

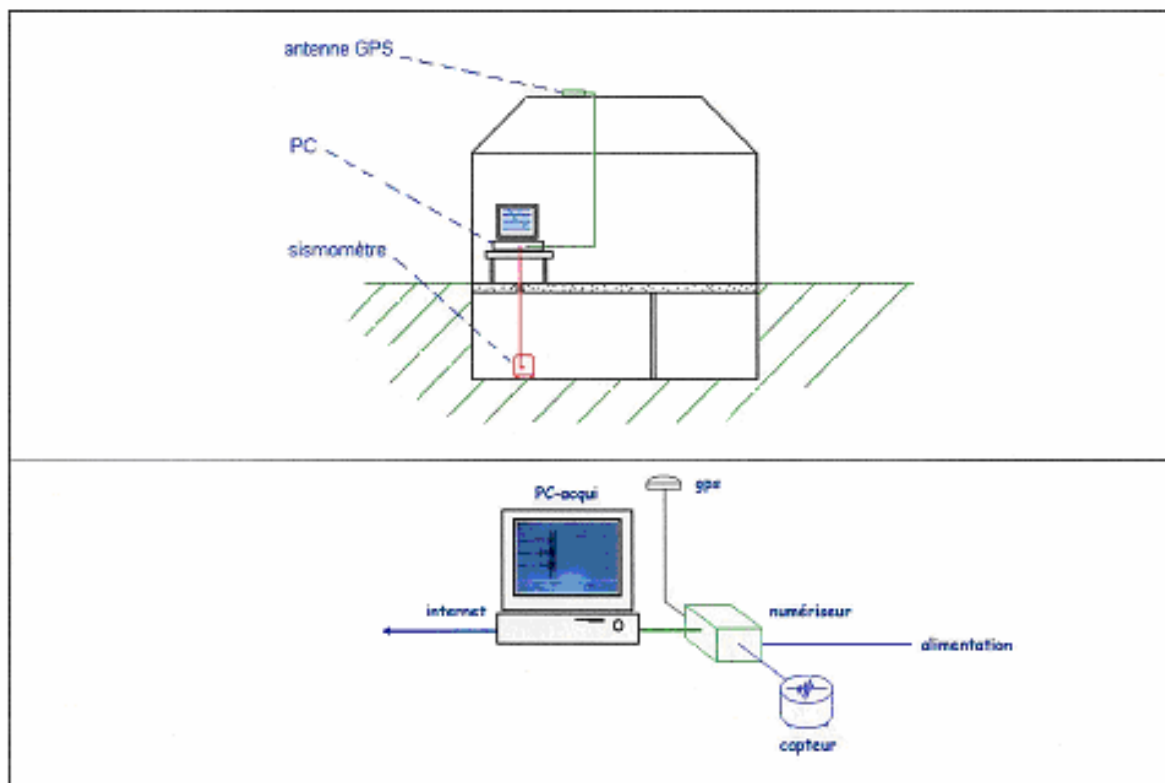
L'INSTALLATION D'UNE STATION SISMOLOGIQUE A VOCATION EDUCATIVE

La mise en place et la configuration d'une station sismologique à vocation éducative nécessitent un travail préparatoire dans l'établissement scolaire et au niveau des services informatiques de l'académie concernée.

Dans ce document, on présente plus particulièrement les divers aspects de l'installation d'une station sismologique « PC-SAGE »¹ développée par la société 'AGECODAGIS'².

Architecture des différents éléments d'une station sismologique.

Le schéma suivant donne les liaisons entre les éléments d'une station sismologique :



On voit que l'élément central est le numériseur qui reçoit les informations que lui délivrent le capteur « sismomètre » d'une part et le capteur « GPS » d'autre part, et qui envoie ces informations une fois traitées vers un ordinateur.

Suivant les modèles de stations, certains de ces éléments peuvent être intégrés dans un même boîtier.

¹ Système d'Acquisition Générique pour les Ecoles.

² Agécodagis – www.agecodagis.com

Fonction des différents éléments de la station :

Le capteur « sismomètre » :

Ce capteur capte les mouvements du sol et les traduit en signaux électriques. Les capteurs 'NoeMax' qui équipent les stations « SAGE » sont des capteurs de vitesse, c'est-à-dire que le signal électrique produit est fonction de la vitesse de déplacement du sol.



Un sismomètre 'Noémax' dans un vide sanitaire

Un oscillateur mécanique amorti est couplé à une bobine qui entoure un aimant solidaire du bâti de capteur ; il y a donc production d'une tension induite par suite du phénomène d'induction électromagnétique dès qu'apparaît un mouvement relatif entre la bobine et l'aimant, donc entre le bâti du capteur lié au sol et l'oscillateur. Ce dernier est amorti comme tous les oscillateurs ; sa technologie garantit une réponse en amplitude constante à partir d'une fréquence de 0,2 Hz dans une bande passante qui débute à 0,05 Hz. La fréquence des ondes sismiques P et S se situant autour de 0,1 Hz, on peut donc considérer que l'amplitude du signal reçu est proportionnelle à la vitesse du mouvement du sol. Le sismomètre est alimenté électriquement par le numériseur.

Afin d'acquérir le mouvement du sol dans sa globalité, le capteur 'NoéMax' comporte en fait dans son boîtier trois capteurs prévus pour enregistrer les mouvements selon la verticale (composante Z), selon l'axe Nord-Sud (composante N) et selon l'axe Est-Ouest (composante E).

Le capteur « GPS » :

Ce capteur va fournir au numériseur l'heure UTC³ la plus précise possible, celle des horloges atomiques embarquées dans les satellites du système de navigation GPS.



antenne « GPS » installée sur le toit de l'Ecole

L'antenne elle-même comprend une horloge, mais ce n'est qu'une horloge à quartz, comme celle de nos montres : elle n'est pas assez précise pour dater précisément la date d'arrivée d'un signal sismique et son exploitation (pour déterminer par exemple un épicentre).

La réception par l'antenne de quatre des signaux émis par les satellites du réseau lui permet de déterminer sa position précise et du même coup d'être certaine de sa distance à ces satellites ce qui lui permet de recalibrer en permanence son horloge, puisque chaque satellite lui envoie un signal daté.

³ UTC = Temps universel coordonné

Le numériseur :

Il reçoit les signaux que lui transmettent le 'sismomètre' et le 'GPS'.

Le numériseur transforme le signal analogique du capteur en signal numérique, il synchronise le mouvement du sol sur le temps GMT et fabrique des fichiers numérique (au format TITAN) qu'il transmet ensuite à l'ordinateur.



exemple de numériseur 'minititan 3DG'

L'ordinateur :

L'ordinateur fonctionne sous Linux. Il reçoit les données du numériseur qu'il archive sous la forme de fichiers au format TITAN2 sur son disque dur.

Le mouvement du sol est ainsi mémorisé sous la forme de fichiers distincts, archivés sur un espace du disque dur.

Cet espace est limité en capacité aussi les fichiers TITAN les plus anciens sur le disque sont régulièrement effacés pour laisser la place aux fichiers les plus récents. La mémoire de ce disque dur est de l'ordre de 12 jours. Mais la taille de cet espace peut varier suivant les modèles.

exemple de situation de l'espace disque au 31.10.06 sur une station

File	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
2006-10-20/	31-Oct-2006 08:50	-	
2006-10-21/	22-Oct-2006 00:05	-	
2006-10-22/	23-Oct-2006 00:02	-	
2006-10-23/	24-Oct-2006 00:00	-	
2006-10-24/	25-Oct-2006 00:07	-	
2006-10-25/	26-Oct-2006 00:08	-	
2006-10-26/	27-Oct-2006 00:04	-	
2006-10-27/	28-Oct-2006 00:03	-	
2006-10-28/	29-Oct-2006 00:02	-	
2006-10-29/	30-Oct-2006 00:02	-	
2006-10-30/	31-Oct-2006 00:00	-	
2006-10-31/	31-Oct-2006 08:52	-	

Cet ordinateur possède aussi d'autres fonctionnalités comme la visualisation rapide du mouvement du sol en temps réel, dans les jours précédents, l'extraction manuelle d'évènements ... ces différentes fonctionnalités sont accessibles à partir d'une interface de communication 'IDA ⁴' (voir « visualisation et exploitation des données » plus loin).

⁴ Interface de Données Automatique

Où placer les différents éléments de la station ?

Selon leur fonction, chacun des éléments de la station nécessite un emplacement spécifique. Il est donc recommandé d'effectuer une première visite de l'établissement qui doit recevoir la station afin d'étudier avec les partenaires locaux le meilleur emplacement possible pour chacun des éléments de la station. Reprenons un par un chaque élément.

- **Le sismomètre** : il doit enregistrer les ondes sismiques telluriques. Il est donc évident qu'un emplacement en contact avec le sous-sol est recommandé, l'idéal étant un contact avec la roche en place. Mais, par ailleurs, le capteur est un instrument très sensible ; il faut donc l'éloigner au maximum des sources de perturbations parasites, telles que la présence d'une chaudière ou d'une pompe, ou même la proximité immédiate d'une cour de récréation, par exemple ! Il faut veiller aussi à ce que l'emplacement ne soit pas inondable. On sera donc souvent amené à rechercher l'implantation du capteur dans un vide sanitaire, ou, si un tel emplacement n'existe pas, dans le cas d'une construction ancienne, dans une cave.
- **L'antenne GPS** : elle doit recevoir les signaux émis par les satellites du réseau GPS. Elle doit donc être si possible placée sur un toit ou une terrasse bénéficiant d'une large ouverture vers le ciel. Plus la demi-sphère supérieure sera dégagée au dessus de l'antenne, meilleures seront les chances de capter les signaux GPS. Mais il faut encore penser à deux contraintes : d'une part, il faut, pour elle aussi, exclure un lieu accessible facilement aux élèves ; d'autre part, il faudra que le lieu d'implantation ne soit par contre pas trop inaccessible au personnel chargé de la surveillance et de la maintenance de l'antenne !
- **L'ordinateur** : deux contraintes aussi ; d'une part, il doit être relié au réseau ethernet de l'établissement par une prise RJ 45 ; d'autre part, il doit être dans une salle qui permette une surveillance régulière des indications reçues montrant que la station reste opérationnelle. Il est enfin préférable que la station soit visible par les élèves et les enseignants de science. C'est lui qui atteste pour toute la communauté scolaire la présence de la station dans l'établissement.
- **Le numériseur** : Il faut aussi qu'on puisse l'avoir régulièrement en vue ; comme on le verra plus loin, il montre sur son boîtier si la station fonctionne correctement. Il est donc habituellement placé dans le même lieu que l'ordinateur⁵.
- **Les liaisons** : elles doivent rester les moins longues possibles ; sinon, les pertes en ligne vont rendre le fonctionnement de la station aléatoires, voire impossible. En pratique, il faut que la liaison antenne GPS – numériseur soit inférieure à 25 m ; que la liaison sismomètre – numériseur soit inférieure à 7 m ; la liaison numériseur – ordinateur ne doit pas dépasser quelques mètres non plus (dans le cas où ils sont distincts).

⁵ Il sera d'ailleurs, dans certaines versions de stations, intégré à l'ordinateur dans un seul boîtier.

On comprend que toutes ces contraintes imposent une réflexion sérieuse sur le choix du lieu d'implantation de la station. Ce choix doit être mené en concertation avec le chef d'établissement, le service d'intendance, le ou les agents chargés de l'entretien (qui devront percer les trous, faire passer les câbles, etc...), le responsable local du réseau informatique et les professeurs en charge du projet. Une fois la décision prise, il est recommandé de rédiger un compte-rendu de visite, indiquant précisément les travaux à réaliser avant la seconde visite pour l'installation proprement dite. Ces travaux sont en général les suivants :

- ✓ Couler une petite dalle de forme carrée de 30 cm de côté environ, bien horizontale, dans le vide sanitaire choisi pour accueillir le capteur 'Noémax'
- ✓ Percer un ou des trous permettant la liaison sismomètre – numériseur (il faut un diamètre de 4 – 5 cm environ)
- ✓ Percer un ou des trous permettant la liaison antenne GPS – numériseur (il faut un diamètre de 2 cm environ)
- ✓ Prévoir une table ou des étagères pour recevoir le numériseur, l'ordinateur (unité centrale, clavier, souris, moniteur) et son onduleur ⁶, à proximité immédiate de la prise RJ 45 qui sera dédiée à la station ; repérer la ligne correspondante et son autre extrémité dans l'armoire où se trouve le serveur de l'établissement.
- ✓ Prévoir la possibilité de trois branchements électriques (numériseur, onduleur, moniteur)



Préparation et réalisation de la dalle pour le sismomètre par des élèves

⁶ Un onduleur protège l'ordinateur contre les surtensions et les chutes de tension. Il intègre une batterie qui donne à l'ordinateur une autonomie d'énergie de quelques minutes en cas de coupure du courant afin de sauvegarder les données.

Installation de la station.

Cette étape requiert la présence d'un ou des professeurs impliqués dans le projet, de l'agent technique qui a procédé aux travaux préparatoires, de l'enseignant en charge du réseau informatique de l'établissement, du représentant du service du rectorat qui gère les réseaux Internet des établissements de l'Académie. Pendant la mise en service de la station décrite ci-dessous, ce dernier procèdera au brassage des liaisons de manière à installer la station dans la DMZ publique du réseau de l'établissement (voir 'mise en place des liaisons informatiques' plus bas).

1. Pour l'installation physique de la station.

Il faut suivre les étapes suivantes :

- Le capteur doit être bien orienté ; un repère (soit une marque rouge, soit une flèche marquée N) doit être dirigé vers le Nord ; donc, il faut avoir une boussole avec soi, ainsi qu'une lampe torche car la station doit souvent être placée dans un lieu assez sombre et difficile d'accès. Il doit aussi être calé horizontalement grâce à ses vis de réglage.
- Il faut mettre en place l'antenne GPS (qui sera collée en place après vérification de son bon fonctionnement)
- Bien relier tous les câbles, y compris la liaison avec le GPS. Éviter les torsions des câbles de liaison par des coudes brusques de leur trajet.
- Lancer alors le numériseur et attendre qu'il capte les signaux ; le signal du capteur et le signal du GPS, ce qui prend un peu de temps

Au démarrage toutes les lumières sont rouges (seismometer, time, general, GPS, Digitalizer). Quand le numériseur commence à capter le signal des satellites, les lumières vertes s'allument une à une et clignotent. Au bout de 4 satellites trouvés, les lumières vertes arrêtent de clignoter et le numériseur commence alors à calculer son temps et sa position. Puis le GPS et le numériseur se synchronisent. Au bout du compte, il ne doit plus rester qu'une lumière rouge allumée, celle d'en haut à gauche, et les lumières vertes des satellites captés.



minititan 3DG en fonctionnement

- Lancer enfin l'ordinateur et laisser les choses se faire toutes seules (chargement de Linux) jusqu'à qu'à l'écran de l'ouverture d'une session.

La station est en fonctionnement et acquiert mouvement du sol et données GPS. Certaines versions de stations ouvrent à l'écran un outil de visualisation des données enregistrées en temps direct.

Pour vérifier le bon fonctionnement de la station, on peut ouvrir une session 'administrateur' (ne pas en abuser !)

user name : **root**

password : **sagesage**

Lancer alors le navigateur (browser) et entrer : <http://localhost/>

On arrive sur l'écran de bienvenue de IDA



Exemple de page d'accueil de la station :

- le module 'tracés en temps réel' permet vérifier la bonne arrivée des données du numériseur,
- le module 'données au format TITAN2' permet de vérifier l'archivage des fichiers acquis.

On peut vérifier au bout de quelques minutes que le menu « les données au format TITAN2 » commence à indiquer la mise en stock de fichiers de données.

Cependant la station est destinée à être consultable par les élèves et leurs enseignants par un protocole 'http' à travers l'interface 'IDA' à partir d'autres ordinateurs que celui de la station. Aussi, la station va devoir être branchée sur le réseau informatique de l'établissement (par une prise RJ 45 proche) et configurée pour être reconnue par ce réseau.

2. Pour la mise en place des liaisons informatiques.

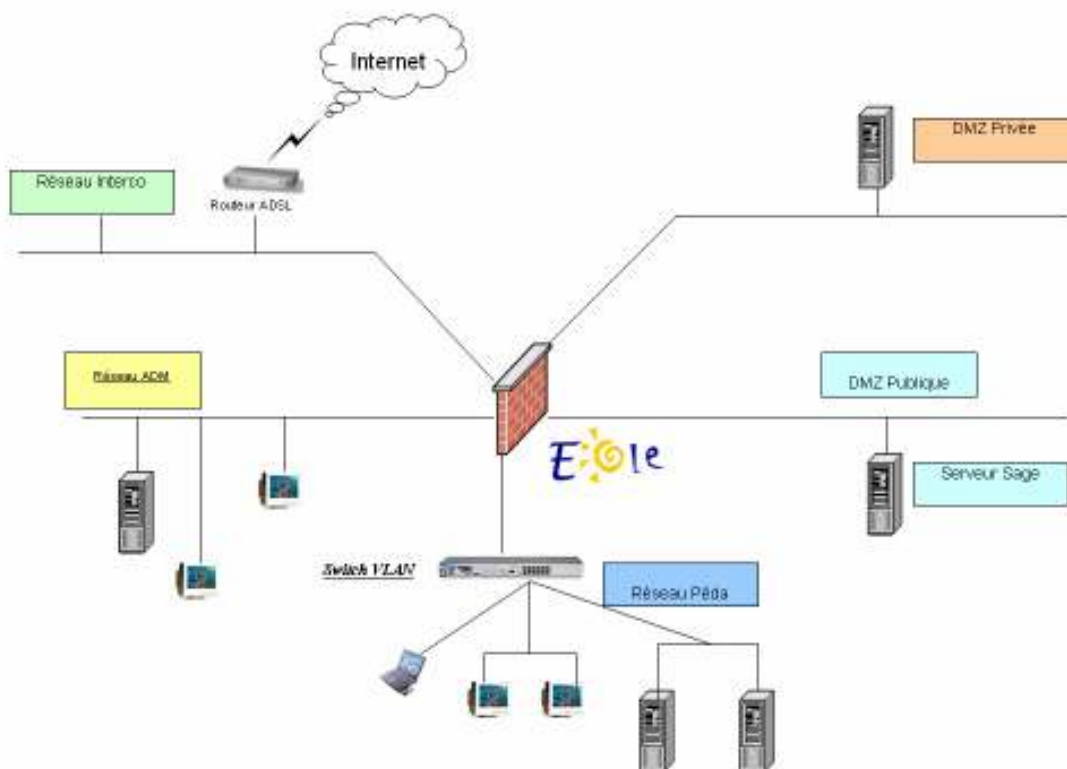
La station va donc être branchée sur le réseau informatique de l'établissement. Pour être vue, il lui faut une adresse IP reconnue dans le réseau de l'établissement. On parle d'adresse IP privée. Cette adresse devra être indiquée dans l'ordinateur de la station. (voir plus bas). Ainsi, dans tout l'établissement, on pourra accéder à la station en se connectant à l'aide d'un navigateur par l'adresse : http://IP_privée/. On accède alors à la même page que précédemment.

La station doit être aussi vue par l'extérieur. En effet, elle doit pouvoir communiquer par l'Internet avec un serveur (récupération des données acquises par la station vers le serveur et réception par la station de données de maintenance, d'informations...). Il est donc primordial de configurer le pare feu de l'établissement pour que l'on puisse accéder depuis l'extérieur à cette station selon les modalités suivantes :

- ouverture du port 80 pour le protocole 'http'
- ouverture du port 22 pour le protocole 'ssh'

ouverture du port 18000 pour le protocole 'seedlink'

Dans les établissements disposant déjà de ce type de stations, les services académiques ont retenu le principe de placer la station dans la DMZ ⁷ publique de l'établissement. Ainsi, elle pourra être accessible dans l'établissement par son IP privé et depuis l'extérieur par Internet par son IP public.



N.B : toutes les académies n'ont pas forcément deux réseaux DMZ mais au moins une DMZ publique.

Le problème du pare-feu : à la sortie de l'établissement, EOLE⁸ (ou équivalent) bloque les échanges avec l'extérieur et ne laisse qu'une sortie. Or il faut que la communication de la station 'SAGE' avec l'extérieur soit à double sens ; pour envoyer les données, pour en recevoir et pour la maintenance à distance. La station doit être installée dans une zone du réseau de l'établissement appelée DMZ. Dans le réseau interne, il y a deux DMZ, une publique et une privée. Comme on le voit sur le schéma ci-dessus, il faut que la machine soit sur la DMZ publique pour qu'un autre ordinateur, qu'il soit de l'établissement ou de l'extérieur, puisse aller lire les données sur IDA, voire intervenir à distance sur la station pour sa maintenance. L'adresse IP publique qui permet de joindre la station sismo est l'adresse IP de l'abonnement ADSL du pare-feu Eole. Il suffit de connaître l'adresse IP de l'abonnement de l'établissement. Ensuite c'est au pare-feu de réacheminer le flux vers la station sismo en faisant de la translation de port. Par exemple, dans l'académie de Nice, la station du collègue Matisse (NICF) est joignable par <http://217.128.220.24:8035>⁹.

⁷ Zone DéMilitarisée

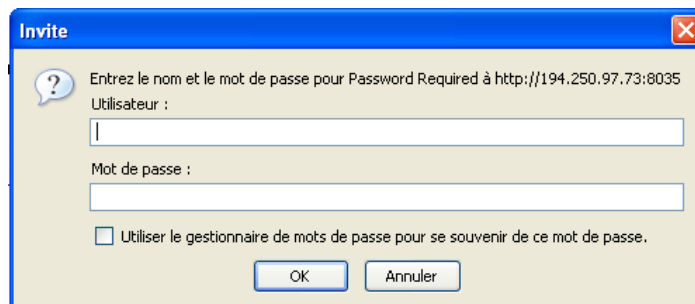
⁸ Ensemble Ouvert Libre pour l'Education

⁹ <http://217.128.220.24>: adresse IP de l'abonnement du pare-feu Eole et 8035 : port pour le protocole 'http'

Ainsi, la station reçoit de la part des services informatiques du Rectorat deux adresses IP : une adresse IP privée et une adresse IP publique. L'adresse IP privée permet, une fois les opérations décrites ci-dessous effectuées, d'accéder aux données de la station depuis les ordinateurs du réseau Intranet de l'établissement (réseau pédagogique ou réseau administratif).

- Pour configurer la station sur les réseaux informatiques, il va falloir ouvrir la session 'administrateur' :
 - user name : **root**
 - password : **sagesage**

Puis, sélectionner le navigateur et aller à l'adresse : <http://localhost/cgi-bin/admin/net>



et rentrer à la demande :

login : **admin**
password : **prudence**

On arrive alors à : « configuration réseau de la machine SAGE/IDA » : à ce stade, il faut être très prudent, car on est au cœur du système informatique de l'ordinateur et une fausse manœuvre ou une initiative non autorisée pourrait mettre en danger le fonctionnement de l'ordinateur.



sur l'écran, il va falloir entrer votre configuration, il faut renseigner :

- adresse IP
- masque de sous-réseau
- passerelle
- serveur de nom (DNS)
- DNS alternatif (idem au dessus – non obligatoire)

Il s'agit de 4 numéros qui doivent être fournis par le gestionnaire du réseau de l'académie.

Fermer la session administrateur, car la station est maintenant visible par les réseaux informatiques.

Visualisation et exploitation des données par l'interface IDA.

Que vous vous connectiez à la station en 'localhost' (déconseillé), par son IP privé ou public, vous arrivez toujours sur la page d'accueil de la station :

Bienvenue chez IDA, l'Interface de Données Automatique !

Pour la station de CIVF les données suivantes sont disponibles:

- ◆ Le dérouleur:
 - ◊ [la journée en cours](#)
 - ◊ [les archives des journées passées](#)
- ◆ [Séismes récents](#)
- ◆ [Extraction des données](#)
- ◆ [Les données au format TITAN2](#)
- ◆ Les tracés en temps réel:
 - ◊ [Les canaux à 10Hz](#)
 - ◊ [Les canaux à 50Hz](#)

Suivant les versions et le développement à venir de ces stations, cette page peut changer d'aspect.

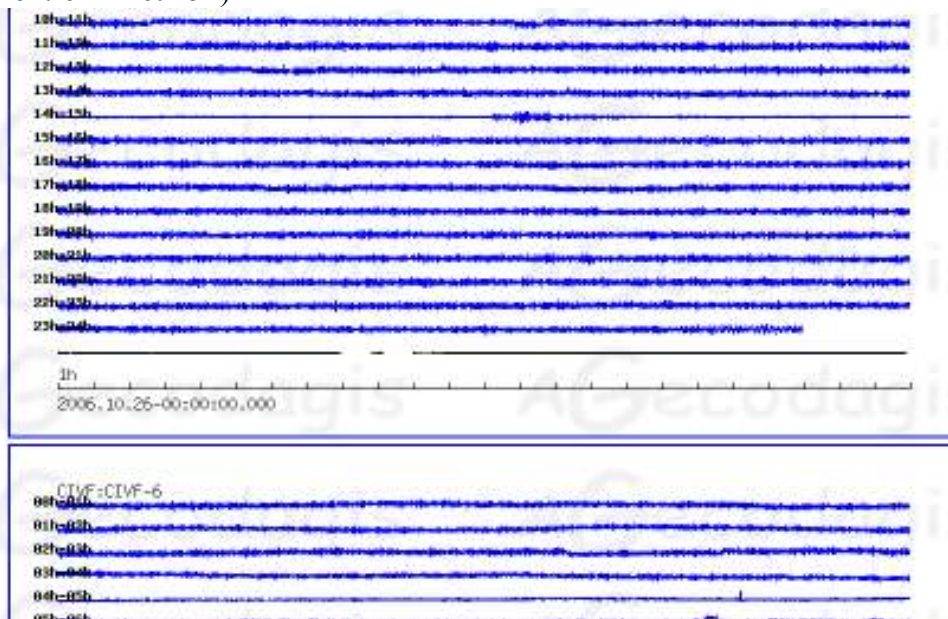
Les fonctionnalités actuelles sont les suivantes :

- o Le dérouleur : Il permet une visualisation rapide du mouvement du sol dans la journée en cours (bruit de fond, téléseismes ..). La priorité étant à l'acquisition, il peut arriver que le tracé sur le dérouleur soit temporairement suspendu.



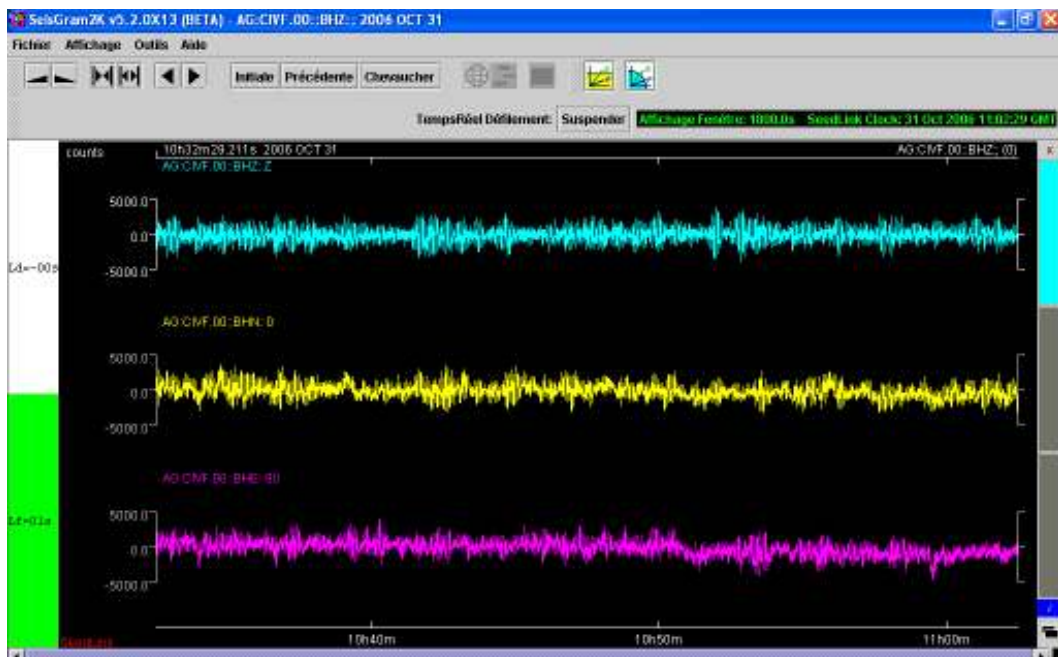
Chaque ligne correspond à une heure d'enregistrement

On peut aussi visualiser le mouvement du sol des derniers jours par le module 'archives' (seuls les dix derniers jours sont accessibles)... et suspecter des évènements (ex : 26.10.06 entre 14h et 15h)



Exemple : dérouleur des jours précédents

- o Un autre mode de visualisation est possible si le port 18000 a été activé. Il s'agit des 'tracés en temps réel'. On visualise alors l'arrivée des données en provenance du sismomètre et du GPS via le numériseur. L'ouverture de l'applet 'seisgram2K' en mode seedlink peut être plus ou moins long en fonction de la qualité des réseaux et des ordinateurs.



- o L'interface 'IDA' permet aussi de visualiser l'ensemble des fichiers archivés sur le disque dur correspondant au mouvement du sol. C'est le module 'les données au format TITAN2' :

Index of /omni-data/data/2006.10.26

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
00.04.26	26-Oct-2006 00:13	214K	
00.09.28	26-Oct-2006 00:18	215K	
00.14.30	26-Oct-2006 00:23	215K	
00.24.34	26-Oct-2006 00:32	214K	
00.29.36	26-Oct-2006 00:37	215K	
00.34.38	26-Oct-2006 00:42	215K	
00.39.40	26-Oct-2006 00:47	215K	
00.44.42	26-Oct-2006 00:51	216K	
00.49.44	26-Oct-2006 00:56	215K	
00.54.46	26-Oct-2006 01:01	216K	
00.59.48	26-Oct-2006 01:05	214K	
01.04.50	26-Oct-2006 01:10	215K	
01.09.52	26-Oct-2006 01:15	215K	
01.14.54	26-Oct-2006 01:20	215K	
01.19.56	26-Oct-2006 01:29	215K	
01.24.58	26-Oct-2006 01:34	215K	
01.30.00	26-Oct-2006 01:39	215K	

Chaque fichier contient les informations d'un mouvement du sol pour un intervalle de temps de l'ordre de cinq minutes.

- o L'interface 'IDA' propose aussi des outils d'analyse avec des modules d'extraction de données manuelle ou automatisée.

- o Extraction (manuelle) des données :

Le module permet de procéder à l'extraction de données en spécifiant le date du début de l'extraction et sa durée (en secondes). La station, après quelques minutes, réalise, à partir des fichiers archivés le sismogramme correspondant à la requête. Les données sont alors téléchargeables (au format SAC) pour étude (avec Seisgram2K notamment).

Sélection des données

[Retour au menu principal](#)

Début de l'enregistrement (année/mois/jour-heure-minute): 2006 / 10 / 26 - 10 : 26
 durée (en seconde, une heure au maximum): 300

identificateur	requête	état
EVT22		en attente

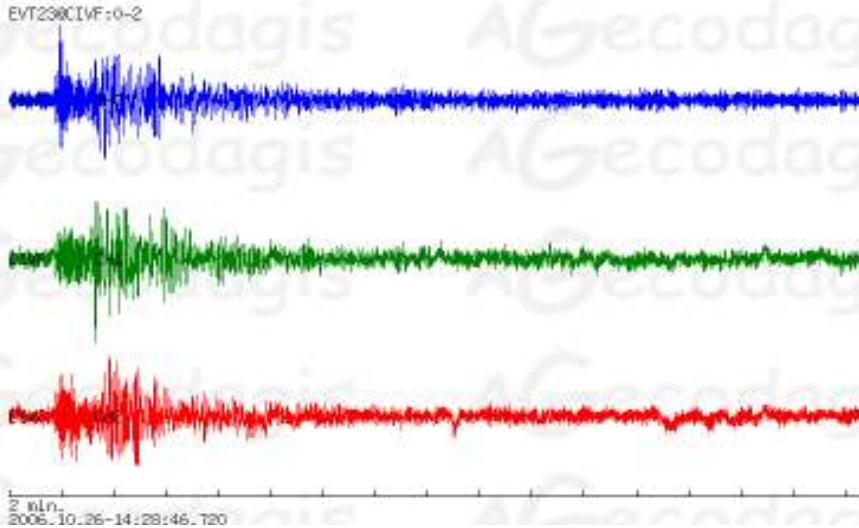
quelques minutes plus tard ...

identificateur	requête	état
EVT22	2006.10.26-14.28,2006.10.26-14.34	disponible

Évènement : 2006.10.26-14.28,2006.10.26-15.01

[Retour au menu principal](#) ou à la [sélection des données](#)

Données disponibles: [TITAN2_SAC\(sig\)](#)



- Extraction automatisée des évènements récents :

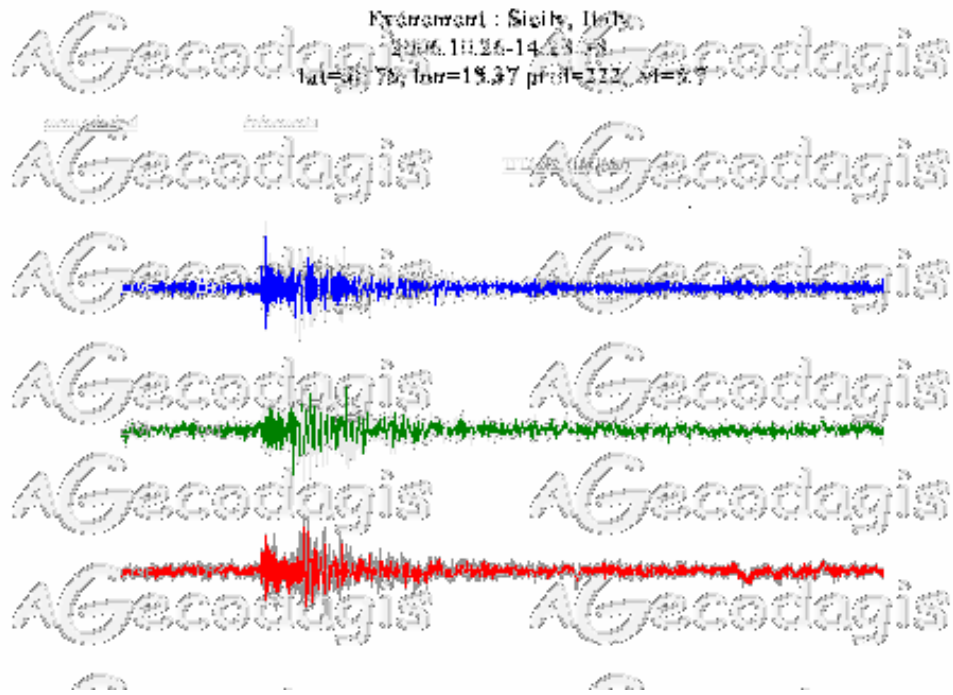
La station étant en relation permanente avec un serveur, elle reçoit des informations sur les derniers évènements sismiques récents régionaux ou mondiaux. Cela lui permet de déclencher des extractions automatisées de certains évènements qu'elle est susceptible d'avoir enregistré. L'interface 'IDA' propose un catalogue de sismicité et des évènements déclenchés associés.

Séismes récents:

Attention, le bulletin rapporté ci-dessous ne tient pas compte des révisions apportées aux localisations par les organismes sismologiques

ID	Date [AAAA-MM-DD] Heure [HH:MM:SS]	Latitude [deg]	Longitude [deg]	Profondeur [km]	Magnitude
Indonésie, Sulawesi, Sulawesi	2006 10 26-07:02:07	0	120	10	4.7
Indonésie, Irian Jaya	2006 10 26-04:57:09	0	135	10	1.4
Indonésie, Irian Jaya	2006 10 30-09:44:23	45.12	7.34	5	2.3
Southern Océanie, Irian Jaya	2006 10 29-08:51:52	20	140.20	70	6.0
Indonésie, Sulawesi, Sulawesi	2006 10 26-07:02:04	0	120	10	1.9
Indonésie, Sulawesi, Sulawesi	2006 10 26-07:02:40	0	120	10	4.1
Corsica, France	2006 10 28-01:51:16	43.79	8.35	5	2.0
Indonésie	2006 10 28-00:55:43	17	-87.57	41	6.0
Indonésie, Sulawesi, Sulawesi	2006 10 26-07:02:03	0	120	10	2.4
Indonésie, Sulawesi, Sulawesi	2006 10 26-07:02:58	0	120	10	5.7
Indonésie, Irian Jaya	2006 10 26-07:14:28	44.57	7.34	10	2.1
Indonésie, Irian Jaya	2006 10 26-01:52:08	44	7.38	4	1.8
Indonésie, Sulawesi, Sulawesi	2006 10 26-07:02:03	0	120	10	1.7
Indonésie, Sulawesi, Sulawesi	2006 10 26-07:02:00	0	120	10	1.4

Ce qui donne le fichier d'évènement déclenché suivant :



Guide installation station sismo 'PC-SAGE / Agecodagis'
 Version 1.2
 31.10.2006

H. Barthélemy – J.Luc Berenguer – J. Leputh