

Chaîne d'analyse de la pression partielle de CO₂

MN Colibri - Mars 2006

Denis Diverres
Centre IRD de Bretagne
BP 70 29280 Plouzané

Tél. (33) 02 98 22 46 55
Fax. (33) 02 98 22 45 14
Denis.Diverres@ird.fr



Sommaire

1. Principe de fonctionnement de la chaîne d'analyse	Page 3
1.1. Alimentation électrique	Page 4
1.2. Circuit d'eau de mer	Page 4
1.3. Circuits d'air	Page 6
2. Mise en service de la chaîne d'analyse	Page 8
2.1. Configuration du logiciel d'acquisition de données	Page 8
2.1.1. L'onglet « Run Setup »	Page 8
2.1.2. L'onglet « Sleep/Wake »	Page 10
2.1.3. L'onglet « Licor »	Page 10
2.1.4. L'onglet « Test Panel »	Page 11
2.1.5. L'onglet « Configuration »	Page 12
2.2. Réglage du débit des gaz standards	Page 12
2.3. Mise en marche de la chaîne d'analyse pCO₂	Page 13

1. Principe de fonctionnement de la chaîne d'analyse

La chaîne d'analyse installée sur le MN Colibri permet le calcul de la pression partielle de CO₂ (fugacité) dans l'eau de mer et dans l'air atmosphérique. La comparaison de ces deux paramètres conduit à la détermination du flux de carbone à l'interface océan / atmosphère.

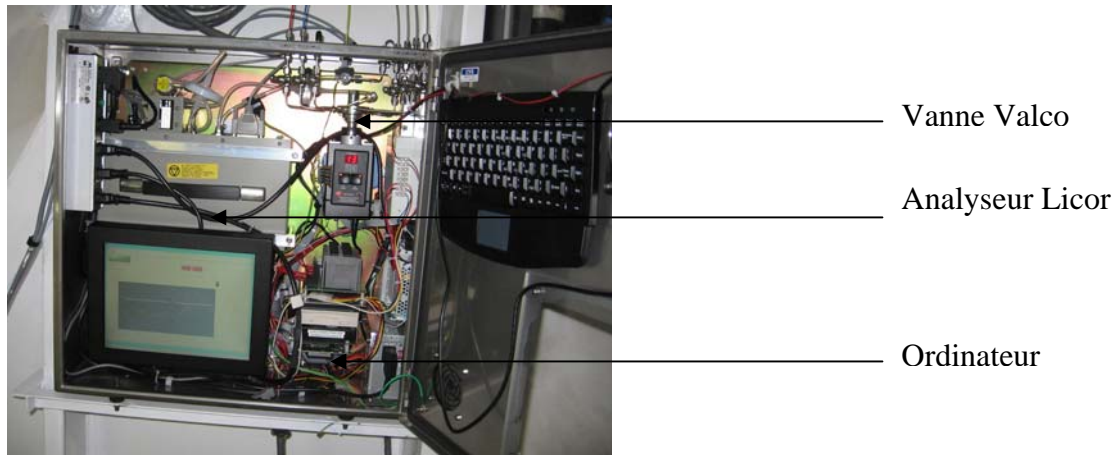
L'air atmosphérique est prélevé au-dessus de la passerelle, l'eau de mer provient d'un pickage situé en aval des pompes du groupe froid du navire.

Le principe de fonctionnement de cette installation repose sur celui de l'analyseur infra-rouge Licor : les mesures de CO₂ sont effectuées sur de l'air sec et nécessitent un étalonnage par des gaz standards.

Dans le cas d'une mesure de CO₂ dans de l'air atmosphérique, celui-ci est pompé à l'extérieur puis séché avant d'être analysé.

Dans le cas d'une mesure de CO₂ dans l'eau de mer, l'eau de mer est mélangée avec de l'air dans un équilibrateur, puis l'air équilibré est envoyé dans l'analyseur après séchage.

La chaîne d'analyse est composée notamment de deux armoires : une armoire « sèche » et une armoire « humide ».



Armoire sèche ouverte

L'armoire sèche contient l'analyseur infra-rouge Licor, un ordinateur qui gère l'ensemble des appareils et une vanne Valco à voies multiples.



Circuit de séchage

Condenseur

Equilibrateur

L'armoire humide contient l'équilibrateur eau/air, un condenseur à deux voies, deux circuits de séchage de l'air à analyser.

1.1. Alimentation électrique

Deux tableaux électriques sont en place : un tableau « général » et un tableau « pompe ».



Le tableau général (à droite) est composé d'un interrupteur différentiel 30 mA et de 4 prises 220V.

Le tableau pompe (à gauche) commande la mise en marche de la pompe de vidange du bac. Quand la pompe se met en marche, toutes les 12-13 minutes, le voyant devient vert.

1.2. Circuit d'eau de mer

Les pickages d'entrée et de sortie sont communs au thermosalinographe. Le pickage de sortie est muni d'un clapet anti-retour.



Vue des pickages d'entrée et de sortie de l'ensemble CO₂ + thermosalinographe.



Pickages d'entrée de l'analyseur CO₂ (à gauche) et du thermosalinographe (à droite).



Pickages de sortie de l'analyseur CO₂ (à gauche) et du thermosalinographe (à droite).

Pour alimenter l'installation en eau de mer, il faut ouvrir la vanne de sortie et la vanne d'entrée (les deux vannes de gauche ci-dessus).

L'eau de mer atteint l'équilibrateur via une vanne multiple, un filtre et un débitmètre. Elle est finement projetée sur les parois de l'équilibrateur pour accélérer l'échange eau/air. Un robinet permet de régler le débit entre 2,60 et 3,00 l/min.

L'eau coule ensuite par gravité dans le bac situé en dessous. Celui-ci se remplit en 10 à 15 minutes, selon le débit. Lorsque le niveau d'eau atteint le capteur "Haut", la pompe se met en marche (le voyant vert sur le tableau pompe s'allume). Elle stoppe lorsque le niveau d'eau atteint le niveau "Bas" (le voyant rouge sur le tableau pompe s'allume).



Bien vérifier que la pompe est sur "marche" (tableau pompe) avant d'ouvrir les vannes.

Une sécurité est prévue dans le cas où le niveau "Haut" ne fonctionnerait pas : il s'agit d'un niveau "très haut" placé sur le couvercle du bac. Si le niveau "très haut" se déclenche, l'électrovanne installée à l'entrée de l'armoire humide se ferme.

1.3. Circuits d'air

Les gaz standards

4 standards sont utilisés pour constituer une gamme d'étalonnage: trois bouteilles d'air comprimé dont la concentration en CO₂ varie de 250 ppm à 500 ppm (à droite en orange, ci-dessous) et une bouteille d'azote (à gauche, en bleu) dont la concentration en CO₂ est nulle (un piège CO₂ + H₂O est installé en sortie du manomètre pour obtenir le zéro).

Les gaz standards sont directement injectés dans l'analyseur, leur débit se règle grâce à des robinets à aiguille, placés à l'entrée de la vanne multiple Valco (voir photo de l'armoire sèche ouverte, les robinets se trouvent dans le coin supérieur droit).

Les bouteilles standard se situent à l'étage au-dessus de l'analyseur. Elles sont reliées à l'analyseur par des tuyaux en inox 1/8".



L'air atmosphérique

Il est aspiré au-dessus de la passerelle puis acheminé dans l'armoire humide par l'intermédiaire d'un tuyau qui suit le chemin de câbles.

L'air pénètre ensuite dans le condenseur (température maintenue entre 2 et 4 °C) et les tubes naphion pour y être séché. Il est ensuite injecté dans l'analyseur situé dans l'armoire sèche.

Une pompe péristaltique évacue l'humidité générée en bas du condenseur à une fréquence programmée par l'opérateur (30 min généralement).



Le tuyau d'air est enroulé en spirale pour limiter les remontées d'humidité.

L'air équilibré

L'air ambiant est mis en équilibre avec l'eau de mer en deux temps pour éviter une éventuelle pollution par du CO₂ ambiant. Il est tout d'abord aspiré dans un petit équilibrateur, placé derrière l'équilibrateur principal puis pompé dans celui-ci.

Après séchage dans le condenseur et les tubes naphion, il est injecté dans l'analyseur. Une pompe péristaltique évacue l'humidité générée en bas du condenseur à une fréquence programmée par l'opérateur (30 min généralement).

2. Mise en service de la chaîne d'analyse

2.1. Configuration du logiciel d'acquisition de données

L'ordinateur qui gère l'ensemble de la chaîne d'analyse se trouve dans l'armoire sèche. Le système d'exploitation est Windows NT.

Un bouton de raccourci placé dans le bureau permet d'accéder directement au programme d'acquisition de données : **UW pCO2.exe**.

Pour modifier la configuration du programme, il faut sélectionner « view setup » dans les 15 secondes qui suivent le lancement du programme.

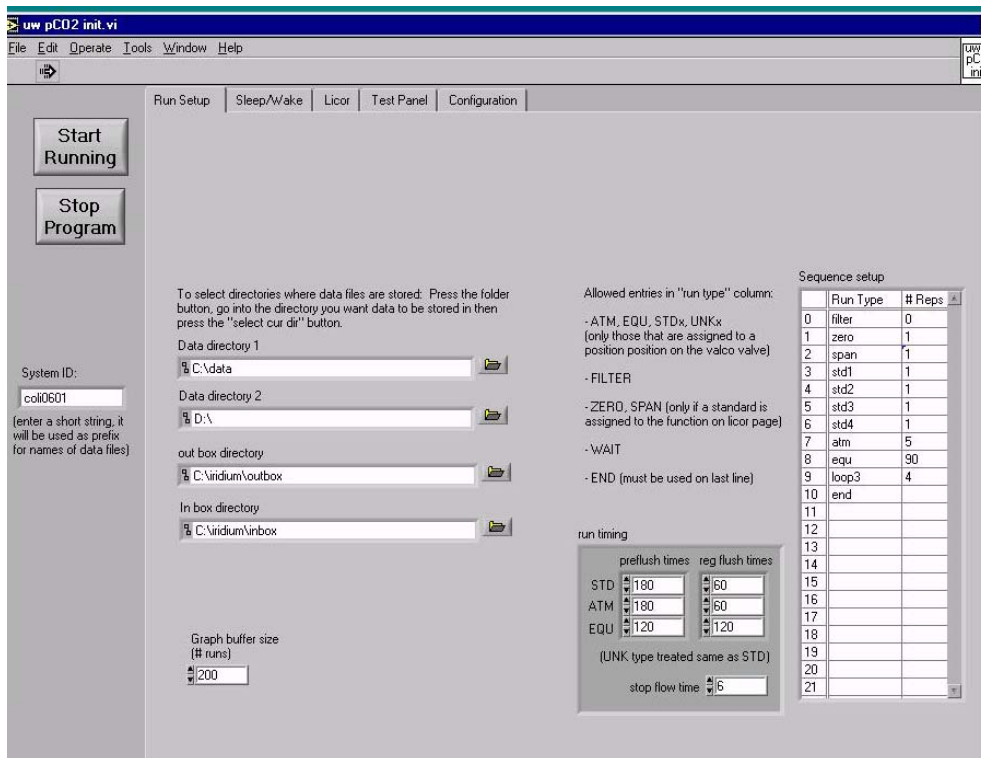
5 onglets sont accessibles :

- « Run Setup »
- « Sleep/Wake »
- « Licor »
- « Test Panel »
- « Configuration »

2.1.1. L'onglet « Run Setup »

Il contient les informations suivantes :

- Les chemins pour le stockage et l'émission des données.
- Les durées de rinçage et d'analyse de gaz standard, d'air atmosphérique ou d'air équilibré.
- La séquence d'analyse.



La séquence d'analyse définit l'ordre des différentes mesures (standard, air atmosphérique, air équilibré) et le nombre de chacune d'entre elles.

0	Filter	0
1	Zero	1
2	Span	1
3	STD 1	1
4	STD 2	1
5	STD 3	1
6	STD 4	1
7	ATM	5
8	EQU	90
9	LOOP 3	4
10	End	

Aucune arrivée d'eau douce n'est installée sur l'analyseur. De même, la sortie "Filter" n'est pas connectée. Cela explique que dans la séquence, Filter soit sur 0.

Le Zero correspond à la mise à zéro de l'analyseur infra-rouge Licor par un gaz débarrassé de CO₂ et d'eau. Ce gaz est de l'azote comprimé, un piège à CO₂ (driérite) et à humidité (perchlorate de magnésium) est placé à la sortie de la bouteille. C'est également le STD 1.

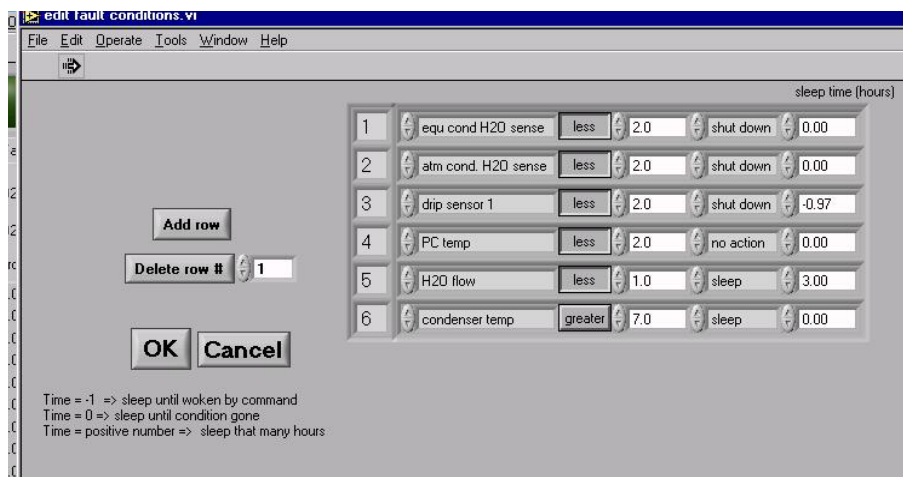
Le Span est la valeur de pleine échelle du Licor. Il est fixé par le STD 4 (505 ppm).

Dans chaque séquence, 90 mesures d'air équilibré succèdent à 5 mesures d'air atmosphérique. A l'issue de ces 90 mesures, les gaz standards sont à nouveau analysés.

Cette série est répétée 4 fois puis un zero et un span sont effectués.

Une séquence dure 20 heures environ.

2.1.2. L'onglet « Sleep/Wake »



L'acquisition des données peut être programmée pour s'arrêter (définitivement ou provisoirement) dans certaines conditions, précisées dans l'onglet ci-dessous.

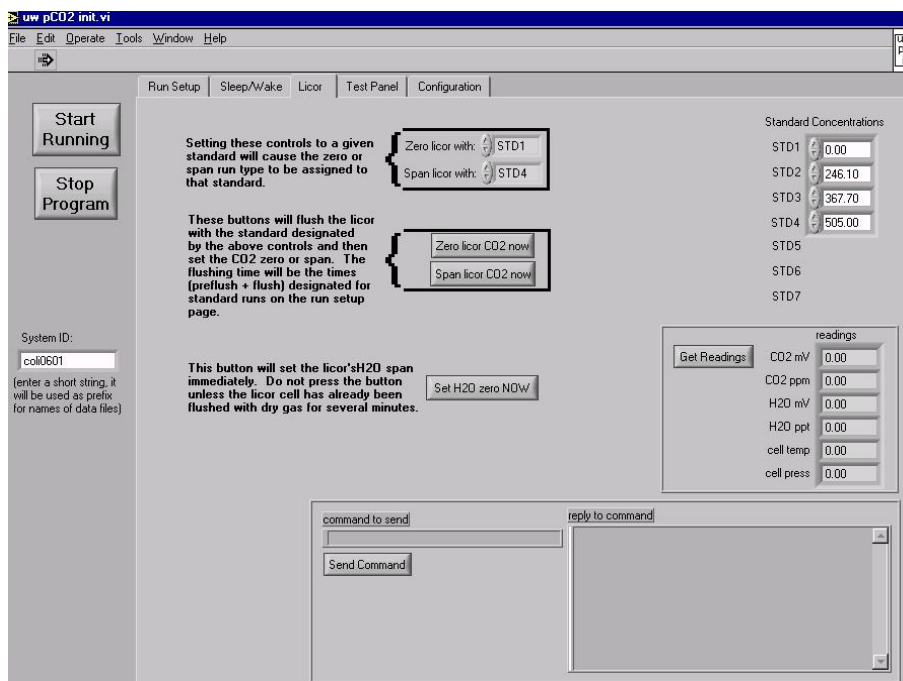
Les lignes 1 et 2 permettent de stopper l'analyseur en cas d'intrusion d'eau à la sortie du condenseur.

De même, si de l'eau coule dans l'armoire humide (fuite d'eau par exemple), le système s'arrêtera : ligne 3.

Si la température du PC dépasse une certaine valeur, on peut demander un arrêt provisoire ou définitif en ligne 4 (aucune action ici).

Des conditions peuvent également être imposées au débit d'eau de mer ou à la température du condenseur (normalement maintenue entre 2 et 4 °C, voir onglet « configuration ») : lignes 5 et 6.

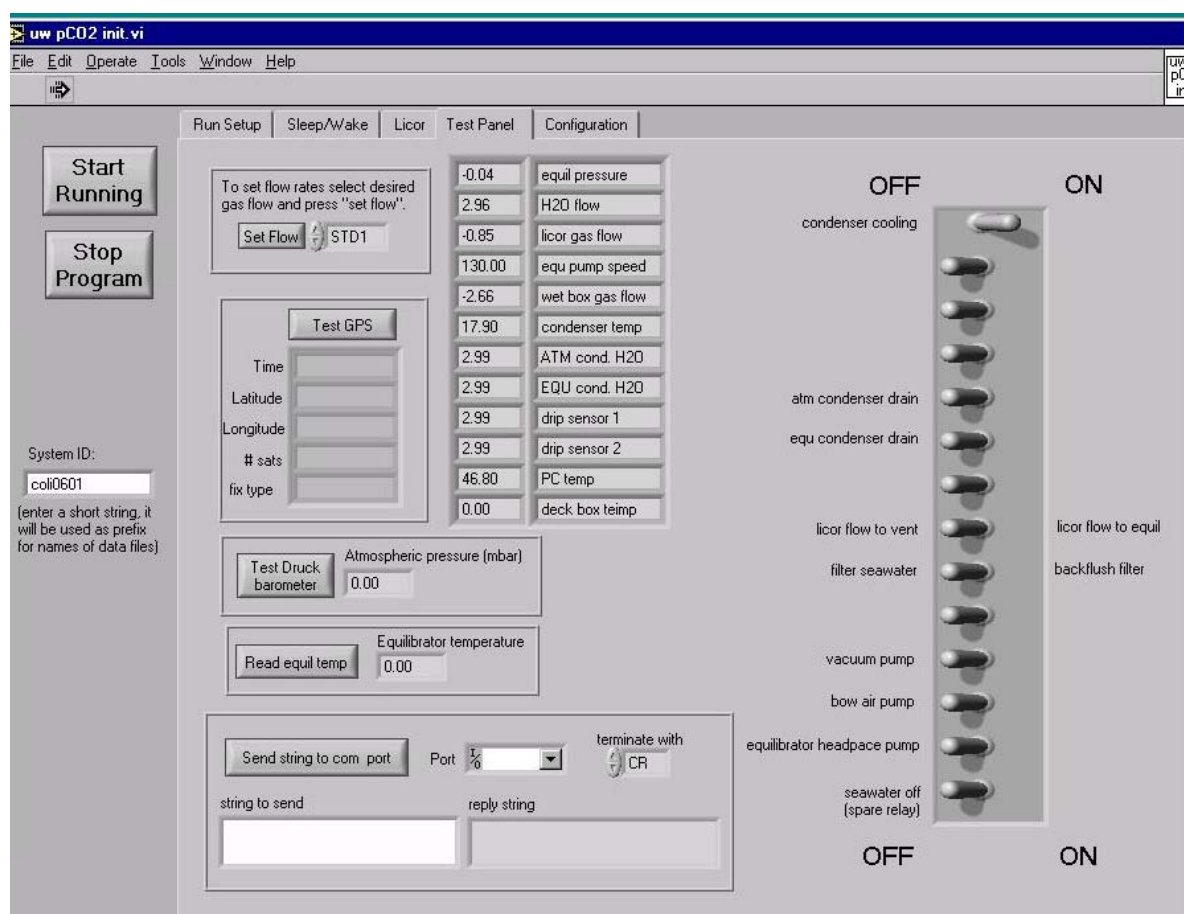
2.1.3. L'onglet « Licor »



Cet onglet concerne l'analyseur infra-rouge de marque Licor placé dans l'armoire sèche. Cet appareil fonctionnant en mode relatif (courbe d'étalonnage), il faut lui spécifier les concentrations des gaz standards utilisés.

Il faut également préciser quels standards sont utilisés comme « zéro » et comme « span ».

2.1.4. L'onglet « Test Panel »

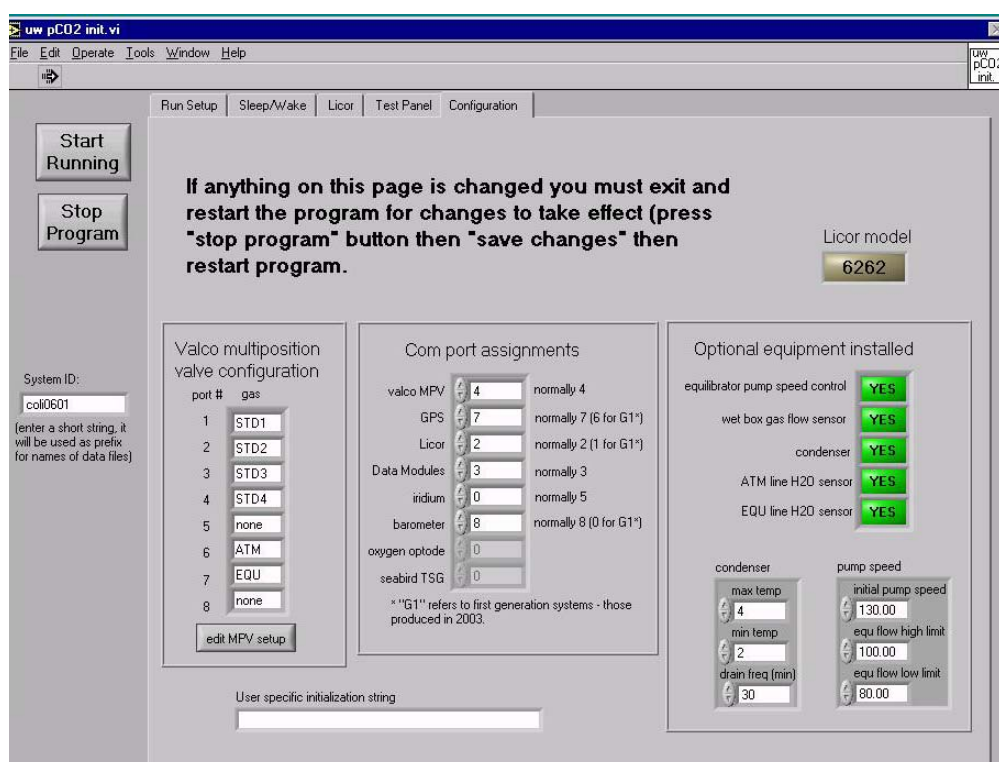


Il permet de tester individuellement les éléments de la chaîne d'analyse grâce à des interrupteurs virtuels.

Avant de démarrer l'acquisition, on peut ainsi vérifier le fonctionnement du condenseur, des pompes à air, des pompes péristaltiques, du GPS, du baromètre...

Enfin cet onglet est très utile pour régler le débit des gaz standard.

2.1.5. L'onglet « Configuration »



La partie de gauche est dédiée à la vanne multiposition Valco, la partie centrale à l'ordre de branchement des ports du PC.

Dans la partie de droite, il est possible de modifier les bornes du condenseur (ici, maintenu entre 2 et 4 °C). « Drain Freq » représente la fréquence de purge du circuit du condenseur par les pompes péristaltiques. Enfin, le tableau « pump speed » définit le débit d'air à analyser en provenance de l'équilibrateur.

2.2. Réglage du débit des gaz standards

Le débit des bouteilles de gaz doit être réglé entre 120 ml/min et 150 ml/min pour assurer un bon rinçage de la cellule de l'analyseur. Pour ce faire, on peut agir sur la pression de sortie du manomètre et/ou sur les robinets à aiguille de l'armoire sèche.

1. Régler les 4 manomètres à 0,6 bar.
2. Mettre en marche le programme CO₂ et cliquer sur « view set up » avant 15 s.
3. Sélectionner l'onglet « Test Panel ».
4. Sélectionner STD 1 par exemple, puis « set flow ». Le débit est affiché dans le tableau central dans la case « licor gas flow ».
5. Régler le débit entre 140 ml/min et 150 ml/min à l'aide de la vanne à aiguille correspondant au STD 1.

Procéder ainsi pour les 4 standards.

2.3. Mise en marche de la chaîne d'analyse pCO₂

- Ouvrir les vannes d'entrée et de sortie.

Vérifier le débit d'eau de mer. Il doit se situer entre 2,60 et 3,00 l/min.

Il peut être modifié grâce au robinet situé près du manomètre d'arrivée d'eau. Celui-ci indique 0,2 bar environ.

Avec un tel débit, l'eau de mer est finement pulvérisée sur les parois de l'équilibrateur. L'échange eau/air est optimal.

- Mettre en marche la pompe de vidange du bac.

Tourner le bouton "marche pompe" sur le tableau de la pompe.

Selon le débit, il faut 10 à 15 min pour remplir le bac. Le voyant de la pompe passe alors du rouge au vert. Le bac est vidé en 25 s environ.

- Vérifier la date et l'heure du PC (heure GMT).

- Lancer le programme UW pCO₂.exe et Cliquer sur "View Setup" dans les 15 secondes qui suivent.

La configuration s'affiche. Se placer dans l'onglet « Test Panel »

A l'aide des boutons virtuels, mettre en marche successivement :

- Les pompes péristaltiques pendant 3 min environ,
- La pompe d'air extérieur pendant 3 min environ,
- La pompe d'air équilibré pendant 3 min environ,
- Le condenseur.

Quand la température du condenseur avoisine 4 °C, basculer l'interrupteur sur "Off" et lancer le programme en cliquant sur START RUNNING.

Il est possible que de l'eau reste prisonnière au-dessus des condenseurs et stoppe immédiatement le programme. Si tel est le cas, démonter les tés où se trouvent les capteurs d'humidité (coude en inox) et bien sécher l'intérieur avec un tortillon de papier.

La séquence d'analyse comme alors.

Si tout fonctionne normalement, la vanne Valco se positionne sur le gaz standard désigné comme « zero » : STDz.

Attendre que le bac soit plein pour vérifier le bon fonctionnement de la pompe de vidange.