

Automate de gestion d'aquarium interfacable par le web: aquanywhere

Aout 2005

vers. 1.0

@ Copyright Sébastien SALVA (aquanywhere@free.fr)

Table of Contents

1Présentation de l'automate.....	2
2Installation matérielle de l'automate.....	4
2.1 Câblage des cartes relais	4
2.2 Câblage du capteur de température.....	5
2.3 Et au final.....	5
3Installation logicielle de l'automate.....	6
3.1 Installation des packages	6
3.2 Installation de l'automate.....	8
3.3 Configuration de la base de données.....	9
3.4 Démarrage automatique de l'automate.....	10
4 Utilisation de l'interface Web.....	13
5Divers.....	18
6Reste à faire.....	18

Comme beaucoup, je me suis amusé à monter un automate pour faire fonctionner nos usines à gaz d'aquarium récifal. Il faut dire aussi que j'en avais marre des multi-prises ! Mais autant être clair de suite : est-ce plus sécurisant ? Probablement pas, car l'électronique, aussi robuste soit elle, apporte aussi son lot de défaillances.

Mon but correspond plutôt à l'obtention d'un maximum d'informations, d'alertes et à la détection simple de pannes. Voilà pourquoi je me suis orienté vers une interface Web pour piloter le tout. De ce fait, où que l'on soit, on peut savoir ce qui se passe (quantité d'eau consommée, pannes, ...) et presque tout contrôler (lampes, pompes, écumeur, rah ...).

N'étant pas électronicien et ayant 2 mains gauches, j'ai décidé d'utiliser une carte d'interface Velleman (www.velleman.be), et un PC. (Je sais, c'est un peu la massue pour écraser la fourmie). Le PC me permet d'utiliser un serveur web mais aussi d'autres services (ssh, Nagios, ...).

1Présentation de l'automate.

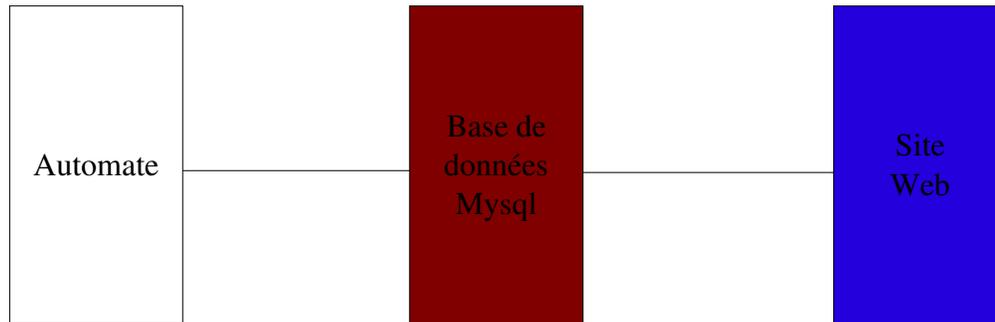
Pour commencer, voici ses fonctionnalités:

- **Gestion des lampes HQI:** elle s'effectue grâce à une plage horaire et à un bouton “marche/arrêt”. Au démarrage de l'automate, les lampes HQI sont allumées (si la plage horaire l'autorise) au bout de X minutes. Ceci permet d'éviter l'allumage successif des HQI lors de coupures de courant. X est paramétrable via l'interface Web. Les lampes HQI sont aussi automatiquement éteintes si la température dépasse un certain seuil.
- **Gestion des tubes bleus:** idem que les lampes HQI (sauf pour l'allumage au bout de X min)

- **Gestion d'un groupe de pompes:** idem que précédemment. Ce groupe de pompes peut être stoppé 10 minutes par un bouton physique relié à la carte K8055. Ce bouton peut être utilisé pour une pause de nourrissage.
- **Gestion de l'écumeur:** celui-ci peut être stoppé par un bouton physique mais aussi par un capteur de niveau d'eau (capteur high), qui indique que le niveau d'eau est haut dans la décantation. Lorsque le capteur revient à sa position normale, l'écumeur revient à son état précédent (marche ou arrêt).
- **Gestion de l'osmolation:** lorsque le niveau d'eau baisse dans la décantation, le capteur "osmolation" se déclenche, ce qui fait actionner la pompe d'osmolation pendant X secondes, X pouvant être modifié via l'interface Web. Un deuxième capteur "high", placé dans la décantation, sert à vérifier si le niveau d'eau est trop haut. Dans ce cas, le capteur précédent ne fonctionne pas ! L'osmolation est donc stoppée et un mail d'alerte est envoyé. Un autre capteur est placé dans la réserve d'eau: tant qu'il y a de l'eau, l'osmolation est fonctionnelle. Dans le cas contraire, l'osmolation est stoppée et un mail d'alerte est envoyé. Via l'interface Web, il est possible de connaître tous les moments d'osmolation et l'eau consommée.
- **Gestion de la température:** via l'interface Web, on peut connaître la température courante et lire un graphique composé : des températures relevées à chaque heure de la journée, des températures minimales et maximales pour chaque heure pour le mois. De plus, l'automate gère la résistance (en cas de panne): si la température est supérieure à 30°, la résistance (supposée automatique) est éteinte et un mail d'alerte est envoyé; si la température est inférieure à 26° et que la résistance est éteinte, celle-ci est allumée. Enfin, si la température est inférieure à 24°, un mail d'alerte est envoyé, signalant que la résistance ne fonctionne pas.
- **Gestion d'une pompe pour RAH:** celle-ci peut fonctionner X min toutes les Y min. Comme précédemment cette pompe peut être stoppée par un bouton marche/arrêt.
- **Gestion d'un groupe de pompes doseuses:** ces pompes peuvent se déclencher suivant 5 plages horaires ou peuvent être stoppées.
- **Gestion d'une page d'erreur et de log:** qui sont accessibles via l'interface Web.
- **Configuration complète via interface Web:** il est possible, via l'interface Web de définir les plages horaires, le compte mail, les entrées sorties de la carte, ... enfin presque tout.
- **Minimum de robustesse:** un script vérifie toutes les minutes si l'automate est exécuté. Si ce n'est pas le cas, il est rechargé en réinitialisant la base de données avec la dernière sauvegarde. La même base est sauvegardée toutes les heures.

L'architecture, permettant l'accès d'un site web à l'automate est la suivante. Chacune des 3 parties peut être placée indépendamment des autres. *Automate* correspond à un programme écrit en C++ qui est

autonome des autres parties. Le site Web est un exemple minimal que je vous propose et peut être remplacé.



L'automate est basé sur la carte Velleman K8055. Celle-ci se connecte sur un PC via un port usb (1.1 ou 2.0) et ne nécessite donc pas d'alimentation externe. Elle possède:

- 5 entrées digitales et 2 entrées analogiques
- 8 sorties digitales et 2 analogiques

Et si les entrées-sorties ne suffisent pas, il suffit d'en brancher une autre (chaque carte aura sa propre adresse).

Pour pouvoir faire fonctionner du matériel en 220v, on peut ajouter aux sorties de la carte des relais classiques, mais aussi les cartes relais K**** (ce qui est plus simple !).

On peut aussi trouver des kits de capteurs, de moteurs pas à pas, de bus (can, I2C)... pouvant se brancher sur cette carte.

La plupart des cartes sont à monter soi-même, ce qui n'est généralement pas difficile. (les docs Velleman sont bien faites et il suffit de regarder la photo du kit monté !)

2 Installation matérielle de l'automate

Cette partie vous présente comment relier les différentes cartes entre elles. Grâce aux docs fournies avec les cartes Velleman, il n'est pas nécessaire d'être électronicien pour le faire.

Voici la liste du matériel requis:

- une carte d'interface Velleman K8055. L'avantage de cette carte est qu'elle est auto-alimentée par l'usb.
- 2 cartes à relais K2633 permettant de brancher des appareils sur la carte K8055. Ces cartes sont alimentées par du 12v. On pourra donc les alimenter par l'alimentation du PC.
- 1 carte de capteur de température Velleman K8067 alimentée par du 9v. On peut donc soit prendre un transfo 12v->9v, soit un transfo 220v->9v.
- un PC, càd une carte mère, un processeur, un disque dur, une alimentation. Pour ma part, j'ai choisi une carte Mini-itx: ces cartes ont l'avantage d'être peu encombrantes (17cm*17), d'être fanless (donc pas de bruit), de comporter un slot pcmcia (pour du réseau wifi)... On peut

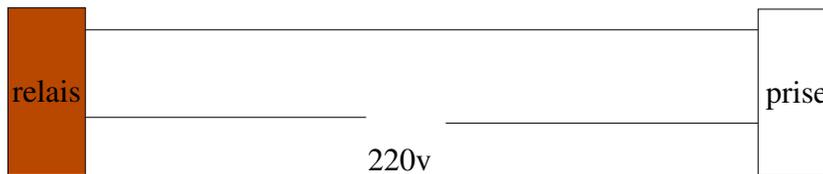
aussi utiliser une alimentation de type portable (60w ou 80w), au lieu d'une alim atx classique.

J'ai placé l'ensemble dans un coffret collé au meuble de l'aquarium sur l'extérieur (pour éviter à l'électronique de prendre le sel). Les cartes sont accolées au meuble en utilisant des entrecroises autocollantes.

On commence par placer les cartes Relais, le capteur de température et la carte K8055.

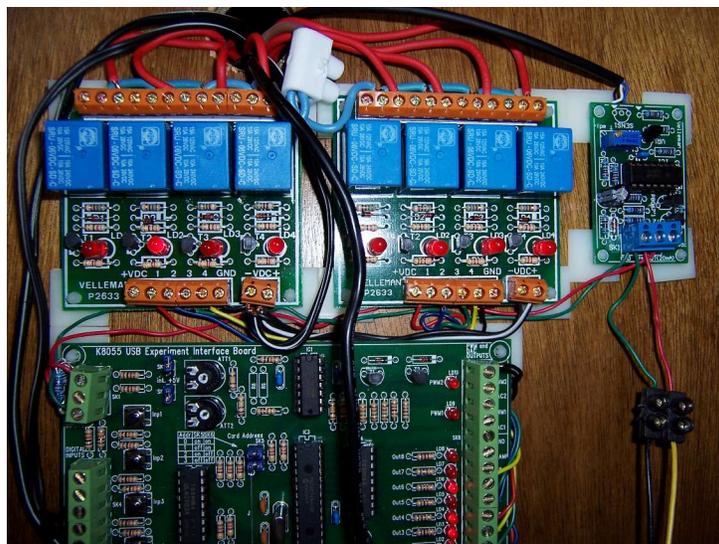
2.1 Câblage des cartes relais

Le câblage entre les cartes Relais et les prises (placées dans le meuble de l'aquarium) s'effectue de la manière suivante. Chaque relais joue le rôle d'interrupteur. Donc, il suffit de faire venir un des fils du 220v sur toutes les entrées *C* des cartes Relais (par pontage). L'autre fil du 220v doit arriver sur un plot de chaque prise (par pontage aussi). Enfin, il vous reste à placer un fil entre chaque entrée *NO* des cartes Relais et chaque plot restant des prises.



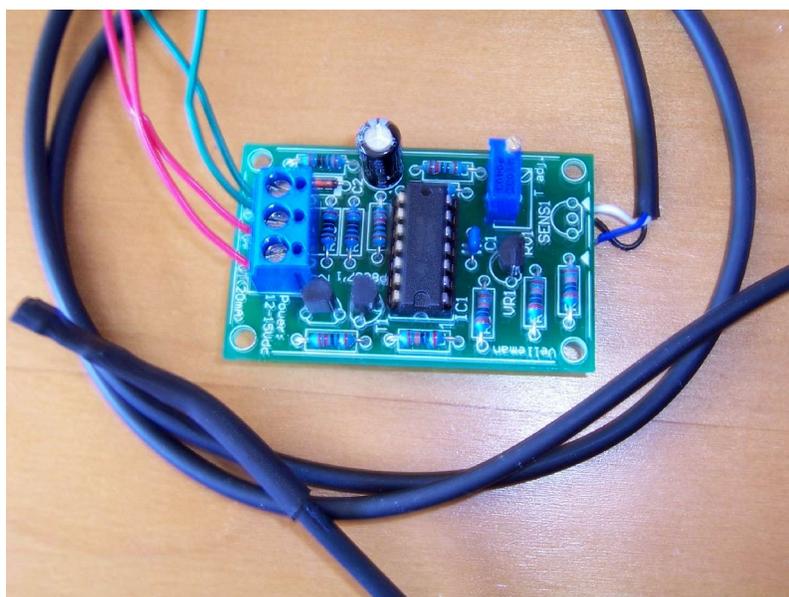
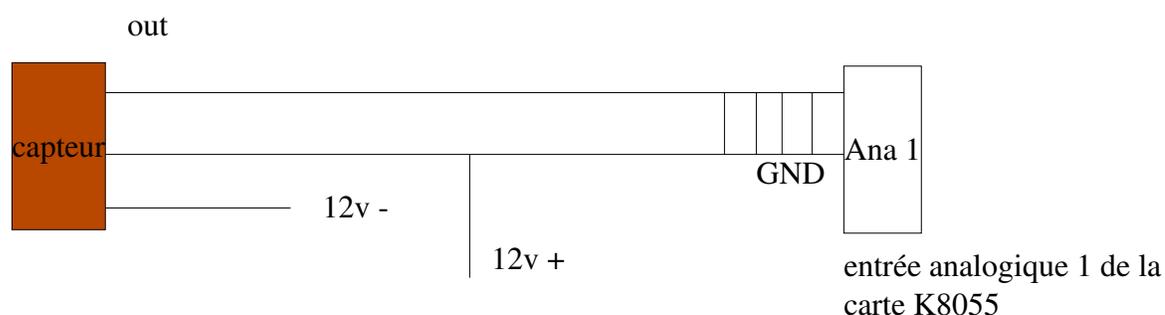
Chaque carte relais est alimentée par du 9v. Pour ce faire, vous pouvez, par exemple, utiliser un transfo 220->9v. Attention, si vous inversez les bornes (+ -) les cartes relais ne fonctionnent pas (mais elles n'explosent pas non plus !). Prévoyez une alimentation respectant les spécifs des cartes relais (300 mA par carte).

La jonction des cartes relais avec la carte d'interface K8055 est relativement simple: il suffit de relier les entrées GND entre elles et de relier les sorties 1—8 de la K8055 avec les entrées 1—4 et 1—4 des 2 cartes Relais.



2.2 Câblage du capteur de température

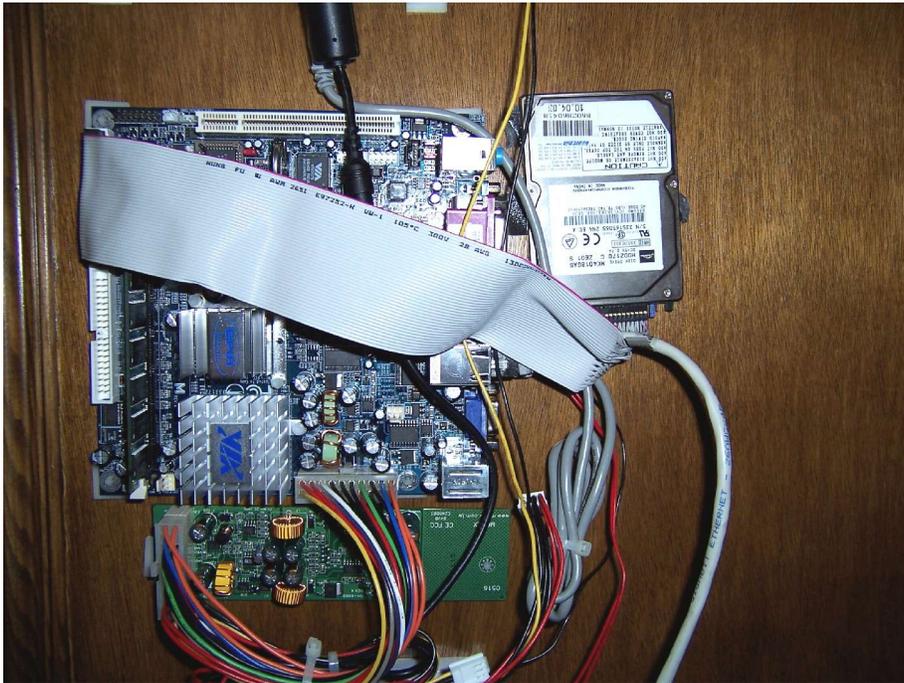
L'ajout du capteur de température est un peu plus complexe (suivez donc bien la doc de Velleman qui est très bien faite !). Premièrement il faut ajouter une résistance de 250 ohms (4 résistances de 1 kohm en parallèle) car le capteur donne une tension jusqu'à 12v alors que la carte K8055 ne prend que du 5v max. Pour ma part, les résistances étaient données avec le capteur !!! Concernant le 12v, vous pourrez le trouver directement sur l'alimentation ATX de votre carte mère (fils noir = masse, fils jaune=12v). Il suffit de brancher comme suit:



Bien évidemment, le bout du capteur doit être placé dans l'eau. Mais attention, la longueur de câble ne doit pas dépasser 1 m. Le capteur doit être étanchéifié: on peut le placer dans un tube plastique (si vous avez une fille qui fait des colliers de perles, demandez-lui !) ou quelque chose du genre.

2.3 Et au final...

Il ne vous reste plus qu'à brancher la carte mère en la reliant à la carte K8055 avec un cordon USB (donné avec la carte). Vous devriez obtenir quelque chose qui ressemble à ça:



Normalement, vous avez donc 8 prises de sorties, les 5 entrées digitales de la carte K8055 et les 2 entrées analogiques. Par défaut, on peut brancher le matériel suivant sur ces entrées/sorties. Celles-ci sont configurables via l'interface Web (voir ci dessous), càd que vous pourrez brancher votre matériel comme bon vous semble.

entrée 1	bouton stopper groupe pompe 10 min
entrée 2	bouton démarrer/arrêter écumeur
entrée 3	capteur niveau d'eau d'osmolation
entrée 4	capteur niveau d'eau dans la réserve
entrée 5	capteur niveau d'eau haut (stoppe l'écumeur)

sortie 1	lampes HQI
sortie 2	tubes bleus
sortie 3	groupe de pompes 1
sortie 4	écumeur
sortie 5	pompe d'osmolation

sortie 1	lampes HQI
sortie 6	chauffage
sortie 7	pompe du rah
sortie 8	groupe de pompes doseuses

3 Installation logicielle de l'automate

Mon choix pour l'OS s'est porté rapidement sur Linux, pour sa robustesse et sa fiabilité. A mon avis, l'idéal serait une distribution Debian minimale. Mais celle-ci s'avère la moins accessible aux débutants. Voilà pourquoi j'utilise, dans le cadre de ce document, la distribution Ubuntu (basée sur Debian) qui me paraît stable et simple d'accès.

Donc la première chose à faire est d'installer une distrib Ubuntu (actuellement Hoary) sur le PC utilisé pour l'automate. Lors du choix des packages d'installation, cochez au moins : réseau, web, développement. On vous demandera la création d'un compte , nommons-le par exemple *aqua*.

3.1 Installation des packages

L'automate nécessite plusieurs packages pour fonctionner. Vous allez avoir droit ici à de l'installation de paquets Debian mais aussi à de l'installation par compilation (drôle quand ça marche !)

Pour l'installation de paquets Debian, nous allons utiliser l'utilitaire **synaptic**:



Connecté à Internet, Synaptic va mettre à jour la liste des packages disponibles. Ensuite, il suffit de les rechercher manuellement ou avec la fonction recherche. Pour télécharger depuis Internet, faites *Catégories* et *dépot* (*Settings* et *Repositories* en anglais) . Cliquez ensuite sur *Ajouter* et ajoutez ubuntu 5.04. Ensuite cliquez sur *Reload* pour recharger la liste des packages.

Voici la liste des packages qu'il faut installer:

(normalement, apache, mysql et éventuellement quelques autres packages sont déjà installés)

- libusb-0.1.8 ou sup
- apache 1.3.33-4 ou sup, ou apache 2 (mais avec prudence car il peut être encore légèrement buggé)
- libmysqlclient10 ou sup et libmpysqlclient10dev ou sup
- mysqlclient-4.1, mysqlserver-4.1, mysql-common-4.1
- libpng
- libjpeg12, libpng12dev
- php4-mysql, php4, php4-cgi, php4-gd, php4-mysql, phpmyadmin
- sudo

Grosso modo, cela vous installe le serveur web apache, le serveur de Bd mysql, php4 et lib associés, sudo qui permet de lancer des commandes en super-utilisateur et surtout la libusb qui permet d'interagir avec la carte Velleman

Reste l'installation manuelle de mysql++ (mysql++-1.7.35 ou sup) qui permet de se connecter à mysql avec c++ et jwsmtplib (jwsmtplib-1.32.11 ou sup) qui correspond à une lib c++ pour l'envoi d'email. Ceci doit se faire en ligne de commande, en ouvrant une console.

Pour ces 2 packages, il suffit “normalement” de procéder comme suit:

1. décompresser le fichier tar.gz (gunzip fichier et tar xvf fichier.tar)
2. entrer dans le nouveau répertoire créé
3. taper ./configure, make et make install. Pour cette dernière commande, vous devez utiliser une console super-utilisateur (root).

Concernant les bibliothèques:

Les bibliothèques que vous venez d'installer se trouvent par défaut dans /usr/local/lib. Pour que l'automate y accède, il faut lui préciser où elles se trouvent. Dans ce cas, vous avez 2 choix:

- pour les initiés, il suffit d'ajouter export LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/lib dans /etc/profile et de redémarrer la session
- pour les autres, le plus simple (mais pas le plus propre) est copier le contenu de /etc/local/lib dans /lib (avec la commande cp par exemple)

Voilà la base est installée. Il ne reste plus que quelques détails!

3.2 Installation de l'automate

L'automate complet est donné sous forme de 2 archives:

- **automate.tar.gz** contient le programme (et ses sources) faisant fonctionner la carte K8055. Vous pouvez placer le prog où vous le souhaitez, le plus simple étant dans le compte de votre utilisateur (aqua dans notre cas).

Le programme principal est *automate*. Lancé par *./automate*, il s'exécutera normalement. L'option *init-bd* (*./automate init-bd*) réinitialise auparavant la base de données avec le fichier *automate.sql*. Le

script *start_automate* qui normalement doit être utilisé pour lancer l'automate, vérifie si celui-ci est exécuté toutes les minutes. S'il ne l'est pas, le script le relancera.

- *site.tar.gz* contient le site web. Il suffit de dézipper l'archive dans le répertoire /var/www/ (répertoire des pages HTML par défaut). En plus du site, vous aurez un répertoire Artichow, qui correspond à un package de construction de courbe (utilisé par la courbe de température) (voir <http://www.artichow.org>).

3.3 Configuration de la base de données

Concernant la base de données (appelée *automate*), il n'y a rien à faire (ouf !). Le programme gère la base de données en:

- l'initialisant automatiquement , si elle n'existe pas (on peut aussi le faire manuellement avec *./automate init-bd*). La base construite est la dernière sauvegardée (au départ vide).
- la sauvegardant toutes les heures dans le fichier *automate.sql*.

Une base vide (propre) est stockée dans *automate 2.sql*. En cas de problème, il suffit de renommer *automate2.sql* en *automate.sql*.

Si vous souhaitez voir les détails de la base ou si vous souhaitez ajouter des utilisateurs, vous pouvez utiliser **phpmyadmin**:

Lancez firefox et utilisez l'url <http://localhost/phpmyadmin>.

Par défaut, l'utilisateur de la base de données est "root" avec aucun mot de passe. Vous trouverez différentes tables, notamment la table *login*.

Changement des mots de passe de la base de données:

Si vous souhaitez donner un mot de passe à votre base de donnée, entrez-le grâce à *phpmyadmin*, puis listez *main.cpp* et modifiez la section suivante:

```
//BD Connection
#define HOST "localhost"
#define BASE "automate"
#define LOGIN "root"
#define PASS ""
```

Host définit le serveur de BD (qui peut être placé sur un autre PC)

Base est le nom de la base (ne pas changer)

Login est le nom de login à la base (root par défaut)

Pass correspond au mot de passe (vide par défaut)

Ensuite recompilez le programme (avec la commande `make`).
Il faut aussi indiquer ces changements au niveau du site web: modifiez le fichier `communs/config.inc.php` de la même manière.

Voilà l'automate est exécutable, ... enfin ... il faut savoir comment. Le problème c'est l'accès à l'usb, qui n'est pas simple sous linux. L'accès à la carte Velleman ne peut se faire qu'avec l'utilisateur root, par défaut. Donc, soit vous modifiez l'accès avec Hotplug (bon courage), soit vous lancez l'automate en utilisateur root.

Faites un essai ! Passez en mode console avec l'utilisateur root, placez-vous dans le répertoire de l'automate, branchez au moins la carte Velleman et lancez l'automate (commande `./start_automate`). Ça devrait marcher !!!

Par contre, on peut se rendre compte que c'est la galère pour le lancer! Pire, si vous avez une panne de courant, l'automate ne redémarrera jamais. Voilà une solution “simple” pour arranger ça:

3.4 Demarrage automatique de l'automate

Commencez par configurer le bios de votre carte mère pour qu'elle démarre automatiquement après une panne de courant (option du genre *restart after ac power lost*). Si vous n'avez pas l'option, il faut ponter le fil vert de l'alimentation ATX avec un fil noir (masse).

Commençons par régler ce problème de droit usb. Le plus simple est de lancer le programme (et lui seul) en utilisateur root. Pour cela il faut utiliser l'utilitaire `sudo`. Il faut configurer le fichier `/etc/sudoers` pour qu'un utilisateur normal lance un programme avec les droits de root sans demander un mot de passe. Ci-dessous, vous trouverez un exemple de fichier `sudoers` avec l'utilisateur `aqua` et le répertoire `/home/aqua/automate/` comme emplacement du programme. (il n'y a que quelques modifs à faire sur le fichier `sudoers` d'origine). Attention cependant: même en temps qu'utilisateur root, vous ne pouvez pas modifier ce fichier de suite. Il faut utiliser la commande `chmod 755 /etc/sudoers` auparavant. Une fois le fichier modifié, il faut recharger les droits d'origine avec `chmod 440 /etc/sudoers`.

```
# /etc/sudoers
#
# This file MUST be edited with the 'visudo' command as root.
#
# See the man page for details on how to write a sudoers file.
#
```

```
# Host alias specification
```

```
Host_Alias ICI = localhost
```

```
# User alias specification
User_Alias ROOT_FRIENDS=aqua
# Cmnd alias specification

Cmnd_Alias AQUA = /home/aqua/automate/automate

# Defaults

Defaults !lecture, tty_tickets, !fqdn

# User privilege specification
root ALL=(ALL) ALL

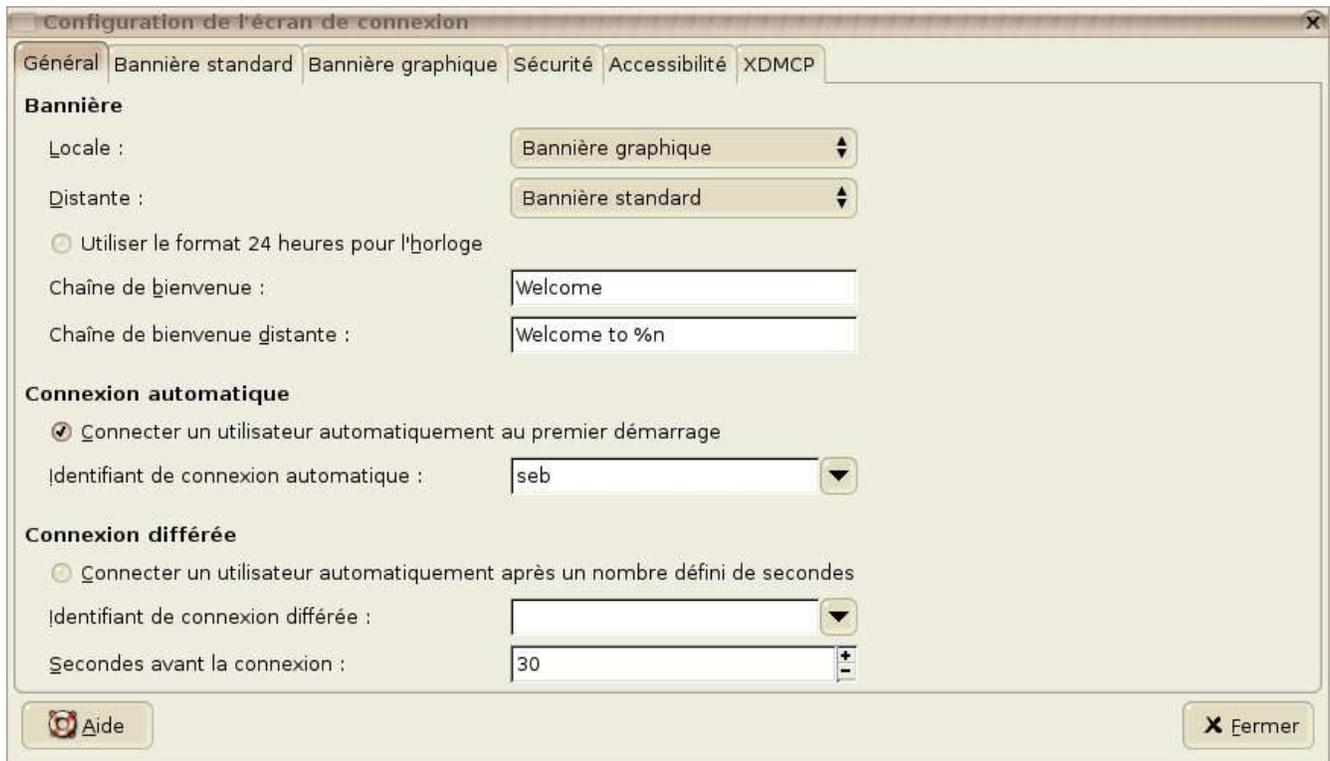
# Members of the admin group may gain root privileges
%admin ALL=(ALL) ALL

ROOT_FRIENDS ICI= NOPASSWD: AQUA
```

Ensuite, soit vous choisissez de démarrer en mode X (fenêtré) soit en mode console. Sachez juste que le premier cas demande plus de mémoire !!!

Mode fenêtré:

Lorsque vous êtes connectés sur une session, cliquez sur Système, Administration et Configuration de l'écran de connexion. Puis cliquez sur *Connecter un utilisateur automatiquement* et choisissez un utilisateur (aqua).



Cliquez sur Système, Préférences et Sessions: dans Programmes au démarrage ajoutez : `xterm -hold -e /`
`**le répertoire de l'automate**/start_automate`. Cela lancera l'automate à chaque démarrage dans une console.



Redémarrer le PC et branchez la carte Velleman. Tout devrait fonctionner !

Mode console:

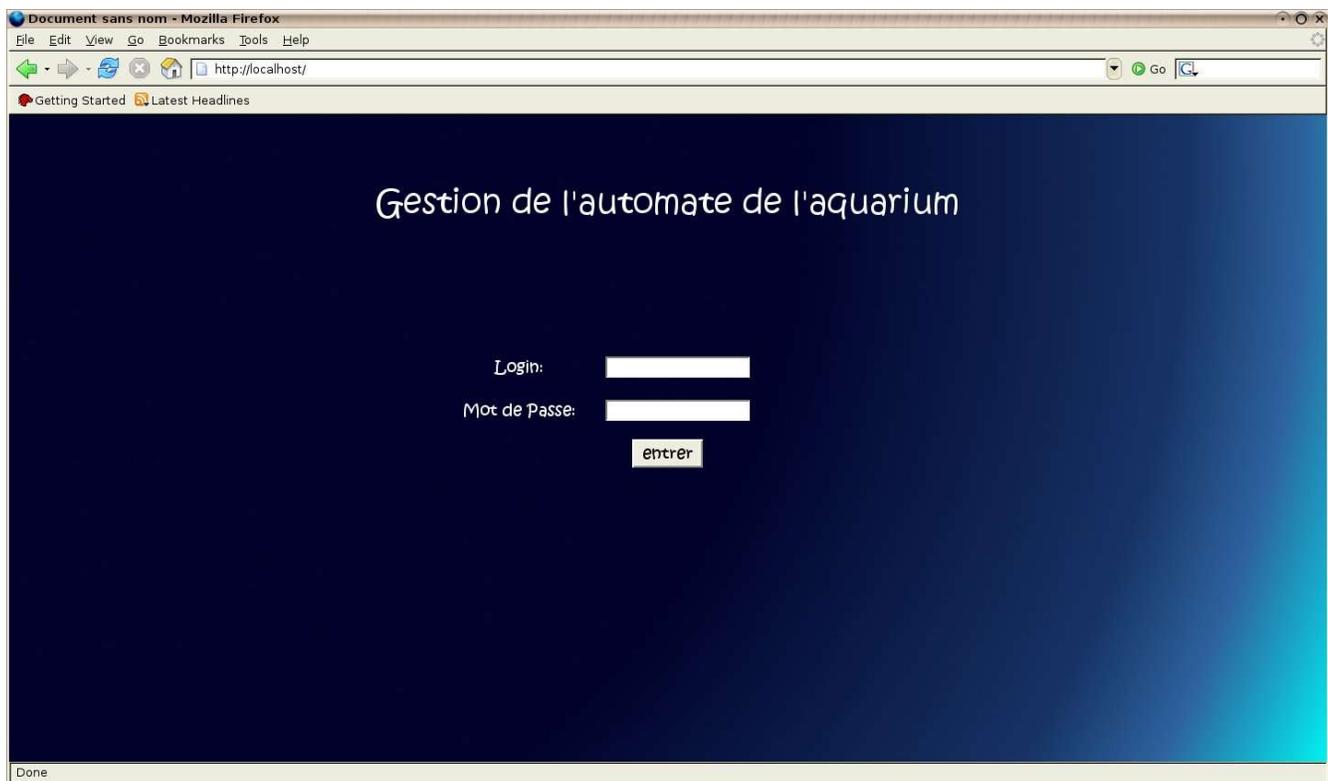
Une fois connecté, lancez une console super-utilisateur. Placez-vous dans le répertoire `/etc/rc2.d/`.

Repérez le fichier *S**gdm*, avec **** correspondant à un nombre. Déplacez ce fichier dans un autre répertoire de votre choix. En déplaçant ce fichier, le mode fenêtré ne démarrera plus (*mv S**gdm / home/aqua/* par exemple). Ensuite il ne reste plus qu'à lancer automatiquement l'automate. Pour ce faire, utilisez la commande *update-rc.d /**rep de l'automate**/start_automate defaults 99 2*. Au prochain démarrage, linux sera donc en mode console et avant même de vous logger, il aura lancé l'automate. Pour vérifier, loggez-vous et tapez *ps -e*. Vous devriez voir *start_automate* et *automate*.

Maintenant, il ne reste plus qu'à utiliser l'automate (config des plages horaires, etc etc) via l'interface web.

4 Utilisation de l'interface Web

A partir du PC faisant tourner l'automate (ou à partir d'un PC connecté à ce dernier), il suffit de taper <http://localhost/index.htm> (ou http://ad_ip_de_votre_station/index.htm) pour vous connecter à l'automate:

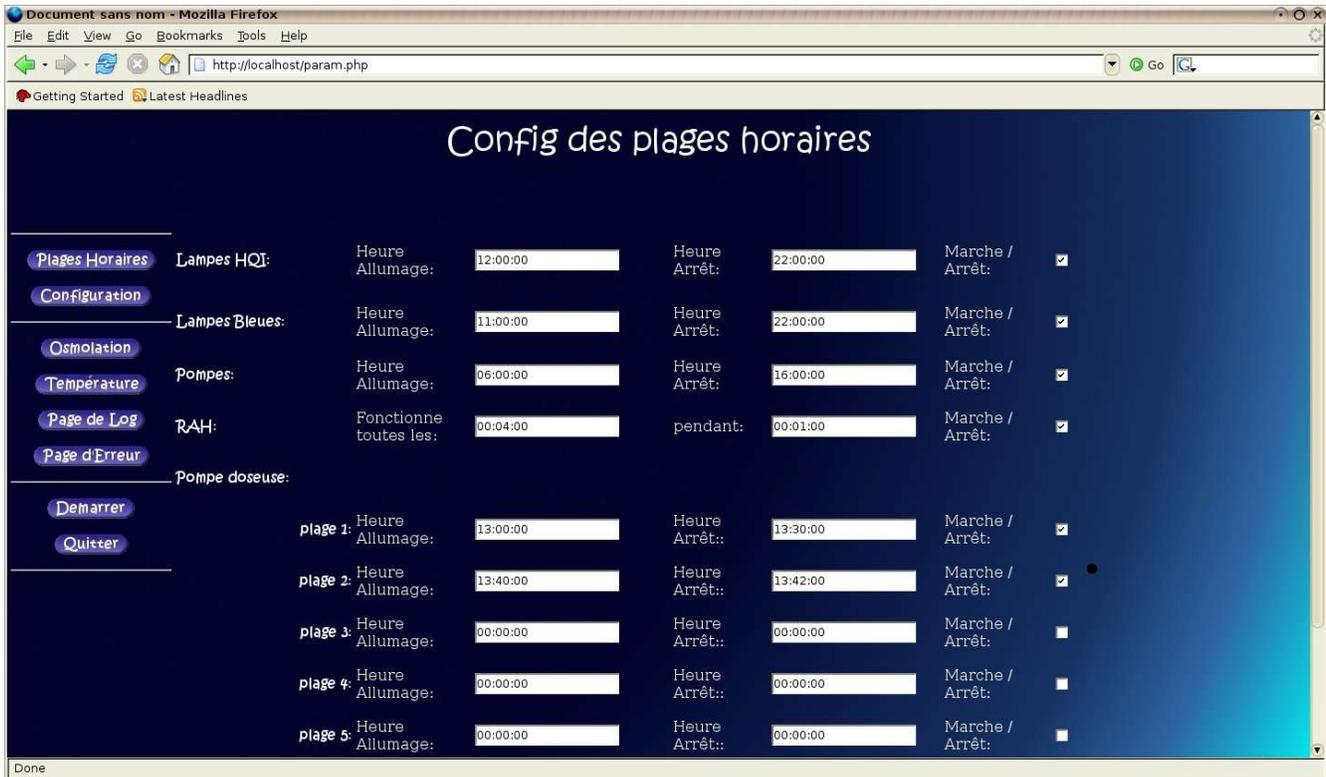


les mots de passe par défaut sont:

- pour l'accès restreint: invite / invite
- pour l'accès complet : admin / admin

Vous entrez sur la page de configuration des plages horaires. A vous de configurer celles qui vous

intéressent. Les pompes doseuses ont jusqu'à 5 plages horaires utilisables. Quant à la pompe du RAH, vous devez spécifier l'intervalle entre 2 fonctionnements et le temps de fonctionnement. Le bouton Marche/Arrêt permet de faire fonctionner/stopper le matériel pendant la plage horaire indiquée. Pour que l'automate prenne en compte ces paramètres de suite, cliquez sur modifier.



La page de configuration permet principalement de modifier les entrées / sorties de la carte Velleman. Profitez-en aussi pour entrer vos paramètres d'email pour recevoir les mails d'alerte concernant la réserve d'eau vide, les températures anormales (> 30 < 24), la résistance de chauffage fonctionnant mal, la décantation pleine.

Concernant l'osmolation, vous pouvez spécifier:

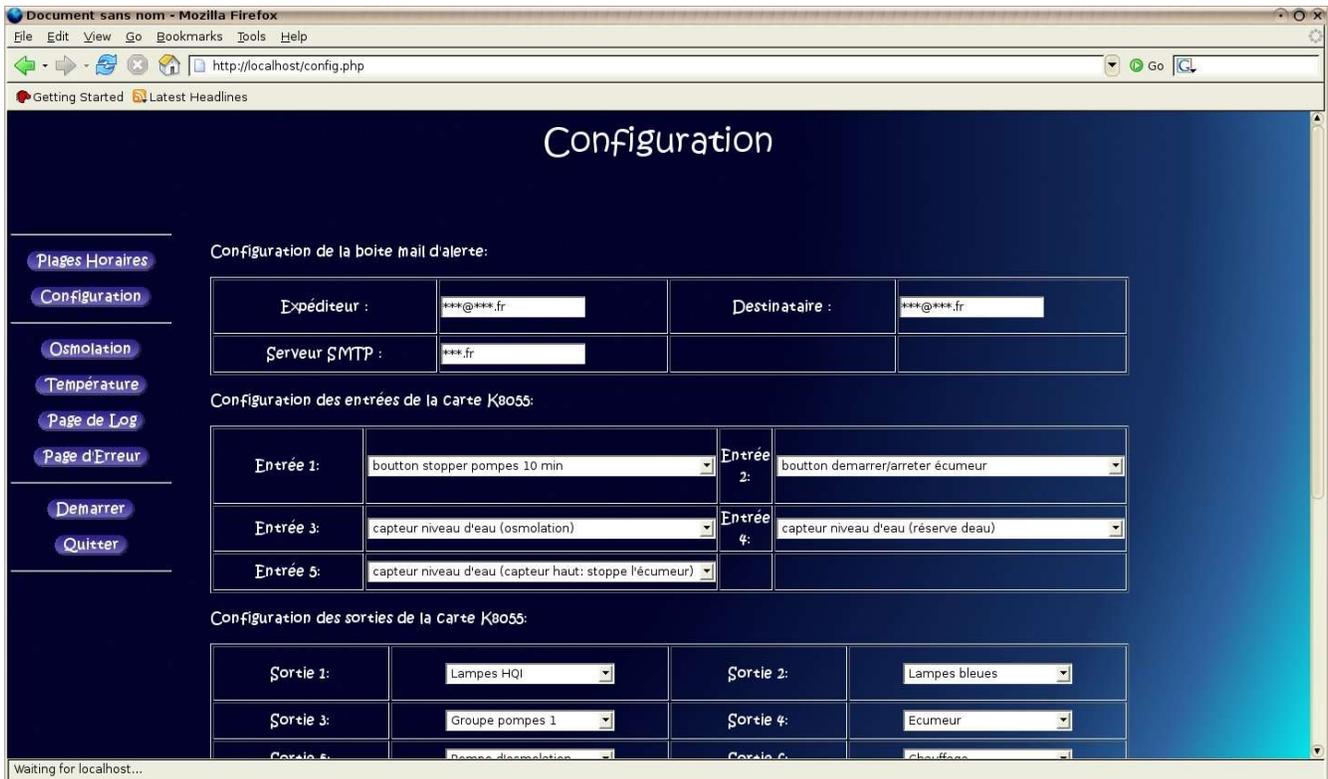
- le débit de votre pompe, ce qui permet d'évaluer la quantité d'eau osmosée consommée
- le temps d'osmolation (30s par défaut).

Au sujet des lampes HQI, on peut aussi indiquer:

- le temps avant l'allumage (20 min par défaut). Ceci évite d'allumer successivement les HQI lors de coupures de courant.
- le seuil de température au-delà duquel les lampes HQI sont éteintes, pour éviter de faire monter trop fortement la température de l'eau. Le fonctionnement des HQI redevient normal le lendemain.

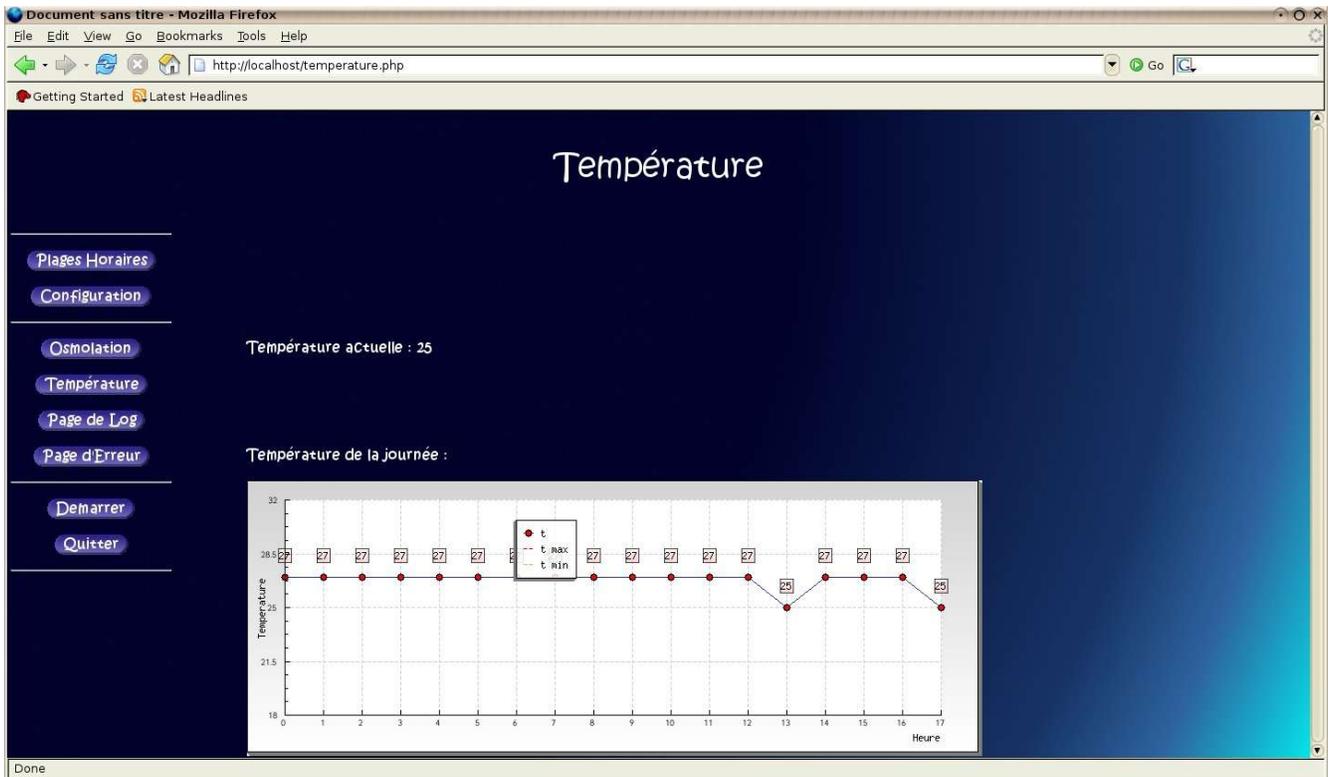
Ensuite, vous devez redémarrer l'automate en cliquant sur "redémarrer". Ce redémarrage est nécessaire

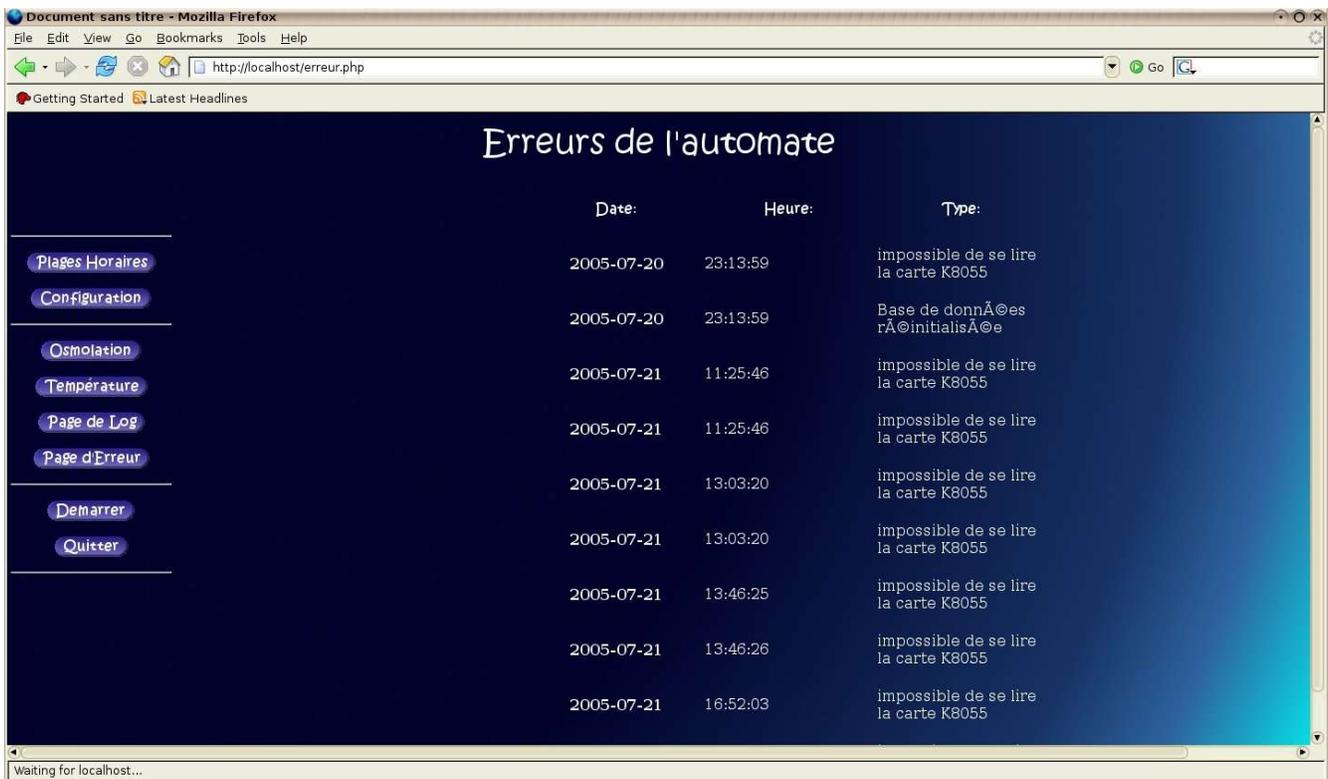
pour que l'automate prenne en compte ces paramètres.



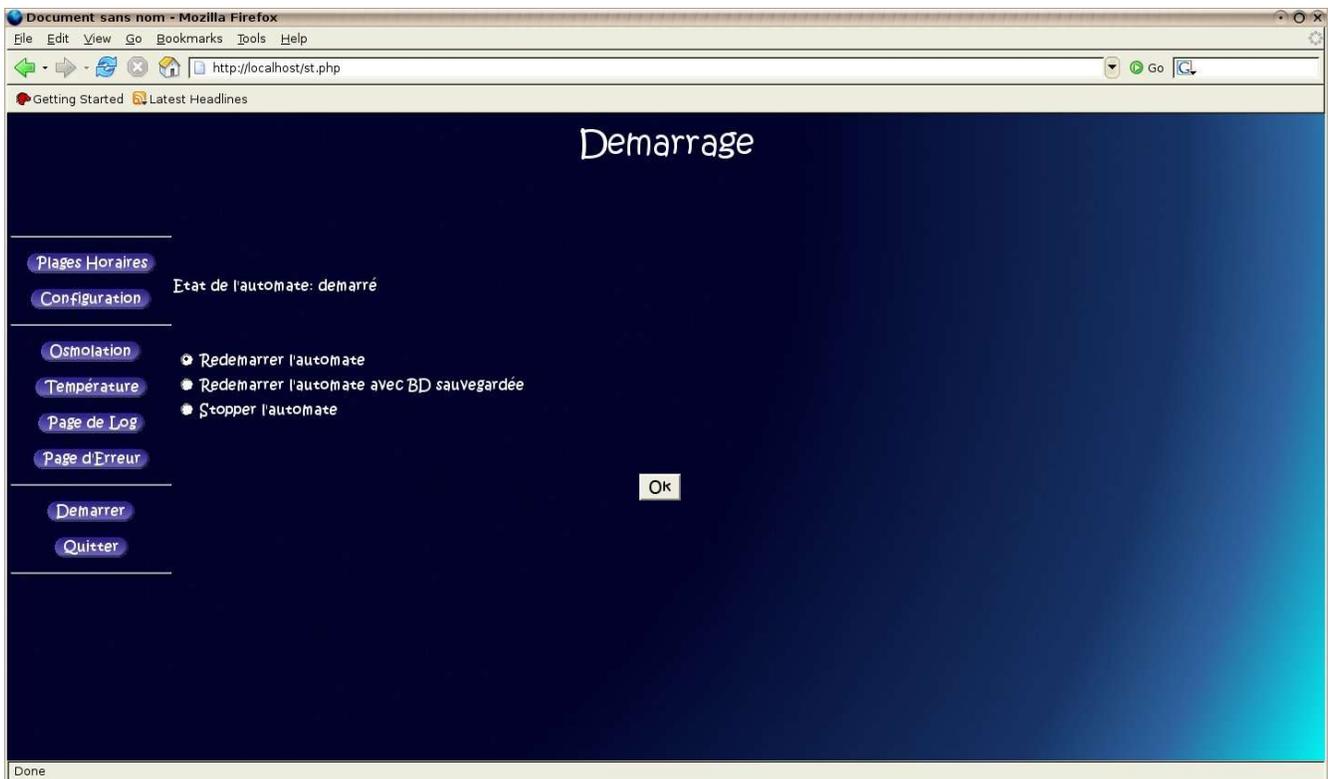
Vous avez accès aussi à différentes pages de log:

- log de température: cliquez sur température. Cette page vous donne la température actuelle et un graphique donnant la température courante de la journée pour chaque heure. Vous aurez aussi les températures min et max pour chaque heure pour le mois. (J'ai prévu aussi pour l'année mais c'est à faire).
- log d'osmolation: cliquez sur osmolation. Cette page vous donne l'eau consommée provenant d'une réserve d'eau ou d'un osmoseur, depuis le dernier "reset" (bouton du dessous).
- page de log de l'automate, page d'erreurs: les logs sont conservés sur une période d'1 mois.





Finalement, vous avez aussi accès à une page permettant de redémarrer, voire de réinitialiser la base de données avec la dernière sauvegarde (au début de l'heure courante).



5 Divers

Changer la location du site web ou du serveur mysql...:

Vous pouvez choisir de décentraliser les différents serveurs utilisés: mysql et apache.

1. Si vous placez le serveur mysql sur un serveur nommé *serveur1*: listez *main.cpp* et modifiez *#define HOST "localhost"* en remplaçant *localhost* par l'adresse ip ou le nom du serveur. Pour que le site web accède à la base, modifiez le fichier *communs/config.inc.php* de la même manière.
 2. Le site web peut être placé sur un autre serveur sans changement.
-
-

6 Reste à faire...

- l'ajout d'une carte de mesure du Ph: plusieurs schémas et cartes peuvent être trouvés sur le net. Voici quelques exemples:
 - <http://aquariocatss.free.fr/aquariophilie/bricolage/phmetre.html>
 - <http://www.lce.org/equipment/phmeter/phoper.html>
 - http://www.home.zonnet.nl/rsetteur/aquarium/karel/ph/index_ph.htm
 - <http://213.97.130.124/phm/phmeter.htm>
- l'ajout d'un écran lcd (en cours) donnant les principales indications concernant l'automate. Un écran branché sur le port série du PC peut faire parfaitement l'affaire et n'est pas complexe à programmer.
- l'envoi de messages sms (via les prestataires gratuits du net)
- l'ajout d'une webcam. Une solution simple est d'utiliser le logiciel *w3camcgi* (<http://home.pages.de/~rasca/>) qui vous donne une page avec photo en 2 clics.
- l'ajout d'un agent de contrôle de type Nagios pour sécuriser l'installation (vérifier le bon fonctionnement des serveurs apache et mysql...). Des plugging Nagios pourraient aussi être ajoutés dans le code de l'automate.
- un installeur ????

- on peut aussi prévoir d'autres graphiques de températures (mais est-ce vraiment utile ?)
- le code de l'automate n'est pas des plus académiques. (il manque quelques classes).