS5322/23</i>	<i>HARRIS HI7190</i>
Input span	+5V	+4V -6V
LSB weight	600nV	600nV
Noise @ 31.25Hz (bits)	2	4
Noise @ 62.5Hz (bits)	2.3	4.7
Noise @ 125Hz (bits)	2.5	5
Noise @ 250Hz (bits)	2.9	6
Dyn / Nb bits @ 31.25Hz	134.15dB / 22 bits	120.17dB / 19.67 bits
Dyn/Nb bits @ 62.5Hz	132.35dB / 21.7 bits	115.96dB / 18.97 bits
Dyn/Nb bits @ 125Hz	131.14dB / 21.5 bits	114.15dB / 18.67 bits
Dyn/ Nb bits @ 250Hz	128.73dB / 21.1 bits	108.13dB / 17.67 bits

FIG. B.4 – Mesure de la dynamique réel des numériseurs TITAN  
(source AGE CODAGIS)

# Annexe C

## Exemple de données



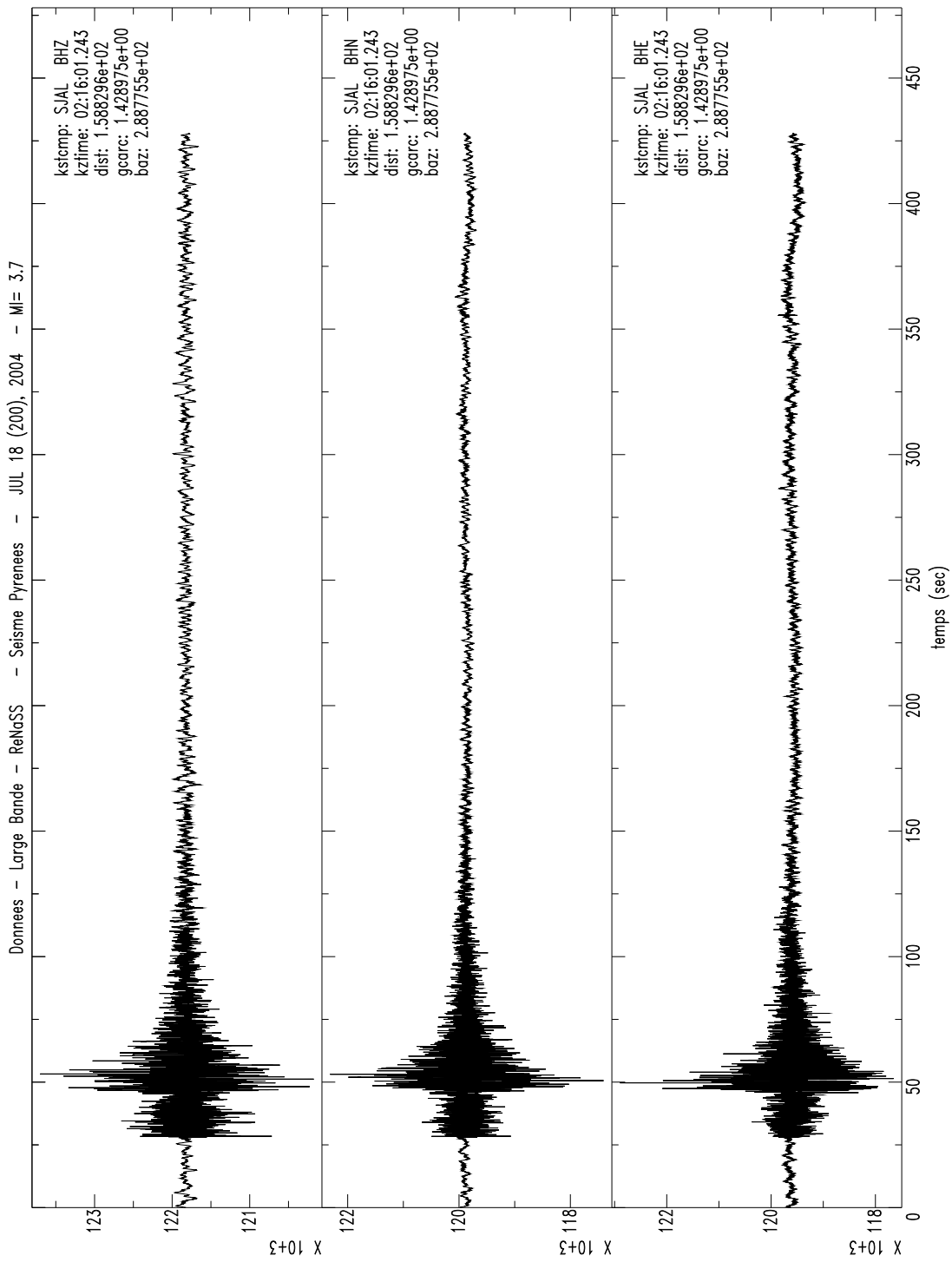


FIG. C.1 – Séisme local enregistré par la station SJAL

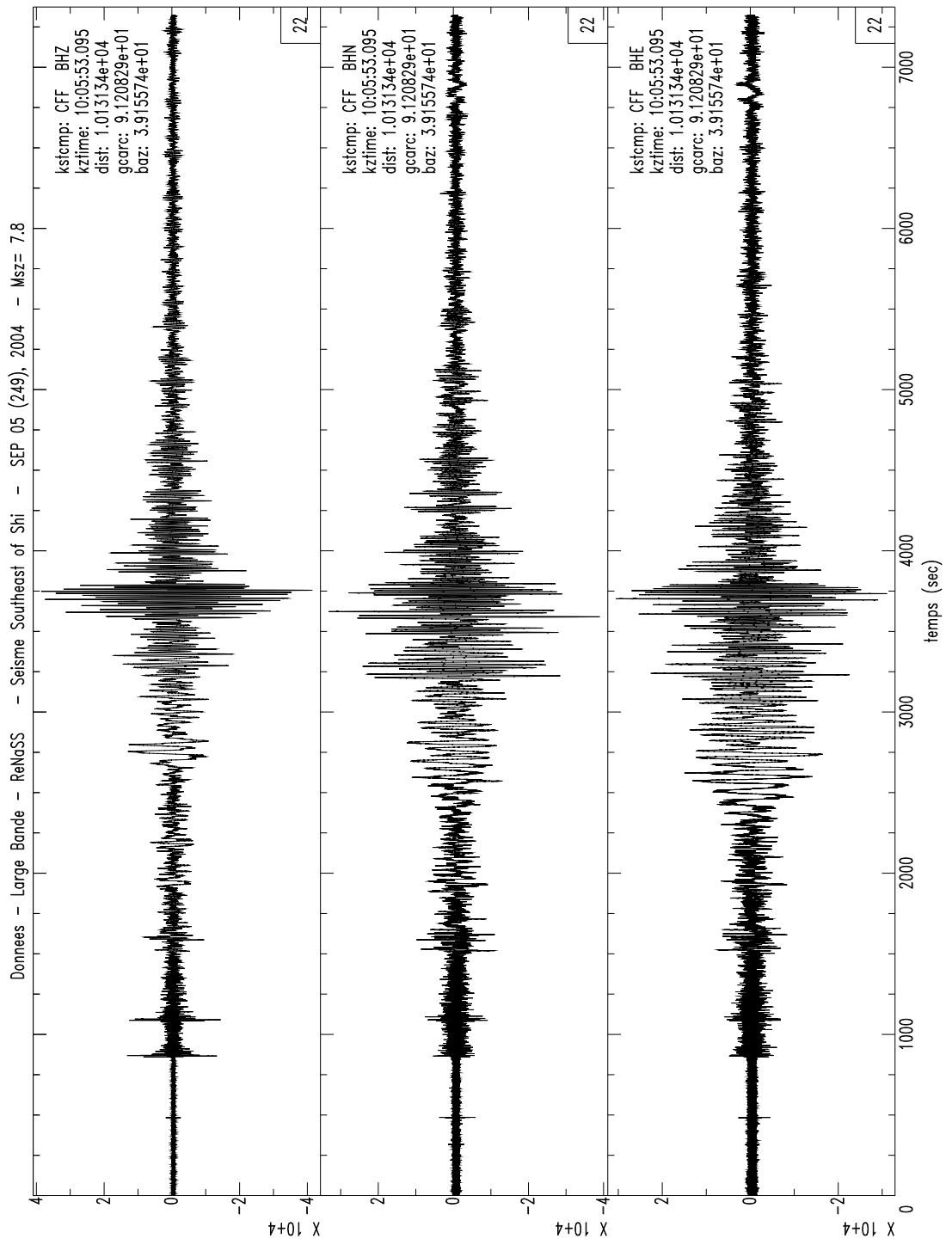


FIG. C.2 – Séisme lointain enregistré par la station CFF

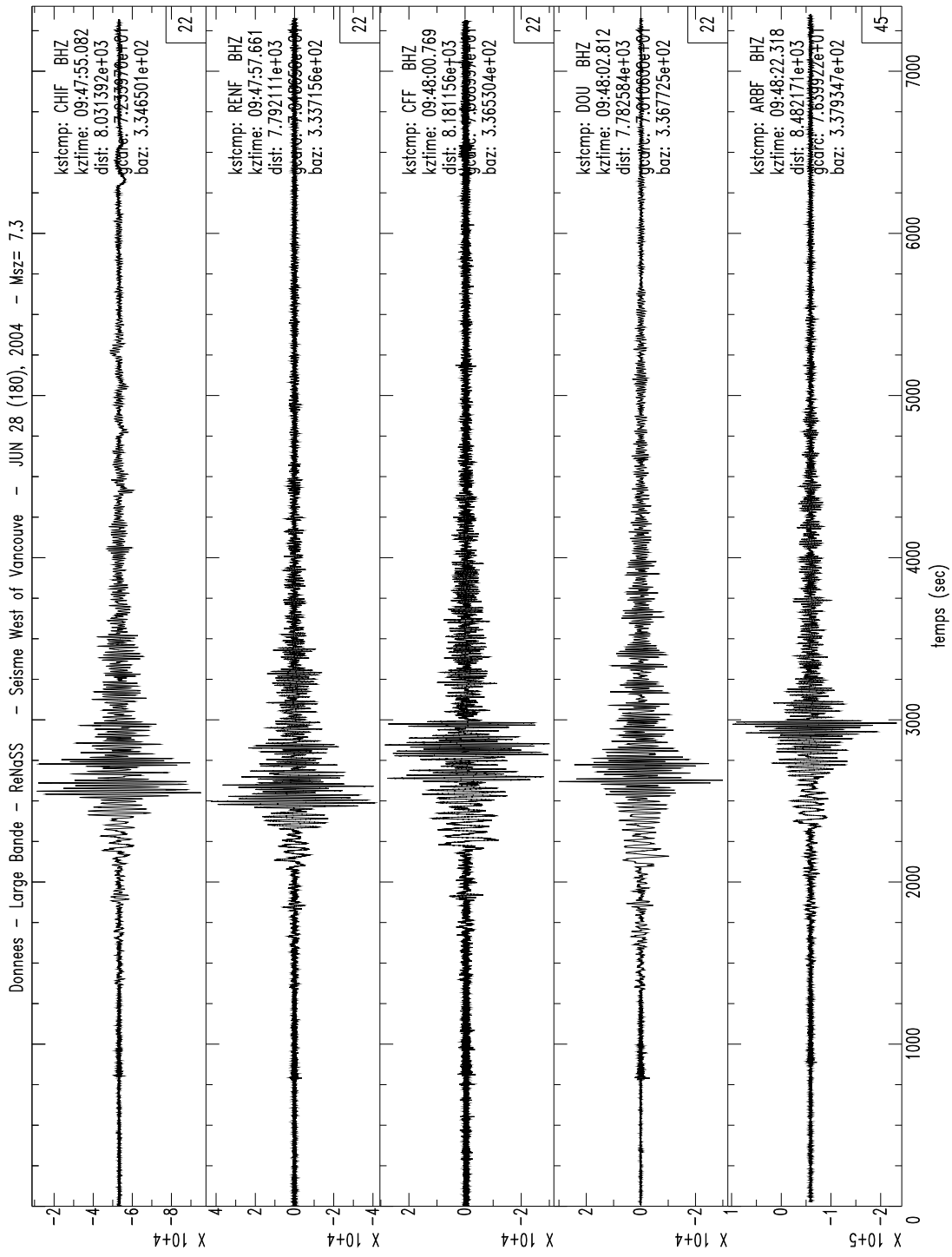


FIG. C.3 - Séisme lointain (composantes verticales)

Données – Large Bande – ReNaSS RENF LHZ SEP 08 (252), 2004 00:01:00.558

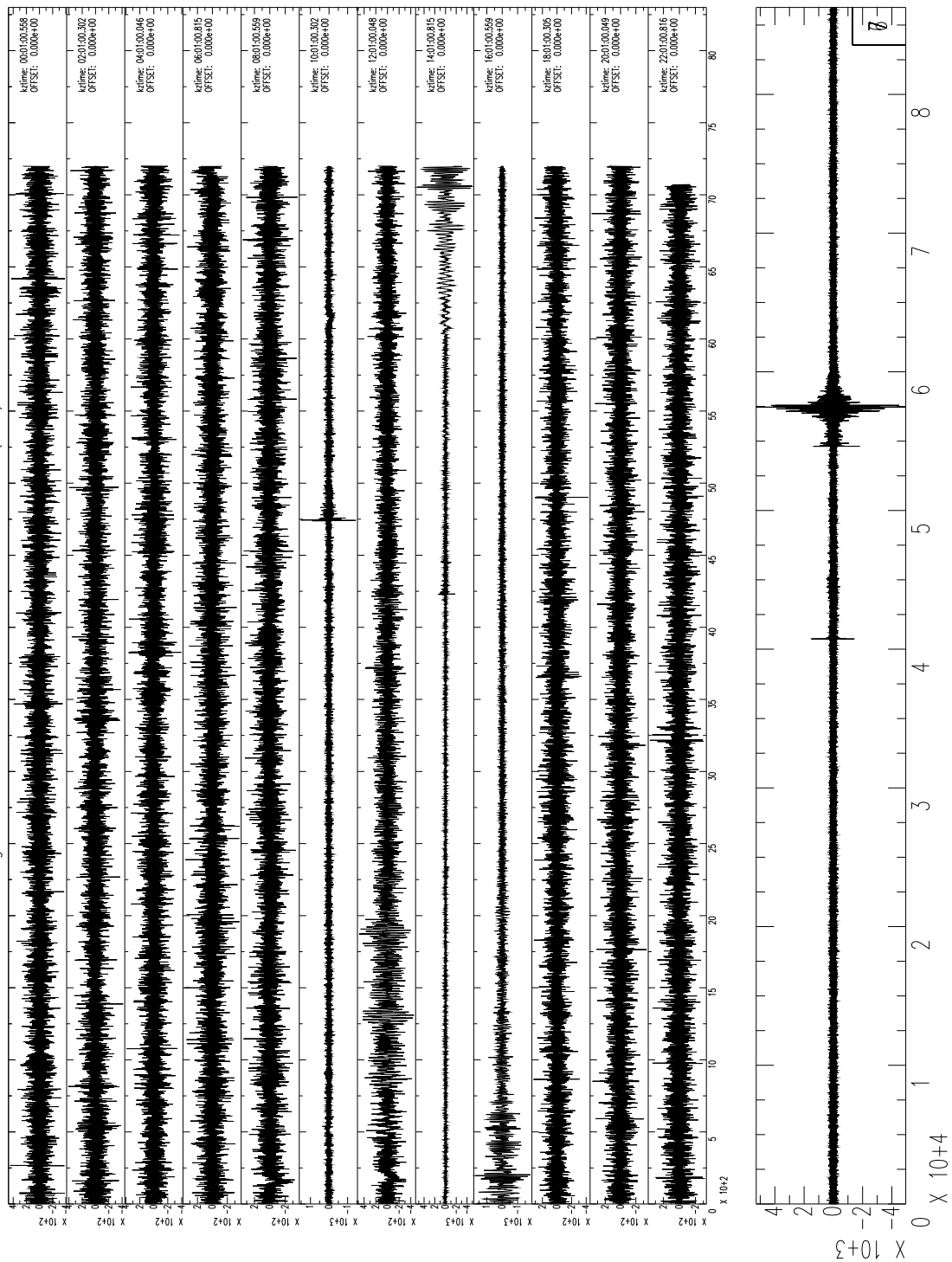


FIG. C.4 – 24 heures de données enregistrées par la station RENF

# Annexe D

## Site Internet : l'accès aux données



FIG. D.1 – Page "Large Bande" du site Internet  
*http://renass.u-strasbg.fr/NewServeur/Reseaux/RESEAU\_LB/index.html*

**Sélection des critères de recherche**

Choix de la région : [Monde]

Choix de la banque : [(BB) Large Bande]

---

Date initiale : [1] [Janvier] [2004]      Heure initiale : [00] : [00]

Date finale : [31] [Décembre] [2004]      Heure finale : [23] : [59]

---

Latitude : [-90] à [90]      Longitude : [-180] à [180]      Profondeur : [0] à [9999]

Magnitude : [0] à [10]      Type de magnitude : [ALL]

---

Réseaux Sismologiques : [ALL]      Liste de Stations Sismologiques : [ ]

[ LANCER REQUETE ]  
[ Retour aux valeurs initiales ]

---

**TYPE DE REQUETE :**

**Surf dans les données**       **Fabrication/Recuperation de données archivées**

**Disponible :**

- Sismogrammes (PS, GLF)
- Données :
  - ReNaSS
  - GSE2.0 CM6
  - SAC
- \* Depouillement/Pointés

Données format ReNaSS

Données au format GSE2.0 CM6

Données au format SAC

Little Endian (Intel)

Big Endian (SUN, HP)

[ LANCER REQUETE ]

---

back-azimut (0-360) : [ ] à [ ] / [360]

azimut (0-360) : [ ] à [ ] / [360]

distance (0-180) : [ ] à [ ] / [180]

Canaux (LH BH) : [ ]










[ LANCER REQUETE ]

FIG. D.2 – Formulaire du moteur de recherche "Large Bande" du site Internet [http://renass.u-strasbg.fr/autodrm/AutoDRM/autodrm\\_BBqt\\_form.html](http://renass.u-strasbg.fr/autodrm/AutoDRM/autodrm_BBqt_form.html)

## Index de ftp://renass.u-strasbg.fr/pub/data/large\_bande

---

[Tape un rép. de plus haut niveau](#)

 <a href="#">Exodiffend.mpg</a>	1204 KB	11.09.2004 02:35:00
 <a href="#">ContAmoos</a>		02.01.2004 00:00:00
 <a href="#">Prants</a>		12.05.2003 00:00:00
 <a href="#">List_Prants</a>	231 KB	12.09.2004 14:56:00
 <a href="#">UserRealTime</a>		11.09.2004 02:24:00
 <a href="#">Program</a>		25.04.2000 00:00:00
 <a href="#">SYSTEM</a>	3 KB	15.05.2000 00:00:00
 <a href="#">Responses</a>		12.03.2001 00:00:00
 <a href="#">VARIING</a>	1 KB	05.05.2000 00:00:00
 <a href="#">Lost+found</a>		22.11.2000 00:00:00
 <a href="#">Lionmu_pp</a>		11.03.2004 00:00:00
 <a href="#">top</a>	150 KB	15.11.2001 00:00:00

---

FIG. D.3 – page "FTP Large Bande" du site Internet