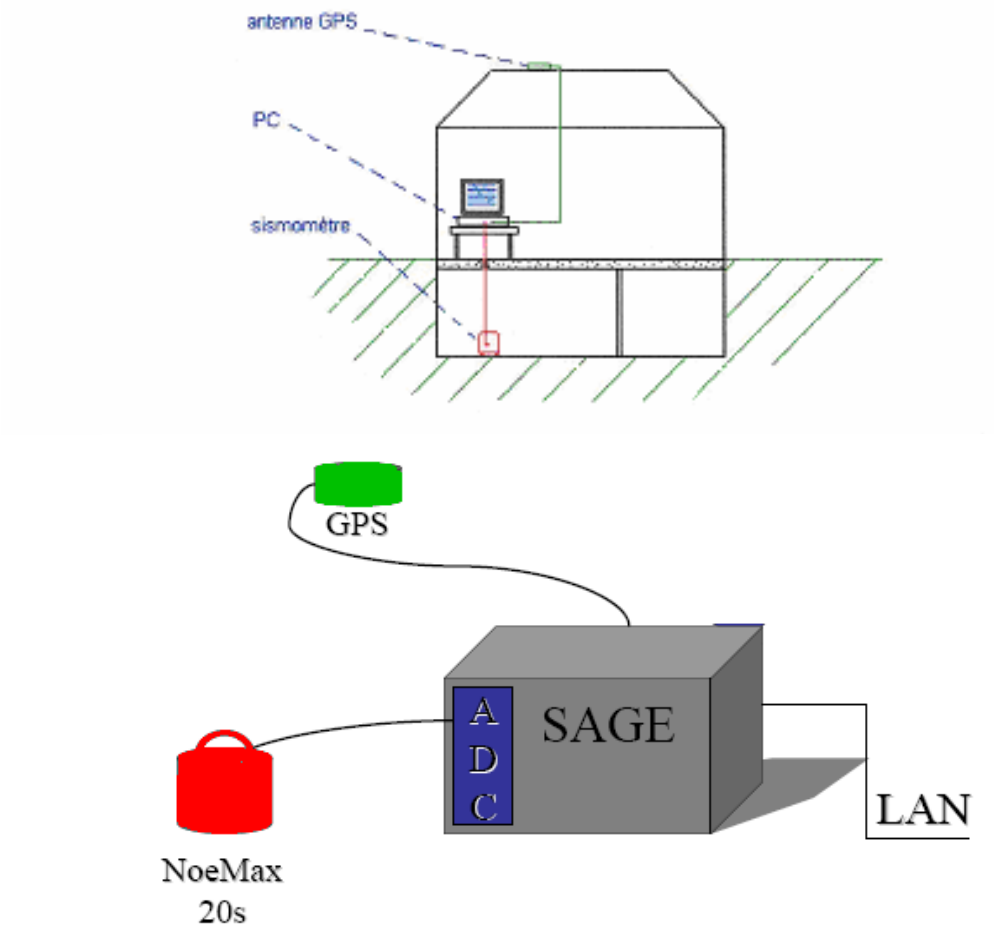
L'INSTALLATION D'UNE STATION SISMOLOGIQUE
A VOCATION EDUCATIVE

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 « 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.
Dans le modèle 'SAGE', les éléments numériseur et ordinateur d'acquisition sont 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 UTC [3] 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 recaler 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 numériques qu'il transmet ensuite à l'ordinateur.

Photo boitier SAGE

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 plusieurs semaines jours. La taille de cet espace peut varier suivant les modèles.

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

Index of /omni-data/data

Name	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	-	

Apache/2.0.52 (Fedora) Server at 194.250.97.73 Port 8035

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).

Dans la station 'SAGE', ordinateur d'acquisition et numériseur sont dans un même boîtier.

[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 !

- **Le boîtier 'ordinateur - numériseur'** : deux contraintes aussi ; d'une part, il doit être relié au réseau éthernet 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.

- **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 10 m. En standard, la longueur des câbles est de 5 mètres.

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 un espace pour recevoir le boîtier SAGE et son onduleur [5], 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 deux branchements électriques (boîtier SAGE, onduleur)

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

[5] 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 est 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.

- Brancher alors le boîtier sur le réseau éthernet et mettre sous tension. Attendre qu'il capte les signaux : le signal du capteur et le signal du GPS, ce qui prend un peu de temps

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.

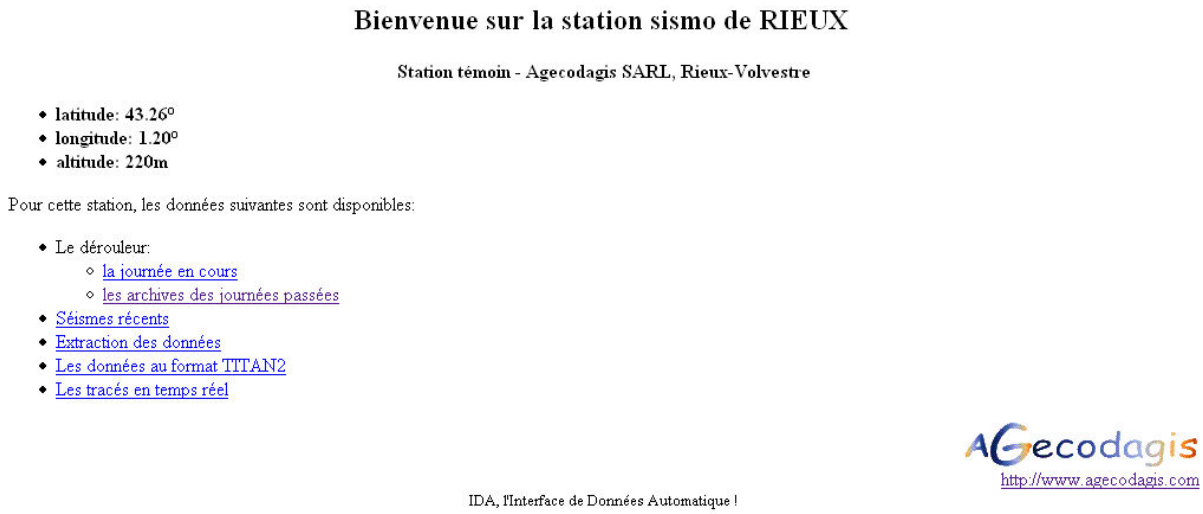
La station 'SAGE' est destinée à être consultable par les élèves et leurs enseignants par un protocole 'http' à travers l'interface 'IDA' à partir d'autres ordinateurs que celui de la station. C'est pourquoi, la station a été branchée sur le réseau informatique de l'établissement (par une prise RJ 45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

2. Pour la mise en place des liaisons informatiques.

La station a été 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 (IIP) qui normalement a indiquée dans la configuration du boîtier. Dans tous les cas l'adresse IP privée du boîtier est spécifiée dans les documents transmis avec le boîtier par le constructeur. Vous pouvez modifier cette configuration (voir plus bas : 'modification de la configuration').

Ainsi, dans tout l'établissement, on pourra accéder à la station en se connectant à l'aide d'un navigateur par l'adresse : http://IIP/.

On accède sur l'écran de bienvenue de IDA

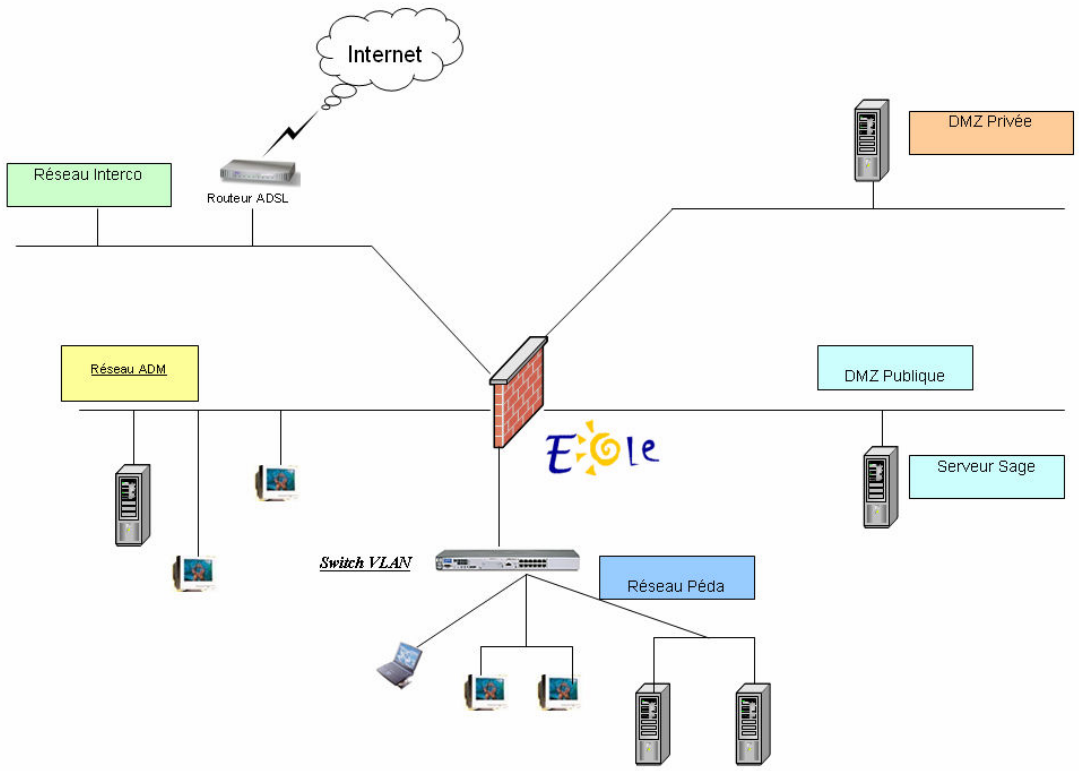


Exemple de page d'accueil de la station :
- le module 'tracés en temps réel' permet vérifier la bonne arrivée des données du numériseur vers le disque dur avant que celles-ci soient enregistrées,
- le module 'données au format TITAN2' permet de vérifier l'archivage des fichiers acquis sur le disque dur.
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.

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 :

En entrée : Internet et postes utilisateurs (élèves) vers SAGE :
TCP 80 (http) >> interface IDA
TCP 18000 >> SeedLink
En sortie SAGE vers Internet :
TCP 79 (finger) >> liste des séismes
En sortie, des postes utilisateurs (élèves) vers Internet :
TCP 80 (http) >> Interface IDA
TCP 18000 >> 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 [6] publique de l'établissement. Ainsi, elle pourra être accessible dans l'établissement par son IP privée et depuis l'extérieur par Internet par son IP public (EIP).



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, EOLE[7] (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 (EIP) 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 ré acheminer le flux vers la station 'sismo' en faisant de la translation de port. Par exemple, dans l'académie de Nice, la station du collège Matisse (NICF) est joignable par http://217.128.220.24:8035 [8].

Ainsi, la station reçoit de la part des services informatiques du Rectorat deux adresses IP : une adresse IP privée (IIP) et une adresse IP publique.

---

[6] Zone DéMilitarisée
[7] Ensemble Ouvert Libre pour l'Education
[8] http://217.128.220.24: adresse IP de l'abonnement du pare-feu Eole et 8035 : port pour le protocole 'http'

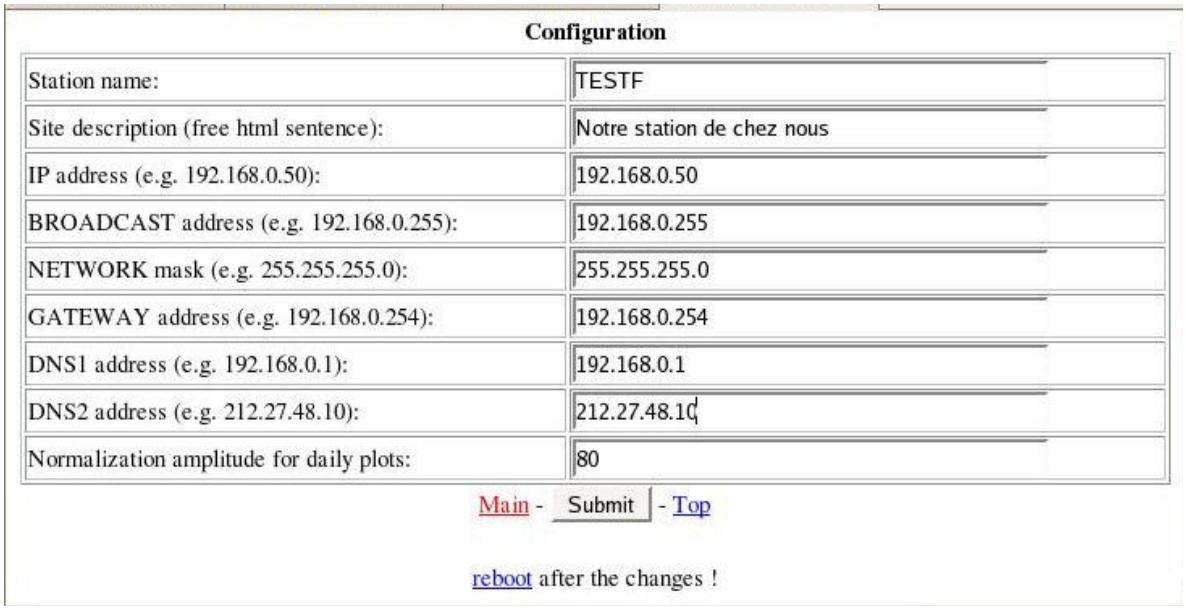
3. Pour une modification éventuelle de la configuration de la station.

Seul le responsable de la station aura à gérer cette partie de l'interface en relation avec la cellule d'ingénierie du 'SISMOS à l'Ecole'.

Dans certains cas, on peut être amené à modifier certains paramètres de la station, son IP privée, le nom de l'établissement, le nom de code de la station. Pour cela, il va falloir se connecter sur la station sur son interface de configuration en se connectant avec un navigateur à l'adresse http://IP:81.

Par le réseau interne de l'établissement, on accède donc par http://IP:81 à l'écran de visualisation (IDA) de la station.

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.

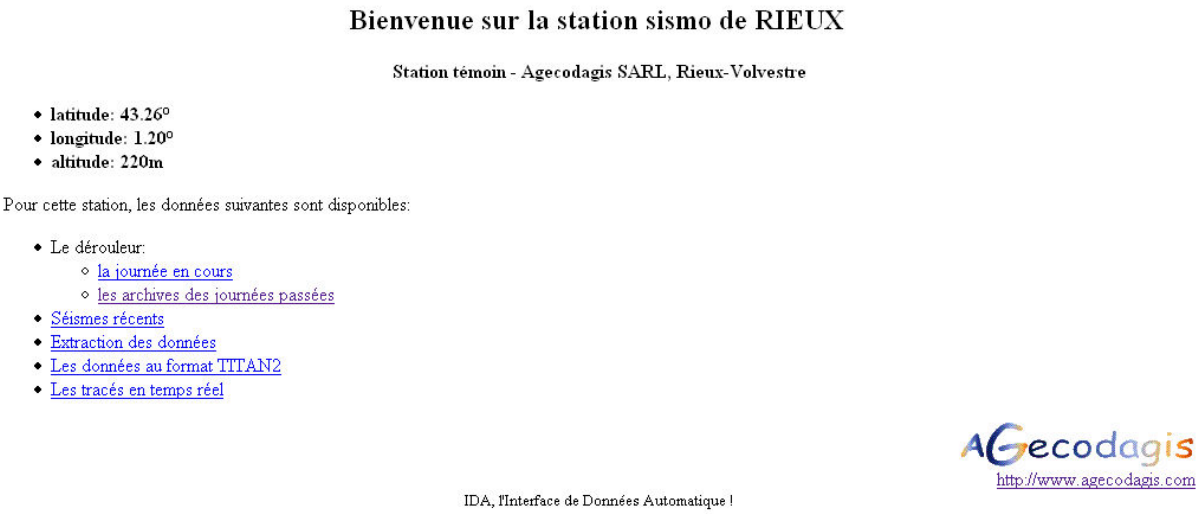


Sur l'écran, il va falloir entrer votre configuration, il faut renseigner :

- Station name : *nom de code de la station (attribuée par 'SISMOS à l'Ecole')*
- Site description *: nom de l'établissement, ville*
- IP adresse IP : *IP privée ou IIP*
- NETWORK mask : *masque de sous-réseau*
- GATEWAY address : *passerelle*
- DNS1 address : *serveur de nom (DNS)*
- DNS2 address : *serveur de nom DNS alternatif (idem au dessus – non obligatoire)*
- Normalization amplitude for daily plots : *amplitude de visualisation des tracés sur IDA*

Visualisation et exploitation des données par l'interface IDA.

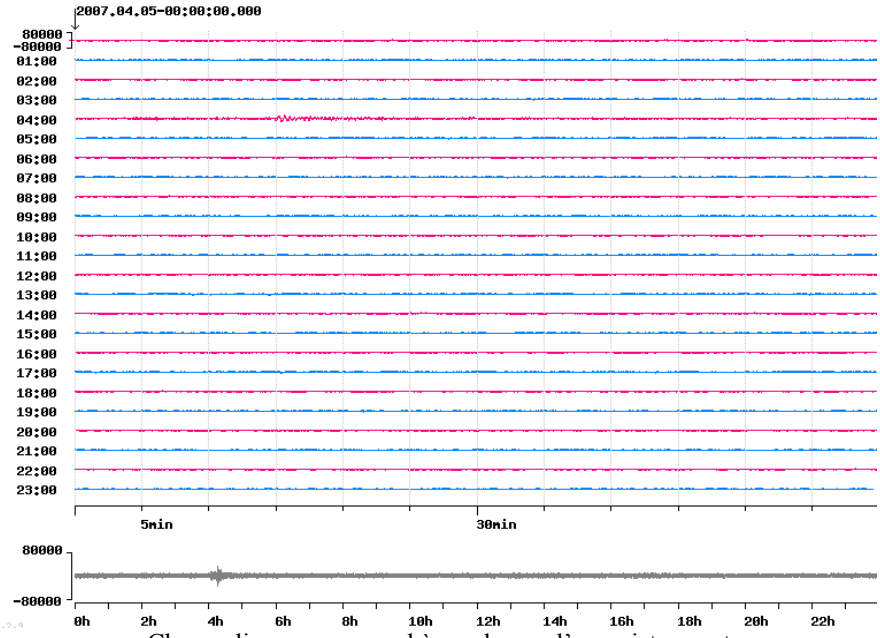
Que vous vous connectiez à la station par son IP privé ou public, vous arrivez toujours sur la page d'accueil de la station :



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

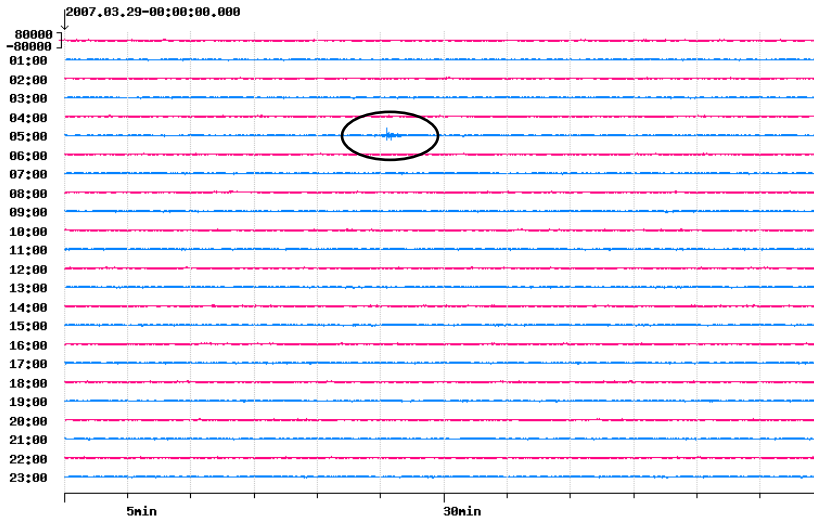
Les fonctionnalités actuelles sont les suivantes :

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



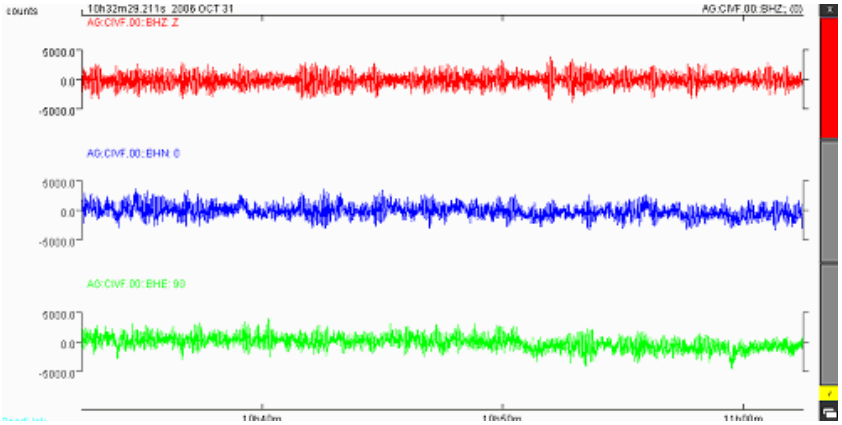
Chaque ligne correspond à une heure d'enregistrement

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 : le 29 mars 2007 sur la station de Martinique)



Exemple : dérouleur des jours précédents

- 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.



- 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	

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

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

    - 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 /31 -10 :26
durée (en seconde, une heure au maximum): 300 valider

identificateur	requête	état
EVT22		en attente

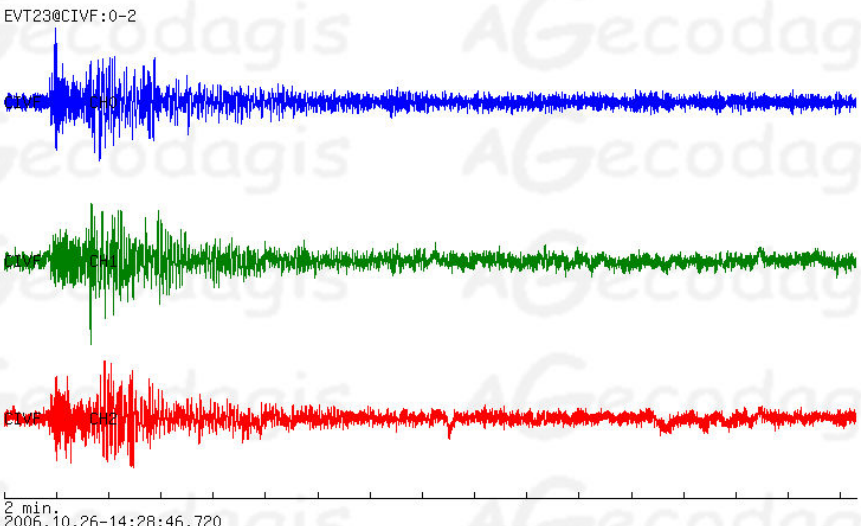
quelques minutes plus tard …

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

Evénement : 2006.10.26-14.28,2006.10.26-15.01

Retour au menu principal ou à la sélection des données

Donnés disponibles: TITAN2, SAC(zip)



- 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.

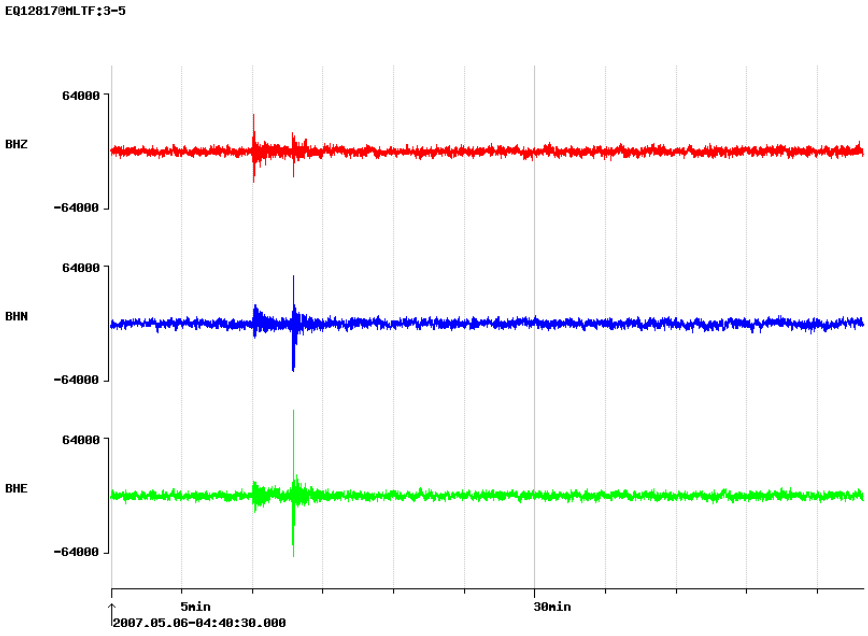
Séismes récents:

Retour au menu principal, aide à la lecture des données

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

Région	Date[AAAA.MM.JJ] Heure[hh:mm:ss]	Latitude [deg]	Longitude [deg]	Profondeur [km]	Magnitude
Venezuela	2007.05.09-10:25:22	9.51	-70.50	30	4.9
Fiji Islands region	2007.05.07-20:31:40	-21.70	-177.22	100	5.9
Xizang	2007.05.07-11:59:49	31.53	97.81	33	5.7
Off coast of southern Chile	2007.05.07-11:15:17	-44.83	-80.53	10	5.5
South of Fiji Islands	2007.05.07-00:23:35	-20.13	179.77	33	6.0
Fiji Islands region	2007.05.06-22:19:11	-19.33	-177.48	33	5.8
Fiji Islands region	2007.05.06-22:01:10	-19.21	-179.40	705	6.2
Fiji Islands region	2007.05.06-21:10:42	-18.19	-178.28	33	6.3
Luzon, Philippine Islands	2007.05.06-18:27:17	17.39	120.24	33	6.0
Northern Colombia	2007.05.06-04:47:10	6.62	-73.12	141	6.1
Banda Sea	2007.05.05-19:06:39	-7.39	128.40	111	5.6

Ce qui donne le fichier d'évènement déclenché suivant :

Evénement : Northern Colombia
2007.05.06-04:47:10
lat=6.62°, lon=-73.12° prof=141km, M=6.1

Données disponibles: téléchargement au format SAC(tar), ouvrir avec SeiSgram.