

Tuteurs

Philippe DORVAL
Michel HAMON
IFREMER
Centre de Brest
BP 70
29280 PLOUZANE
02 98 22 44 60
02 98 22 48 18
philippe.dorval@IFREMER.fr
michel.hamon@IFREMER.fr

Correspondant

Michel GUITTON
ENSSAT
6, rue de Kérampont
22300 LANNION
michel.guitton@enssat.fr

Tutorat de l'innovation

Développement d'analyseurs chimiques et préleveurs d'échantillons de grande profondeur

Development of chemical analyzers and water samplers of high depth

Ludovic DEVAUX

Filière EII

1^{er} septembre 2005 – 31 juillet 2006



Ifremer

Institut Français de Recherche pour
l'Exploitation durable de la MER



Ecole Nationale Supérieure des Sciences
Appliquées et de Technologie

Abstract

I carried out my training period within IFREMER in Brest, the biggest center of IFREMER which employs 1000 people. I worked on the electronic design and software development of a new generation of chemical analyzer and water samplers for high depth applications. The goal of those devices is to best understand the abyssal ecosystems through physico-chemical parameters of the seawater. The project was led by the tutors of my work placement Philippe Dorval and Michel Hamon. This project started two years ago, and consisted in developing devices for high depth applications, highly integrated and of very low electric consumption.

Concerning my internship, I had to develop the software of three devices of high depth. The first one is a chemical analyzer which can be established on a ROV, on a submarine in order to *in situ* analyze some revealing chemical parameters. The second one is a seawater sampler. Established too on a submarine, it offers the possibility to realize twenty five seawater samples with the capacity to incorporate directly some chemical reactive. The last one is an autonomous seawater sampler. It permits to follow the evolution of bacterial colonies in their environment. Totally automatic, it carries out its missions in complete autarky.

My work took place during the whole year. Concrete solutions had been found to different problems as piloting an engine or the extreme minimization of electric consumption. The general functioning of those three devices had been tested and granted.

Résumé

J'ai réalisé mon stage de fin d'études au sein du plus important centre IFREMER, à Brest, qui emploie 1000 personnes. J'ai travaillé sur l'électronique d'une nouvelle génération d'analyseur chimique et de préleveurs d'échantillons d'eau de grande profondeur. Le but de ces appareils est de mieux comprendre les écosystèmes abyssaux au travers de paramètres physico-chimiques. Le projet était supervisé par mes tuteurs de stage Philippe DORVAL et Michel HAMON. Commencé depuis deux ans, il consistait à réaliser des appareils de grande profondeur, fortement intégrés et de faible consommation électrique.

Mon sujet de stage concernait le développement logiciel de trois appareils de grande profondeur. Le premier est un analyseur chimique qui doit être implanté sur un ROV, sur un sous marin ou une station de fond autonome afin d'analyser *in situ* certains paramètres chimiques révélateurs. Le deuxième est un préleveur d'échantillons d'eau de mer. Lui aussi doit être implanté sur un sous marin, il permet de réaliser 25 prélèvements avec la possibilité d'y incorporer directement des réactifs chimiques. Le dernier est un préleveur d'échantillon autonome, il permet de suivre l'évolution de colonies microbiennes dans leur environnement. Entièrement automatisé, il effectue ses missions en totale autarcie.

Mon travail s'est déroulé sur toute l'année. Des solutions concrètes ont été trouvées aux différents problèmes tels que le pilotage d'un moteur ou encore l'extrême minimisation des consommations électriques. Le fonctionnement des trois appareils a été testé et validé.

Remerciements

Avant tout, je tiens à remercier Mr Gérard LOAEC et Mr Jean François ROLIN, respectivement responsable du service Mesures *in situ* et Electronique et responsable du département Technologie des Systèmes Instrumentaux, pour m'avoir accueilli en tutorat à l'IFREMER. Je remercie tout particulièrement Mr Philippe DORVAL qui m'a encadré tout au long de mon tutorat. Sa bonne humeur quotidienne, sa disponibilité ainsi que l'autonomie qu'il a su me laisser, font que cela a été un réel plaisir de travailler avec lui. Je souhaite également remercier toutes les personnes d'IFREMER qui se sont impliquées dans le projet EXOCET/D, qu'ils soient chimistes, mécaniciens, ou électroniciens pour le bon travail qu'ils ont réalisé ainsi que leur cordialité. Enfin je souhaite adresser un profond remerciement à l'ensemble du personnel du service TSI/ME pour leur accueil et pour leurs conseils qui m'aideront à avancer dans mon futur parcours professionnel.

Sommaire

Glossaire des mots clés.....	1
Introduction.....	2
1 Contexte du stage.....	3
1.1 Présentation de l'entreprise : l'IFREMER.....	3
1.1.1 Statut et missions principales de l'Institut.....	3
1.1.2 Le centre de Brest.....	3
1.1.3 Le service DOP / C.Brest / TSI / ME.....	3
1.2 Le projet EXOCET/D.....	4
1.2.1 Objectif du projet	4
1.2.2 Contribution d'IFREMER au projet.....	5
2 Sujet de mon tutorat.....	7
2.1 Méthodologie de travail.....	7
2.2 Références existantes et état initial du projet	8
2.2.1 Matériel existant : l'analyseur nouvelle génération	8
2.2.2 Etat initial du projet.....	8
3 Présentation matérielle	9
3.1 Description des CHEMINIS Grands Fonds.....	9
3.2 Description de PEPITO	11
3.3 Description d' AISICS.....	14
4 Présentation des logiciels embarqués	16
4.1 Base commune aux logiciels embarqués	16
4.1.1 Présentation des logiciels	16
4.1.2 Architecture globale d'un logiciel embarqué	17
4.1.3 L'automate	17
4.1.4 Réception d'une commande	18
4.1.5 L'interprétation des cycles	18
4.1.6 Système de sauvegarde des données	18
4.2 Fonctions spécifiques développées pour CHEMINI	19
4.2.1 Le mode Endurance.....	19
4.2.2 L'acquittement des trames	20
4.3 Fonctions spécifiques développées pour PEPITO.....	21
4.3.1 Les actions haut niveau	21
4.3.2 Les temporisations non bloquantes	22
4.4 Fonctions spécifiques développées pour AISICS.....	23
4.4.1 La veille profonde	23
4.4.2 Le démarrage retardé.....	23
5 Présentation des Interfaces Homme – Machine	24
5.1 CHEMINI Grands Fonds.....	25
5.1.1 Lancement de l'IHM et connexion.....	25
5.1.2 Pilotage bas niveau.....	28
5.1.3 Création d'un cycle de fonctionnement	29
5.1.4 Flashage et exécution d'un cycle	30
5.1.5 Le mode endurance	32
5.1.6 Réalisation d'une mesure (module LED).....	33
5.1.7 Sauvegarde et récupération des données.....	34
5.2 PEPITO.....	36
5.2.1 Lancement de l'IHM et connexion.....	36
5.2.2 Pilotage bas niveau.....	38

5.2.3	Pilotage haut niveau	38
5.2.4	Création d'un cycle de fonctionnement	39
5.2.5	Sauvegarde et récupération des données	39
5.3	AISICS.....	41
5.3.1	Lancement de l'IHM et connexion.....	41
5.3.2	Pilotage bas niveau.....	43
5.3.3	Création d'un cycle de fonctionnement	44
5.3.4	Flashage et exécution d'un cycle	45
5.3.5	Le mode veille profonde	45
5.3.6	Sauvegarde et récupération des données.....	45
	Conclusion.....	47

Table des figures

Figure 1	Recherche, expertise, moyens et transfert d'activités.	3
Figure 2	IFREMER Brest	3
Figure 3	Départements et services du centre de Brest.	4
Figure 4	flancs d'un diffuseur de fluide hydrothermal	5
Figure 5	Le ROV Victor de l'IFREMER	5
Figure 6	Prélèvement de tapis bactérien par le ROV	6
Figure 7	Composition de l'équipe	7
Figure 8	ATMEGA 128	8
Figure 9	CHEMINI Grands Fonds	10
Figure 10	Connexion des échantillons et des réactifs	10
Figure 11	CHEMINIS FER et SULFURE assemblés	11
Figure 12	PEPITO assemblé	12
Figure 13	Assemblage hydraulique PEPITO (recto)	13
Figure 14	Assemblage hydraulique PEPITO (verso)	13
Figure 15	Vue assistée par ordinateur d' AISICS	14
Figure 16	Connexion des échantillons et de l'entrée	15
Figure 17	AISICS assemblé	15
Figure 18	Logiciel IAR	16
Figure 19	Architecture du logiciel embarqué	17
Figure 20	Agencement du buffer circulaire de l'automate	17
Figure 21	Schéma d'un cycle d'endurance	20
Figure 22	Acquittement des trames	21
Figure 23	Présentation de Visual Basic	24
Figure 24	Connexion avec CHEMINI	25
Figure 25	Fenêtre principale	26
Figure 26	Fenêtre de bienvenue	26
Figure 27	Barre d'outils de la fenêtre principale	27
Figure 28	Fenêtre de pilotage bas niveau	28
Figure 29	Fenêtre de création de cycle et fenêtre de code cycle	29
Figure 30	Fenêtre de code cycle	30
Figure 31	Fenêtre d'initialisation du mode endurance	32
Figure 32	Fenêtre de construction du mode endurance	32
Figure 33	Présentation des deux accès au module LED	33
Figure 34	Fenêtre de gestion des données Fenêtre principale	34
Figure 35	Page Excel de données d'un cycle	35
Figure 36	Connexion avec PEPITO	36
Figure 37	Fenêtre principale	37
Figure 38	Barre d'outils de la fenêtre principale	37
Figure 39	Fenêtre de pilotage bas niveau	38
Figure 40	Fenêtre de prélèvement sans et avec injection de réactif	39
Figure 41	Fenêtre de gestion des données	40
Figure 42	Page Excel de données d'un cycle	41
Figure 43	Connexion avec AISICS	42
Figure 44	Fenêtre principale	43
Figure 45	Barre d'outils de la fenêtre principale	43
Figure 46	Fenêtre de pilotage bas niveau	43
Figure 47	Fenêtre de création de cycle et fenêtre de code cycle	44
Figure 48	Page Excel de données d'un cycle	46

Glossaire et mots-clefs

IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation durable de la Mer

EXOCET/D : projet européen d'étude des écosystèmes de grande profondeur (EXtreme ecosystem studies in the deep OCEan: Technological Developments)

WP : sous partie du projet (WorkPackage)

CHEMINI : analyseur chimique (CHEmical MINIaturised analyser)

PEPITO : préleveur d'échantillons d'eau de mer

AISICS : module autonome de prélèvement microbien (Autonomous *In Situ* Instrumented Colonisation System)

ActiveX : Objet externe à une application

ATMEGA : Série de microcontrôleurs du fabricant Atmel.

Caisson Hyperbare : Moyen d'essai permettant de simuler la pression exercée par le poids de l'eau à différentes profondeurs.

IHM : Interface Homme Machine.

Manifold : Circuit hydraulique où a lieu la réaction chimique

Marel : Station autonome de surveillance côtière développée par l'IFREMER (Mesures Automatisées en Réseau pour l'Environnement et le Littoral)

Module Led : Système de mesure optique développé par la société Micro-Module en partenariat avec l'IFREMER.

R.O.V : Remote Operated Vehicle : sous marin télé opéré (généralement depuis le pont d'un bateau)

Introduction

Aujourd'hui, nous comprenons facilement les enjeux économiques et écologiques à suivre l'évolution d'une pollution côtière, ou à comprendre les principes régissant le fond des océans. Ces différentes démarches scientifiques passent toutes par la caractérisation des paramètres physico-chimiques contenus dans l'eau de mer. C'est dans ce cadre que s'est déroulé mon tutorat de l'innovation au centre IFREMER de Brest, au sein du service mesure *in situ* et électronique, qui développe notamment des analyseurs chimiques.

Dans le cadre du projet européen « EXOCET/D », une nouvelle électronique a été développée pour les futurs appareils. En effet, ce projet destiné à une meilleure compréhension des phénomènes naturels régissant le fond des océans nécessitait entre autre la conception d'outils performants et facilement utilisables résistant aux profondeurs abyssales. Il a donc été décidé de développer une nouvelle génération d'analyseur chimique et de préleveurs d'échantillons pour bénéficier des dernières avancées technologiques. L'électronique a bénéficié par la même occasion des innovations en matière de miniaturisation. Le logiciel embarqué ainsi que l'interface homme machine ont également été étudiés, afin de permettre une prise en main aisée par les futurs utilisateurs.

Différentes solutions ont donc été imaginées, étudiées et validées aussi bien pour la partie électronique que logicielle.

Dans ce document, une présentation du sujet de tutorat sera réalisée, en commençant par une présentation de l'IFREMER et du projet « EXOCET/D ». Une présentation approfondie des appareils sera réalisée ensuite. Enfin, les logiciels embarqués ainsi que les IHM seront détaillés.

1 Contexte du stage

1.1 Présentation de l'entreprise : l'IFREMER

1.1.1 Statut et missions principales de l'Institut

Établissement public à caractère industriel et commercial, l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) est le seul organisme français à vocation entièrement maritime. Sous la tutelle conjointe des ministères de la Recherche, de l'Agriculture et de la Pêche, de l'Équipement et des Transports, il existe depuis juin 1984.

Depuis sa création, l'IFREMER possède quatre missions principales : la recherche, l'expertise d'intérêt public, la mise à disposition de moyens océanographiques et technologiques, le transfert vers les entreprises et la valorisation de ses activités.



Figure 1 : Recherche, expertise, moyens et transfert d'activités.

Il dispose pour cela de moyens importants :

- Un budget annuel de près de 150 millions d'euros
- 1700 salariés (cadres, chercheurs, ingénieurs, marins, techniciens et administratifs)
- 7 navires, 2 submersibles habités, un engin télé opéré pour grande profondeur
- 24 sites dont 5 centres principaux, 72 laboratoires ou services de recherche

1.1.2 Le centre de Brest

Le **Centre de Brest** est le plus important des sites IFREMER. Il regroupe environ 1000 personnes dans différents thèmes de l'océanologie.

Le centre accueille aussi les laboratoires d'autres centres de recherche comme le BRGM et l'IFRTP. Ils mènent des programmes de recherche en océanologie avec l'IFREMER. La surface des installations est de 45.000 m².



Figure 2 : IFREMER Brest

1.1.3 Le service DOP / C.Brest / TSI / ME

Sous la responsabilité de M.RIOU, la Direction des Opérations du Centre de Brest (DOP/C.Brest) coordonne des ingénieurs, chercheurs et techniciens afin de conduire des programmes à caractère technologique ou industriel et de mener des recherches sur les technologies de base.

Les domaines de compétence du site sont très variés : technologie des pêches, hydrodynamique pour les ouvrages offshore, développement d'instrumentations océanographiques, systèmes d'information pour l'océanographie, acoustique sous-marine, géotechnique marine, structures et ouvrages en mer, comportement des matériaux en milieu marin, métrologie et moyens d'essai.

La direction DOP/C.Brest est composée de 4 départements dont le département TSI (Technologie des Systèmes Instrumentaux). Ce département fédère lui-même 4 services.

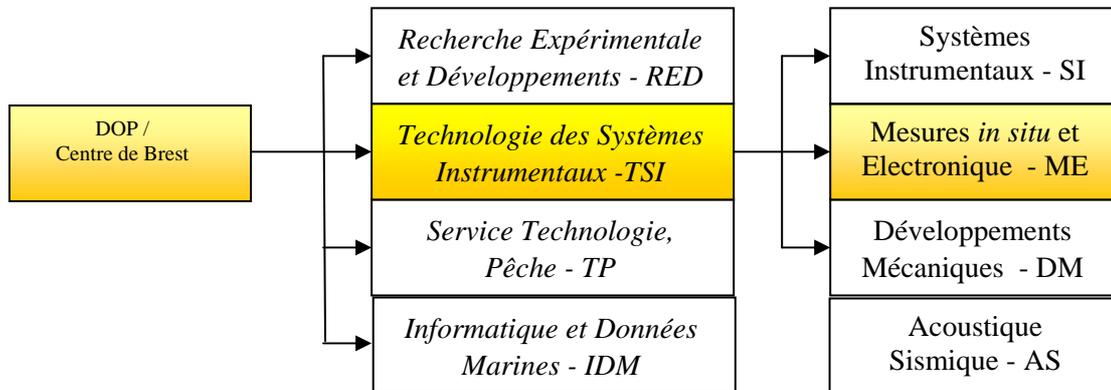


Figure 3 : Départements et services du centre de Brest.

Le Service **Mesure in situ et Electronique (ME)**, dirigé par M. LOAEC, assure les études et développements des systèmes de mesure et des équipements électroniques embarqués destinés aux systèmes instrumentaux marins et sous-marins.

1.2 Le projet EXOCET/D

1.2.1 Objectif du projet

L'objectif du projet EXOCET/D (**EX**treme ecosystem studies in the deep **OCE**an: **T**echnological **D**evelopments) est le développement, la validation et la mise en oeuvre d'une instrumentation spécifique qui permettra d'explorer, de décrire, de quantifier et d'observer la biodiversité dans les écosystèmes fragmentés profonds. Le but est aussi d'identifier les liens existant entre les communautés d'organismes et leur environnement. Le développement de dispositifs d'expérimentation in vivo, en complément de cette approche *in situ*, permettra de comprendre la physiologie de ces organismes particuliers.

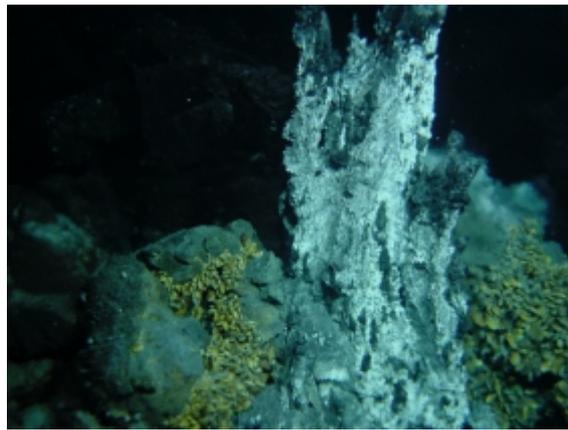


Figure 4 : flancs d'un diffuseur de fluide hydrothermal

EXOCET/D est un projet financé par la commission européenne pour 3 ans. Il a débuté en janvier 2004. Le projet est organisé en 7 tâches (ou "workpackages", WP) thématiques. 3 WP sont consacrés au développement instrumental, deux à l'intégration des outils ou des données, le dernier est une action de démonstration.

1.2.2 Contribution d'IFREMER au projet

1.2.2.1 Phase WP3

Les écosystèmes océaniques profonds sont caractérisés par une pression énorme et une faible température (2 à 4°C). Ils peuvent permettre la coexistence de composés chimiques très réactifs dans certains habitats extrêmes comme les sources hydrothermales. Une faune très riche colonise ces milieux particuliers. Afin de comprendre ces habitats qualifiés d'extrêmes, il est indispensable de disposer d'une instrumentation adaptée et sophistiquée. Il est par exemple nécessaire de limiter les altérations des échantillons provoquées par la dépressurisation et les modifications de température lors de la remontée vers la surface. L'objectif de ce WP est d'adapter et d'optimiser des capteurs, préleveurs et analyseurs existant pour pouvoir les utiliser pour l'étude de ces écosystèmes particuliers.



Figure 5 : Le ROV Victor de l'IFREMER

Dans cette phase l'IFREMER intervient dans la conception de deux appareils : l'analyseur chimique et le préleveur d'eau. L'analyseur CHEMINI (CHEMical MINIaturised analyser) sera une adaptation aux grandes profondeurs de l'analyseur chimique nouvelle génération développé pour une utilisation côtière en 2004. Le préleveur d'eau PEPITO sera d'une nouvelle génération par rapport à celui existant. En effet, il succédera au « PEP » développé en 1998. Il se distinguera notamment en matière de miniaturisation, de pilotage électronique et de possibilités d'injection de réactifs comparé au PEP qui est commandé hydrauliquement.

1.2.2.2 Phase WP4

L'objectif de ce WP est le développement d'instrumentation pour l'étude des organismes colonisant les écosystèmes extrêmes. Ces outils permettront de mieux comprendre les relations entre les organismes et leur environnement, et en particulier de préciser les conditions environnementales limites et la tolérance des organismes (température, conditions anoxiques, ...)

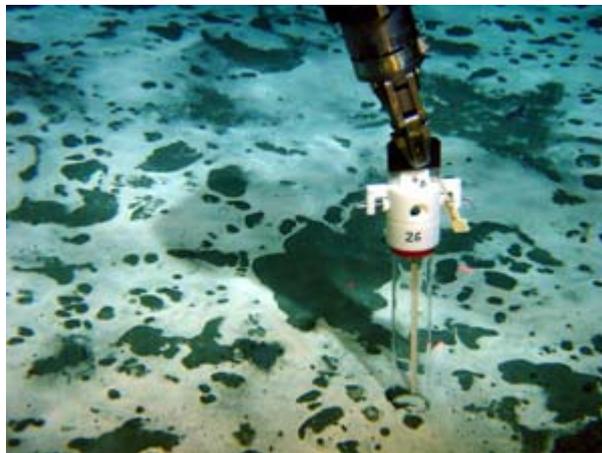


Figure 6 : Prélèvement de tapis bactérien par le ROV

Dans cette optique, l'IFREMER est chargée du développement d' AISICS (Autonomous *In Situ* Instrumented Colonisation System). Cet appareil est un système de colonisation microbien instrumenté. Déployé sur des sites avec des substrats particuliers, il permettra de suivre la colonisation par les micro-organismes présents et les conditions environnementales associées.

1.2.2.3 Phases WP5 et WP7

IFREMER intervient dans ces phases en organisant l'intégration des différents éléments du projet et l'expérimentation en mer grâce à son navire hauturier « Pourquoi Pas ? » ainsi que le sous marin « ROV 6000 ». Cette expérimentation aura lieu dès août 2006.

2 Sujet de mon tutorat

L'objectif de mon tutorat à IFREMER est de concevoir en équipe trois des types d'appareils du projet : CHEMINI, PEPITO et AISICS. Dans ce cadre je suis chargé du développement des logiciels embarqués et des IHM.

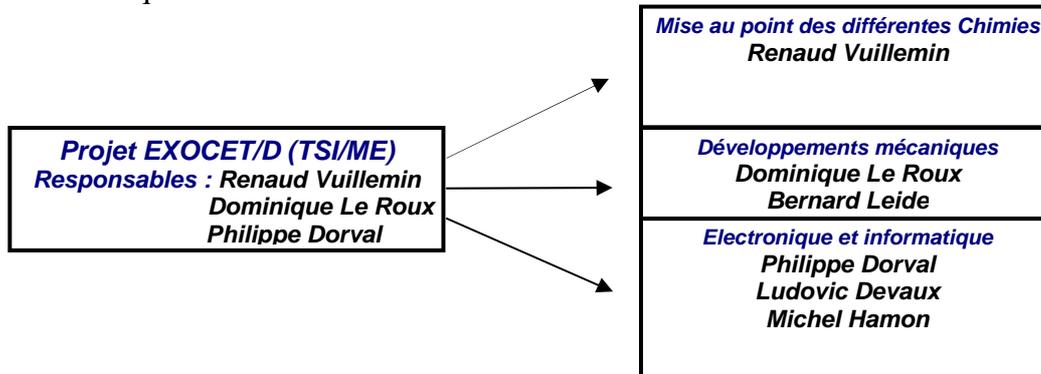


Figure 7 : Composition de l'équipe

2.1 Méthodologie de travail

Ma première activité en arrivant à l'IFREMER fut de définir et de cibler les différents besoins des utilisateurs. Cette phase est très importante puisqu'elle détermine en partie les choix techniques effectués par la suite. Parallèlement à cette activité, j'ai repris les parties logicielles de l'analyseur chimique de surface afin de l'adapter aux nouvelles exigences des utilisateurs. Cette action m'a également permis de comprendre les outils matériels et logiciels utilisés dans l'analyseur afin de pouvoir les réinvestir dans le projet EXOCET/D.

Le travail a été découpé en trois phases qui s'alignent sur les particularités de la formule du tutorat de l'innovation.

Le premier mois étant à temps plein, il a été destiné à la programmation des logiciels nécessaires au fonctionnement d'AISICS et de CHEMINI. Cela comprend non seulement les routines bas niveau mais aussi les interfaces Hommes Machines.

La phase suivante de 6 mois à mi-temps (allant d'octobre à fin mars) a permis le développement du logiciel et de l'interface de PEPITO. Durant cette phase j'avais également à adapter et fiabiliser les logiciels d'AISICS et de CHEMINI.

Enfin, la dernière phase a consisté à achever la conception des logiciels de PEPITO, ainsi qu'à valider et fiabiliser le fonctionnement des trois appareils. Les CHEMINIS Grands Fonds ont été assemblés, testés en vibrations, en enceinte climatique ainsi qu'en pression hyperbare. PEPITO a également été testé en vibration et en pression hyperbare. AISICS n'a pu être testé qu'en fonctionnement à pression atmosphérique. Cette phase de test a été la plus conséquente du tutorat puisqu'elle a demandé de très nombreux tests logiciels, électroniques mais aussi mécaniques.

2.2 Références existantes et état initial du projet

2.2.1 Matériel existant : l'analyseur nouvelle génération

En 2004, IFREMER a développé un premier prototype de l'analyseur chimique CHEMINI en version Surface. Son taux d'intégration ainsi que la qualité de ses performances et résultats en fait une excellente base pour le développement des appareils CHEMINI Grands Fonds, PEPITO et AISICS.

La carte processeur utilisée pour ces trois appareils est la carte ATMEGA 128. C'est celle qui a servi à la conception du CHEMINI Surface. Elle comprend :

- Atmega 128 (8Mhz @ 3.3v)
- Faible consommation (5 à 15mA actif / <10µA en veille)
- 32 ou 64 ko de RAM
- 512 ko de Flash de données
- 128 ko de Flash de code
- Horloge temps réel
- Bus SPI et I2C
- 3 Timers
- 8 canaux ADC
- 2 uarts
- 15 ports I/O



Figure 8 : ATMEGA 128 .

2.2.2 Etat initial du projet

A mon arrivée à IFREMER, L'architecture des cartes applications des CHEMINIS Grands Fonds, de PEPITO et d'AISICS avaient déjà été déduites directement de celle du CHEMINI version Surface. En effet, les modifications matérielles ne portaient que sur le nombre de pompes et de vannes. Ainsi seuls les points de branchement et le nombre de modules dédiés au pilotage de ces composants ont évolué. Notons également que l'encombrement maximal de la carte AISICS avait été défini auparavant pour répondre aux contraintes mécaniques du caisson étanche.

CHEMINI version Surface était pourvu dès mon arrivée d'une IHM efficace permettant d'assurer son fonctionnement. Cette IHM a servi de base à celles des CHEMINIS Grands Fonds, de PEPITO et d'AISICS.

3 Présentation matérielle

3.1 Description des CHEMINIS Grands Fonds

L'analyse chimique en milieu marin concerne les paramètres suivants :

- Sels nutritifs (Nitrates, Phosphates, Silicates, Ammonium, ...)
- Métaux (Fe, Cd, Hg, Pb, Cu, Zn,...)
- Polluants organiques (HAP, Pesticides, ...)
- Paramètres physico-chimiques (pH, salinité, O₂ dissous, pCO₂,...)

Les analyseurs permettent à ce jour de détecter *in situ* les sels nutritifs, le fer, les sulfures et le pH. D'autres chimies sont à l'étude pour être adaptées à la mesure sur le terrain pour accroître le nombre de paramètres accessibles.

L'analyseur chimique est basée sur une analyse en flux : l'échantillon à analyser est injecté dans un fluide porteur à l'intérieur d'un manifold (circuit hydraulique) avant d'être mis en contact avec un ou plusieurs réactifs. Dans le cas du CHEMINI Fer, par exemple, le réactif est de la ferrozine. La ferrozine a la particularité de former un complexe magenta avec le fer. Enfin le mélange est analysé dans un détecteur optique par colorimétrie. L'absorption d'une longueur d'onde (choisie spécifiquement pour un complexe particulier) dépend de la quantité précise de l'élément à analyser. La particularité de l'analyse en flux est que l'échantillon à analyser est poussé par un fluide porteur qui l'oblige donc à passer en continu devant le capteur qui réalise la mesure d'absorption à intervalle régulier. Deux types de CHEMINI Grands Fonds ont été développés dans le cadre de mon tutorat, un CHEMINI dédié à l'analyse du fer et un CHEMINI spécialisé pour les sulfures.

Un CHEMINI GRANDS-FONDS est donc constitué de :

- 1 Manifold : Circuit gravé en PMMA (plexiglas spécifique) où circulent les différents fluides (remplace les tuyaux de la génération précédente d'analyseurs)
- 2 Pompes péristaltiques : Entraînent les différents fluides (utilisées dans le domaine médical)
- 8 Vannes : Aiguillent les fluides dans les différents circuits du manifold.
- 1 Cuve de mesure : Détection par colorimétrie
- 1 Carte application : Carte électronique principale de l'analyseur, elle contient le cœur numérique (carte fille ATMEGA). Ensemble elles assurent la gestion des pompes, des vannes, des différents capteurs d'environnement, et l'interfaçage du module led.
- 1 Carte Module led : Electronique du système de détection optique

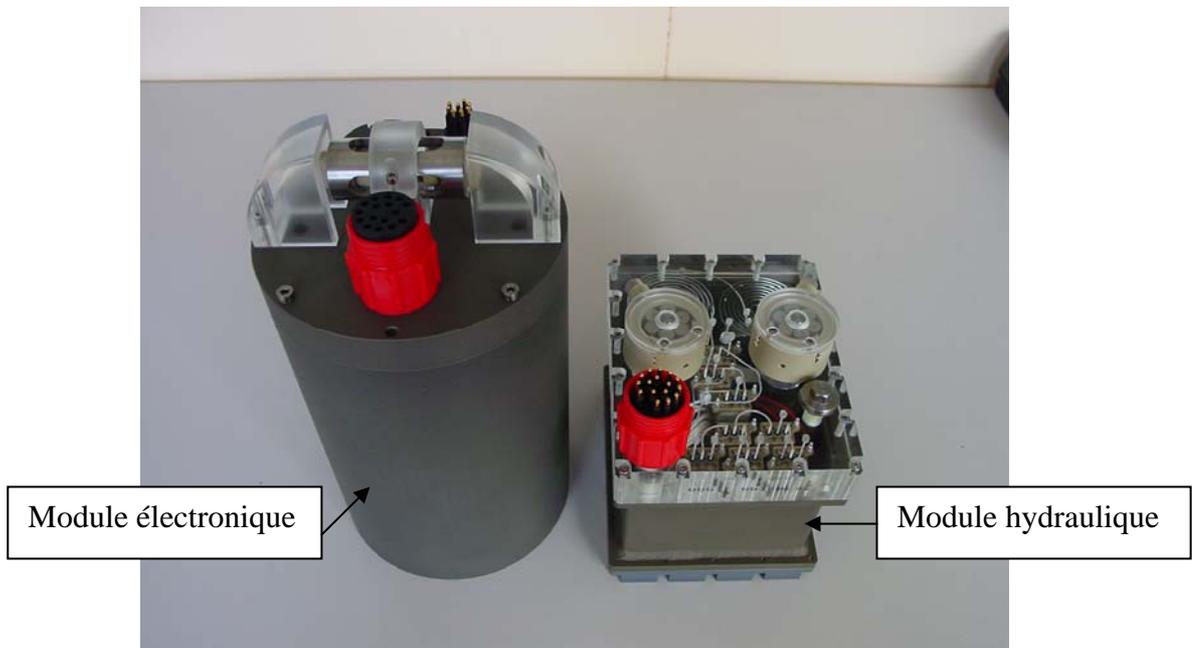


Figure 9 : CHEMINI GRANDS-FONDS

Les deux CHEMINIS Grands Fonds (Fer et Sulfure) sont chacun constitués de deux modules différents, un module électronique qui maintient l'ensemble des cartes électroniques à pression quasi atmosphérique et le module hydraulique qui maintient l'ensemble des actionneurs (pompes, vannes, etc.) en equi-pression.

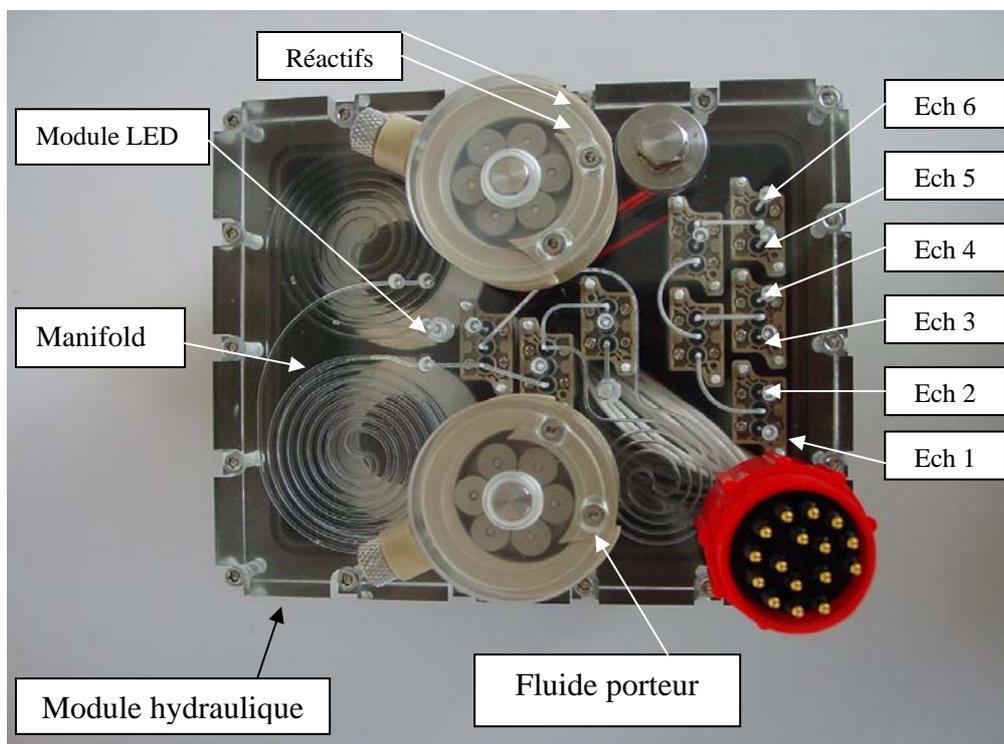


Figure 10 : Connexion des échantillons et des réactifs

Un CHEMINI Grands Fonds permet de prélever et d'analyser 6 échantillons différents. Grâce à ses 6 entrées, il est possible de connecter la prise d'eau à analyser ainsi que tous les échantillons de référence souhaités par l'utilisateur afin d'étalonner les mesures directement sur le lieu d'analyse.

L'utilisateur a également la possibilité de connecter deux réactifs chimiques directement sur la pompe péristaltique d'injection (pompe située en haut de la figure 9 et appelée POMPE B dans l'IHM). La réaction chimique se déroule dans le Manifold.



Figure 11 : CHEMINIS FER et SULFURE assemblés

3.2 Description de PEPITO

L'analyse chimique en laboratoire nécessite le prélèvement *in situ* d'échantillons. Pour cela, le préleveur PEPITO permet de prélever 25 échantillons dans des bouteilles de 100mL. Il permet également le remplacement des bouteilles par des poches équipées de filtres pour recueillir des échantillons microbiens. L'utilisateur a aussi la possibilité d'injecter directement (*in situ*) des réactifs chimiques dans certaines bouteilles. PEPITO est également intégré au maximum afin d'être implanté sur le sous-marin ROV.

PEPITO est donc composé de :

- 25 bouteilles de prélèvement capables de conserver la pression de l'échantillon
- 5 flacons de réactifs chimiques
- 1 moteur pas à pas de pompage principal
- 4 pompes péristaltiques pour l'injection du réactif chimique
- 5 vannes de vidange afin de renouveler l'eau dans le circuit hydraulique
- 38 vannes pour gérer le circuit hydraulique
- 2 valves d'équi-pression
- 1 carte mère d'application gérant le fonctionnement global du système
- 1 carte fille ATMEGA contenant le cœur numérique du système : elle est directement implantée sur la carte d'application
- 1 carte gérant le moteur pas à pas
- 1 carte de gestion des vannes en equi-pression

Pour son fonctionnement PEPITO est fractionné en deux modules, un module électronique permettant de conserver les cartes de pilotage à pression atmosphérique et un module hydraulique maintenant les actionneurs (vannes, pompes, moteur...) en equi-pression.

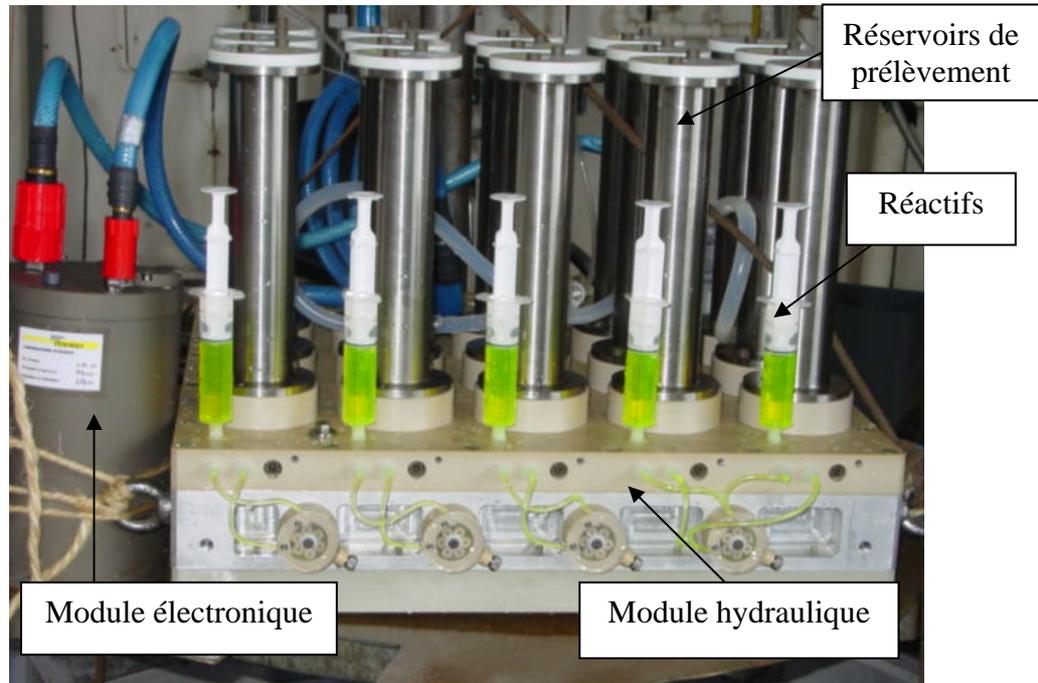


Figure 12 : PEPITO assemblé

La particularité du module hydraulique présenté ci-dessous est de contenir la carte assurant le pilotage des vannes. En effet, du point de vue de la connectique, il était quasi impossible d'apporter à chaque vanne une ligne permettant de la faire commuter. Pour palier à ce problème, une carte assure la passerelle entre le bus I2C, directement issus de la carte mère (6 fils), et les 43 vannes. Cette carte fonctionne en equi-pression.

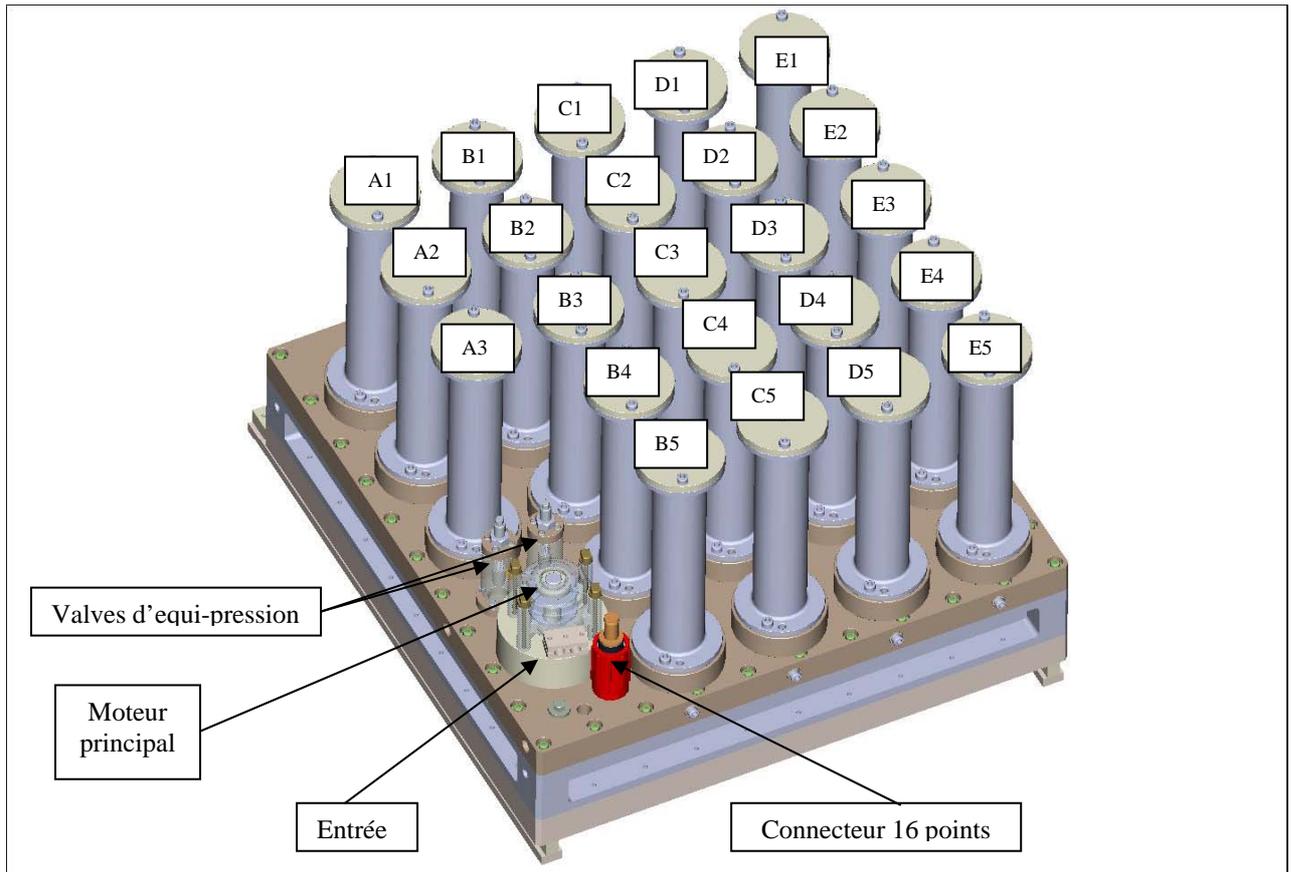


Figure 13 : assemblage hydraulique PEPITO (recto)

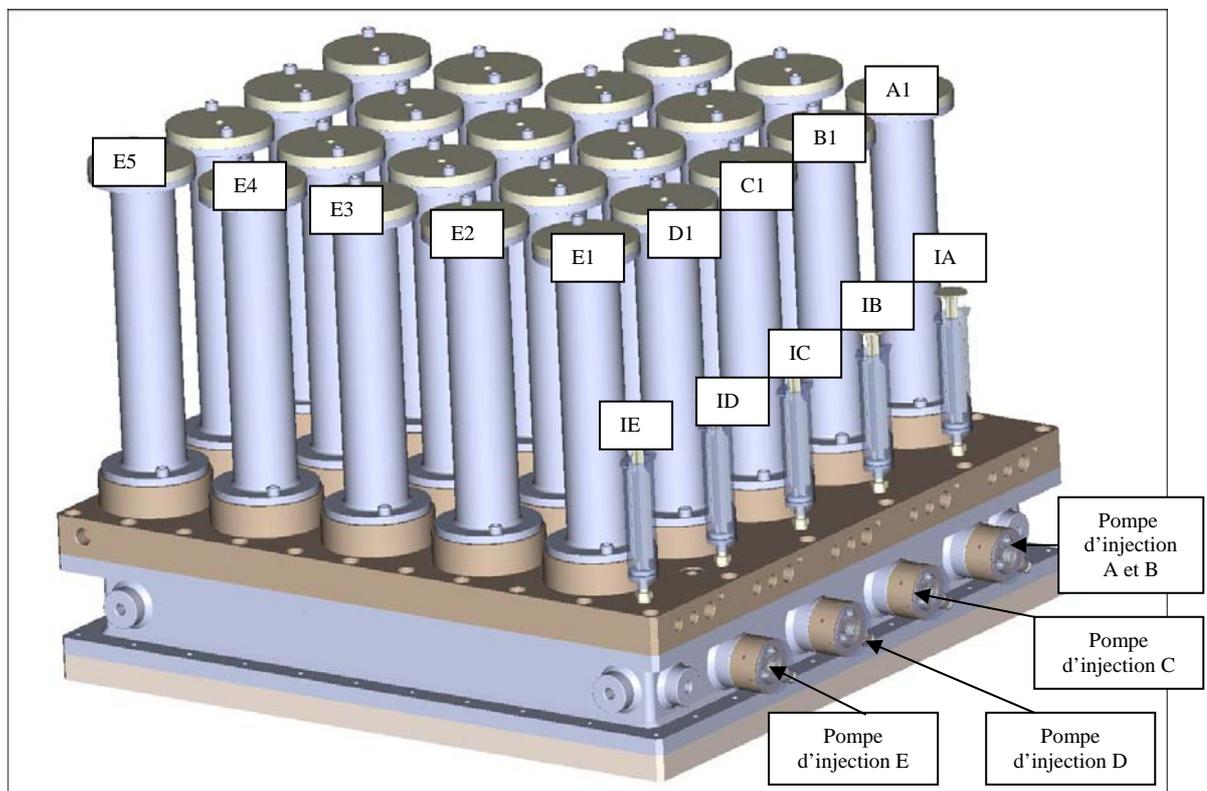


Figure 14 : assemblage hydraulique PEPITO (verso)

3.3 Description d' AISICS

AISICS est un module autonome de prélèvement *in situ* d'échantillons destinés à suivre l'évolution des colonies microbiennes dans leur environnement. Son fonctionnement a lieu dans un cadre d'utilisation très précis. L'utilisateur doit pouvoir le programmer sur le bateau via l'interface Homme Machine. Le module est ensuite pris en charge par le ROV pendant toute la durée de la descente vers le lieu de prélèvement. Une fois arrivé sur le site de fonctionnement (par exemple près d'une source hydrothermale), le ROV dépose le module AISICS et ouvre son couvercle de protection. Cette manœuvre a pour effet de lancer son cycle de fonctionnement. Pendant ce cycle, l'alimentation électrique se fait sur batterie, AISICS doit donc être capable de se plonger dans une veille profonde à consommation minimale et de se réveiller de façon autonome pour effectuer ses prélèvements (répartis typiquement sur une période de 4 jours). Au retour du ROV, le couvercle de protection est refermé avant d'entamer le retour au navire.

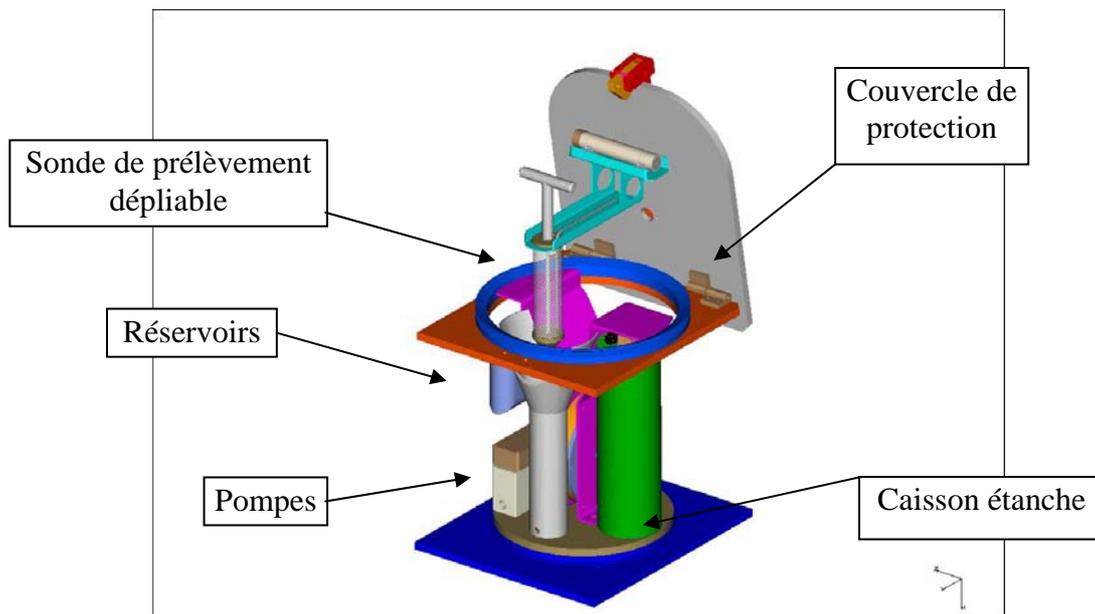


Figure 15 : vue assistée par ordinateur d'AISICS

Le préleveur AISICS permet de stocker des prélèvements dans 4 poches de 100mL avec de très faibles volumes morts (de l'ordre de 0,3mL). AISICS est également intégré au maximum afin de réduire le volume du caisson étanche et d'être facilement transportable par le ROV.

AISICS est composé notamment de :

- 4 poches de prélèvement
- 1 pompe péristaltique pour le remplissage des poches
- 4 vannes de gestion du circuit hydraulique
- 1 carte mère d'application gérant le fonctionnement global du système
- 1 carte fille ATMEGA contenant le cœur numérique du système : elle est directement implantée sur la carte d'application
- 4 batteries électriques

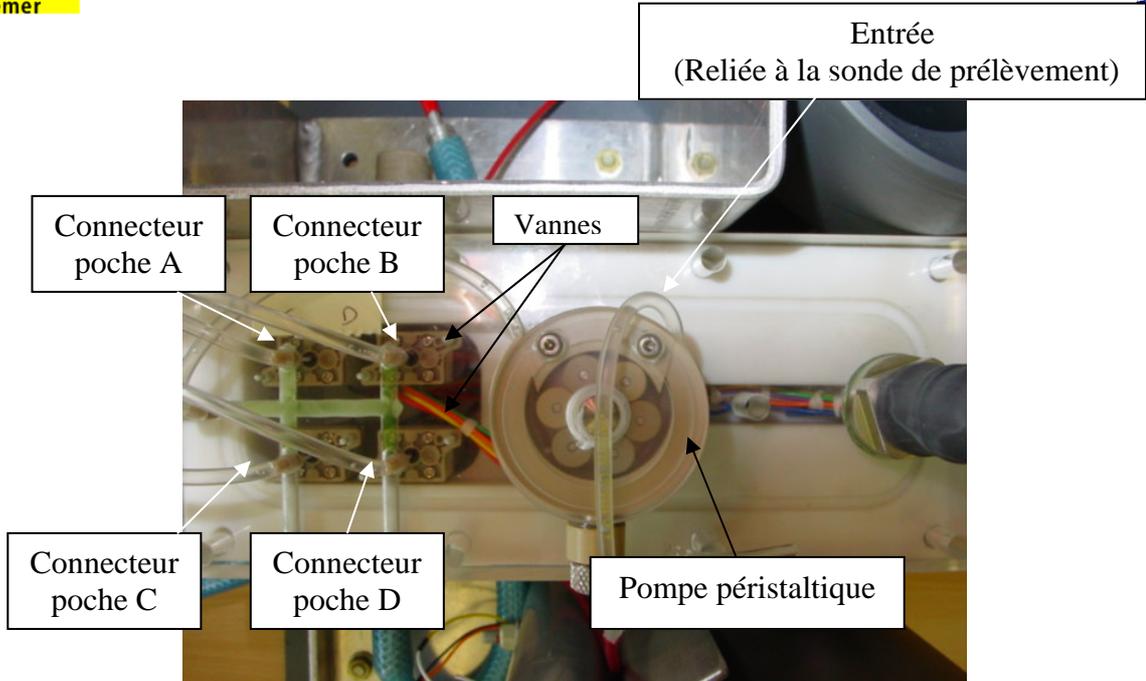


Figure 16 : Connexion des échantillons et de l'entrée

AISICS permet de prélever 4 échantillons différents. L'entrée se fait par la sonde de prélèvement grâce à la pompe péristaltique qui pousse ensuite l'eau dans l'une des 4 poches de 100mL.

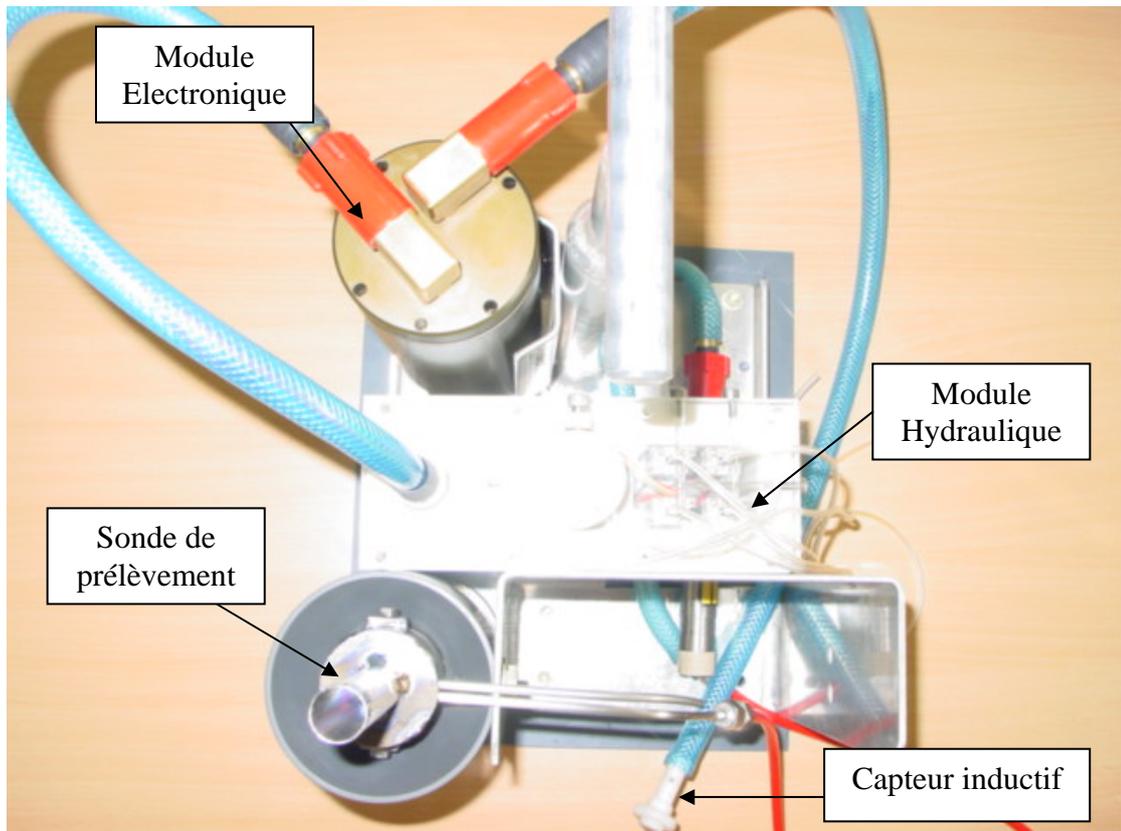


Figure 17 : AISICS assemblé

4 Présentation des logiciels embarqués

4.1 Base commune aux logiciels embarqués

Les logiciels embarqués sont tous codés en langage C via la chaîne de développement IAR.

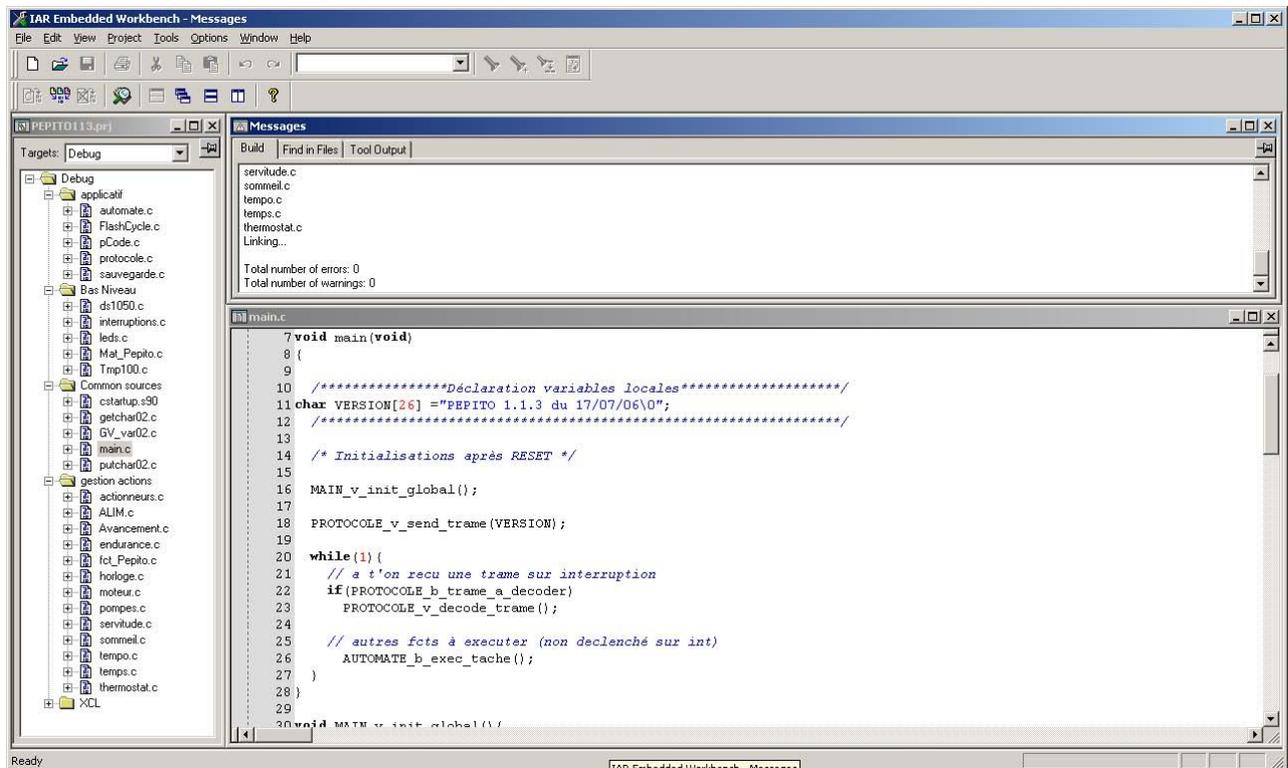


Figure 18 : logiciel IAR

4.1.1 Présentation des logiciels

Les logiciels embarqués de CHEMINI, PEPITO et AISICS sont composés d'un socle commun, issu du développement du CHEMINI surface, et de fonctions qui ont été spécifiquement développées. Tous les logiciels embarqués répondent à deux grands axes d'utilisation :

- un mode manuel de bas niveau, qui permet le pilotage des différents actionneurs : ouvrir une vanne, faire tourner une pompe, effectuer une mesure, ... Ce mode permet par exemple le test des composants matériels ou la mise au point des chimies en laboratoire. Il est réservé aux « utilisateurs confirmés ».
- un mode cycle, qui permet de programmer une suite d'actions élémentaires : Une mesure complète, ou un prélèvement complet, est composée d'une suite d'actions élémentaires. L'idée est de pouvoir décrire cette séquence par l'intermédiaire d'un pseudo langage de programmation, puis de l'exécuter et ne s'occuper que de récupérer le résultat.

4.1.2 Architecture globale d'un logiciel embarqué

L'architecture d'un logiciel embarqué est décomposée en trois grandes couches en plus de la librairie matérielle de la manière suivante :

- *Bas niveau* : interfaçage des différents composants des cartes électroniques
- *gestion des actions* : gestion de l'appareil par des actions (ouvrir une vanne, faire tourner une pompe à une vitesse et un sens voulus, effectuer une mesure pendant un temps donné, ...)
- *applicatif* : gestion des différentes fonctions : exécution d'un cycle, enregistrement des données, gestion du protocole de communication IFREMER, exécution d'une action de haut niveau (prélèvement)...

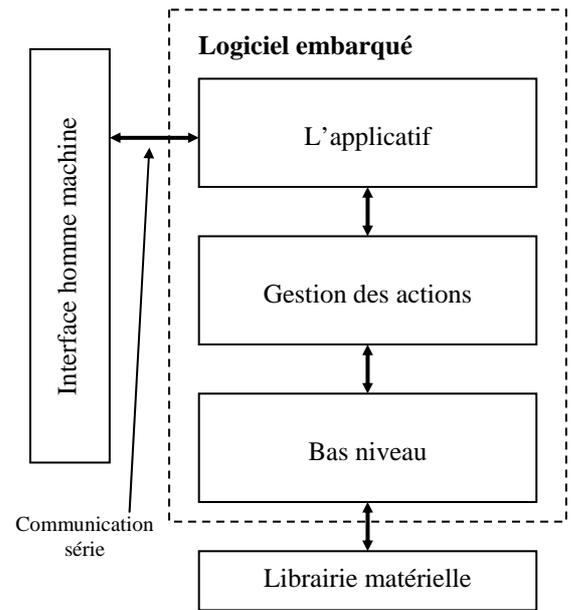


Figure 19 : Architecture du logiciel embarqué

4.1.3 L'automate

L'ensemble de l'application embarquée est basée sur cet automate. C'est un système qui sauvegarde une liste de « tâches », et qui les exécute lorsque du temps processeur est disponible. Ceci permet de simplifier et de clarifier l'écriture du code. Toutes les fonctions ne devant pas être exécutées immédiatement (répondre à une requête utilisateur, effectuer une opération sur un actionneur, ...) sont confiées à l'automate.

Par exemple, via interruption sur la liaison série l'appareil peut recevoir une trame demandant la température ambiante. Effectuer ce traitement assez long pendant l'interruption n'est pas recommandé, cette tâche n'ayant pas une forte contrainte de temps réel, elle est juste ajoutée à l'automate. Elle sera exécutée au prochain passage dans la boucle infinie du « main », qui scrute la présence d'une fonction à exécuter dans l'automate. Sans cette méthode, il faudrait une variable globale par action qui serait scrutée dans le « main ».

L'automate est agencé autour d'un buffer circulaire (16 bits * N). Une fonction permet d'ajouter l'adresse d'une tâche à exécuter ainsi qu'une éventuelle liste d'arguments. Dans la boucle infinie du « main », une fonction scrute la présence de pointeur de fonction dans ce buffer circulaire, l'extrait, et l'exécute. Les arguments sont récupérés lors de l'exécution de la dite fonction.

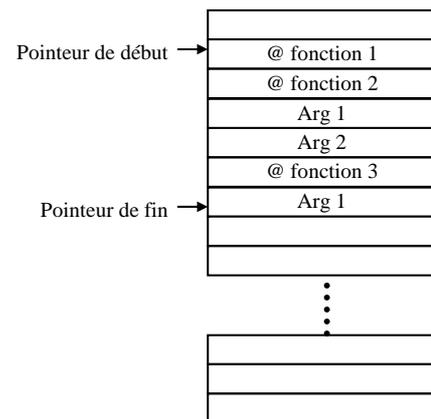


Figure 20 : Agencement du buffer circulaire de l'automate

4.1.4 Réception d'une commande

La réception d'une commande envoyée par l'Interface Homme – Machine est réalisée sur interruption. L'interprétation de cette commande pouvant être longue, elle n'est pas réalisée dans le traitement de l'interruption. Le principe est que lorsque l'appareil reçoit le caractère signalant la fin d'une commande, celle-ci est transférée dans un buffer circulaire et une variable d'état est activée. Cette variable est elle-même scrutée en permanence. Lorsque le processeur a terminé ses exécutions en cours, il détecte l'activation de cette variable et lance l'interprétation de la trame. Cela permet de pouvoir interpréter une trame tout en en recevant une autre et ainsi d'être sûre de ne pas perdre de commandes. Un listing des commandes est fourni en annexe.

4.1.5 L'interprétation des cycles

Un cycle correspond à une description d'actions élémentaires à exécuter. Cela implique des commandes pour piloter les différents actionneurs (pompes, vannes, module led, moteur), des temporisations, et des boucles *while*. La programmation de ces cycles à travers l'Interface Homme - Machine permet de décrire toute séquence de mesure ou toute action haut niveau imaginable.

A l'origine, il avait été choisi de pouvoir sauvegarder 8 cycles de 248 octets chacun, ce qui devait normalement répondre aux besoins des utilisateurs. Afin de réduire au maximum la taille d'un cycle pour un même nombre d'instructions, chacune d'elles est compilée en pCode (code numérique) sur un nombre d'octets connu. Un pCode particulier permet de spécifier la fin du cycle. Comme nous le verrons plus loin, c'est à partir d'un fichier texte que l'interface Homme Machine est chargée de réaliser cette compilation. Le résultat est ensuite flashé dans l'analyseur par la liaison série.

4.1.6 Système de sauvegarde des données

Toutes les mesures effectuées par les CHEMINIS sont stockées dans sa mémoire interne. Bien que l'utilisateur ait la possibilité d'un retour des données en temps réel, il est important de les stocker afin de pouvoir les exploiter en laboratoire. En ce qui concerne les CHEMINIS, le système de sauvegarde mémorise sur quelques octets les données émises par le module LED. Ces données, qui correspondent en fait à des mesures d'intensité lumineuses, peuvent être exploitées directement par l'analyseur CHEMINI. En effet l'utilisateur peut, depuis l'Interface Homme – Machine, commander un calcul des valeurs importantes. Pour PEPITO et AISICS, le système de sauvegarde permet de mémoriser les actions réalisées par l'utilisateur. Exemple : à l'heure H l'utilisateur a actionné la vanne B, à l'heure J l'utilisateur a lancé un prélèvement sans injection de réactif dans le réservoir A1...

4.2 Fonctions spécifiques développées pour CHEMINI

Le développement des CHEMINIS Grands Fonds (Fer et Sulfure) a nécessité la création de procédures spécifiques. Certaines de ces procédures ont également été réinvesties pour PEPITO et AISICS.

4.2.1 Le mode Endurance

CHEMINI est conçu pour pouvoir fonctionner en autonomie sur des structures fixes comme les stations de fond. Son fonctionnement serait alors de réaliser de façon autonome un certain enchaînement de mesures et de répéter cet enchaînement à l'infini. Ce type de fonctionnement en autonomie permettrait alors de réaliser un suivi permanent des concentrations en Fer et en Sulfure sur une zone donnée. C'est avant tout dans cette optique que le mode endurance a été développé.

Le mode endurance est basé sur la gestion des cycles que nous avons vu précédemment. L'utilisateur flashe ses cycles de fonctionnement (cycle 1 à 8), chaque cycle correspondant à un type particulier de mesure. Ensuite, l'utilisateur va flasher un cycle d'endurance. Celui-ci est toujours flashé dans un cycle réservé (dénommé « E » dans l'IHM). Ce cycle est une suite d'instructions dont deux sont obligatoires.

Le cycle commence obligatoirement par l'instruction « Endurance *NbDeRebouclage* » ou la commande « Autonomie ». Cette instruction est interprétée comme le début d'une boucle *while*. Lors de l'exécution du cycle d'endurance, cette commande permet de savoir si les instructions qui suivent doivent être répétées un nombre fini (*NbDeRebouclage*) ou infini de fois. Cette commande mémorise également l'adresse en mémoire de l'instruction suivante et signale par une variable globale qu'un cycle d'endurance est en cours.

Le cycle se termine obligatoirement par l'instruction « FinModeEndurance ». Cette commande, qui est vue comme une fin de boucle *while*, détermine si le nombre de re-bouclage voulu par l'utilisateur est atteint ou non. Si ce nombre est atteint alors l'exécution s'arrête comme pour un cycle normal, sinon l'exécution reprend à l'adresse sauvegardée par l'instruction « Endurance » (ou « Autonomie »).

Outre ces commandes obligatoires, un cycle d'endurance se compose de temporisations, de veilles profondes (issues du développement d'AISICS), et d'instructions « Cycle *N°Cycle* ». Cette dernière instruction provoque une sauvegarde de l'état courant (adresse du pointeur d'exécution...), et lance l'exécution du cycle *N°Cycle* (*N°Cycle* est compris entre 1 et 8). Une fois ce cycle terminé, la variable globale (indiquant si un cycle d'endurance est en cours) est scrutée et si elle est positive, alors elle donne lieu à une restauration du contexte et donc à une poursuite du cycle d'endurance.

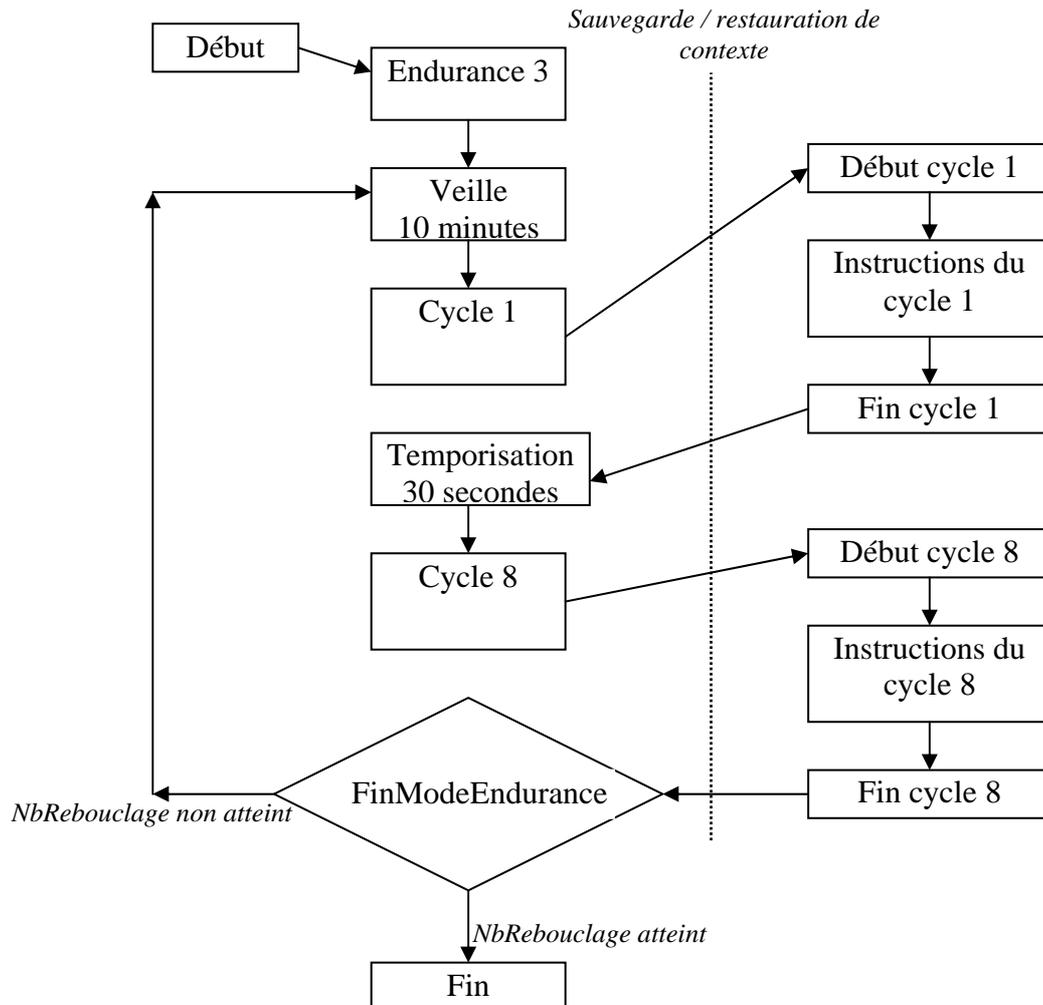


Figure 21 : schéma d'un cycle d'endurance

4.2.2 L'acquiescement des trames

La communication entre les CHEMINIS (de même pour PEPITO et AISICS) et l'Interface Homme- Machine est basée sur un protocole maître – esclave. Le principe est que l'utilisateur a, au travers de l'IHM, toujours une position dominante par rapport à un CHEMINI. Ainsi, c'est l'IHM qui prend l'initiative d'envoyer une trame sur commande de l'utilisateur. CHEMINI la reçoit, l'interprète et l'acquiesce soit par le retour du paramètre demandé, soit par une confirmation que l'action a bien été effectuée.

Cependant, du fait du système de sauvegarde, lorsque l'utilisateur commande une exportation des données vers Excel c'est CHEMINI qui prend la main pour envoyer toutes les données. Cela résultait parfois en une perte de données (jusqu'à 40% dans des conditions très bruitées). C'est pour palier à ce problème qu'un système d'acquiescement a été mis en place en priorité sur les CHEMINIS et aussi sur PEPITO et AISICS.

Le principe est que lorsque l'appareil prend l'initiative d'envoyer toute une série de trames, l'IHM accuse la réception de chacune d'entre elles. De même, l'appareil attend d'avoir reçu l'acquiescement avant d'émettre la suivante. Dans le cas où cet acquiescement n'est pas reçu après quelques secondes, la trame est réémise. La réémission ne peut se faire que 4 fois pour une même trame. Si on aboutit à 4 échecs de transmissions, alors l'export s'arrête et l'appareil se place en attente de nouvelles commandes utilisateurs (boucle infini du « main »).

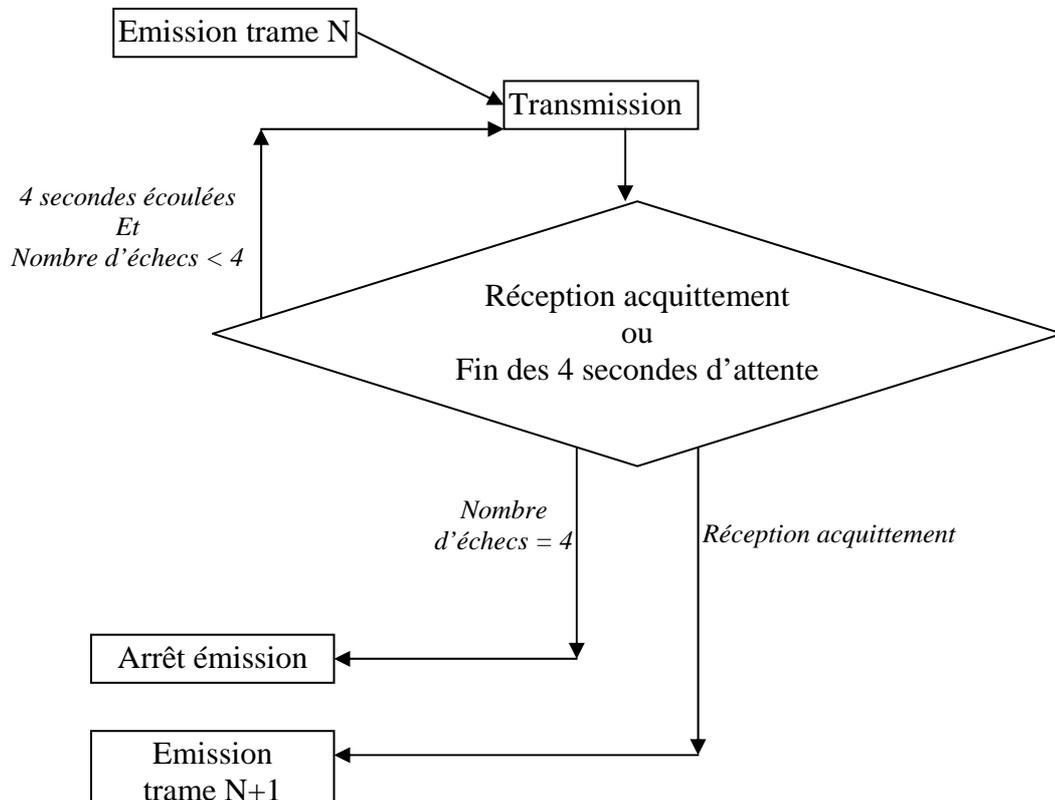


Figure 22 : acquiescement des trames

4.3 Fonctions spécifiques développées pour PEPITO

Le développement de PEPITO a nécessité la création de procédures spécifiques. Certaines de ces procédures ont également été réinvesties pour les CHEMINIS et AISICS.

4.3.1 Les actions haut niveau

Etant donné le nombre d'actionneurs à piloter pour faire fonctionner PEPITO (43 vannes, 4 pompes, 1 moteur pas à pas), un mode de pilotage haut niveau a été mis en place. Comme nous le verrons dans la description de l'IHM, l'utilisateur a la possibilité d'effectuer des actions de haut niveau directes (même gestion que pour piloter un actionneur particulier en bas niveau) ou au cours de cycles de fonctionnement.

Dans le cas de la gestion des actions directes, c'est l'IHM qui assure la traduction entre l'action à réaliser et la configuration à donner à tous les actionneurs. Une fois cette traduction effectuée, elle transmet à PEPITO une trame unique contenant l'état de chaque vanne, la vitesse de chaque pompe, la vitesse du moteur pas à pas et la durée de l'action. A réception de cette trame, PEPITO l'interprète et commande la configuration des actionneurs via l'automate. Si la durée de l'action est différente de zéro, PEPITO ajoute dans l'automate une commande pour réaliser la temporisation (minutes / secondes). Lors de la fin de cette temporisation, tous les actionneurs sont automatiquement remis à leur état d'origine (configuration de repos). Dans le cas où la durée de l'action est nulle, PEPITO n'ajoute pas de temporisation dans l'automate. Ainsi les actionneurs resteront dans l'état voulu par l'utilisateur jusqu'à la réception d'une nouvelle commande. Ce procédé permet de laisser constamment la main à l'utilisateur.

Dans le cas où la gestion des actions de haut niveau est réalisée au cours d'un cycle de fonctionnement, c'est PEPITO qui assure la traduction. Cela permet de minimiser le nombre d'octets nécessaires pour enregistrer une action à exécuter, 4 octets maximums pour une action haut niveau contre environ 20 pour configurer l'ensemble des actionneurs... La traduction n'est donc réalisée que quand le pointeur d'exécution arrive sur une action haut niveau pendant l'exécution d'un cycle.

4.3.2 Les temporisations non bloquantes

Dans le cadre des actions haut niveau, il est intéressant de pouvoir utiliser des temporisations de l'ordre de plusieurs minutes. En raison des risques d'erreur de la part de l'utilisateur ou de tout autre impondérable, il est préférable que les temporisations de longue durée comme celles-ci permettent l'accès à certaines commandes.

Auparavant, les temporisations étaient réalisées via un timer. Pour des durées plus longues, il est préférable d'utiliser l'horloge temps réel de la carte processeur. Le principe est de programmer une alarme correspondant à la fin de la temporisation et d'effacer toute tâche éventuellement présente dans l'automate. Cela permet d'éviter une action qui pourrait mettre en péril le système pendant la temporisation. Cependant, si l'utilisateur envoie une trame à PEPITO, celle-ci ne sera prise en compte que s'il s'agit de la commande « RESET » ou d'une demande pour savoir s'il y a un cycle en cours d'exécution (demande effectuée au lancement de l'IHM). Ainsi, PEPITO est en attente de l'interruption marquant la fin de la temporisation tout en étant sensible à une commande « RESET ».

A réception de l'interruption de fin de temporisation, l'interprétation de toute nouvelle trame de la part de l'utilisateur est de nouveau autorisée et la mise à zéro de tous les actionneurs est lancée automatiquement.

Ce mécanisme de temporisation non bloquante a été largement réinvesti dans CHEMINI et AISICS et dans les temporisations des cycles de fonctionnement de PEPITO. Seule change l'action effectuée par défaut à la fin de la temporisation.

4.4 Fonctions spécifiques développées pour AISICS

Le développement d'AISICS a nécessité la création de procédures spécifiques. Certaines de ces procédures ont également été réinvesties pour les CHEMINIS et PEPITO.

4.4.1 La veille profonde

Du fait du fonctionnement en autonomie, AISICS est alimenté via 4 batteries incorporées dans le module électronique. Pour assurer un fonctionnement le plus durable possible, il a été créé un mode de veille profonde. Ce mode initialement conçu spécifiquement pour AISICS a été intégré également aux CHEMINIS et à PEPITO.

La veille profonde est utilisée au cours d'un cycle de fonctionnement. Son principe est de commencer par programmer une alarme sur l'horloge temps réel de la carte processeur. Ensuite, tous les actionneurs et périphériques sont arrêtés, les bus de communication sont placés en configuration minimale, les ports d'entrée/sortie de la carte processeur, qui ne sont pas reliés à l'horloge temps réel, sont fermés. La seule interruption autorisée est celle de l'alarme de l'horloge. Dès lors, la consommation électrique d'AISICS est minimale (environ 4mA). L'ensemble des périphériques et des ports sont remis dans leur état normal de fonctionnement lorsque l'interruption de fin de veille est déclenchée.

Ce mode présente tout de même une contrainte d'utilisation, une fois lancée, seule une rupture d'alimentation (suivie de son retour) peut remettre le système en configuration initiale avant la fin normale de la veille. Il est donc fortement recommandé dans le cadre de l'utilisation normale d'AISICS, de ne pas recourir à une veille de très longue durée (plusieurs heures) entre la fin du dernier prélèvement et le retour sur le bateau. En effet, une veille trop longue empêcherait l'utilisateur de reprendre la main sur AISICS sans couper l'alimentation sur batterie.

4.4.2 Le démarrage retardé

Pour répondre à un cadre de fonctionnement précis, un mécanisme de démarrage retardé a été développé pour AISICS. Voici un exemple typique de cycle qu'AISICS aura à remplir :

- Programmation du cycle de fonctionnement
- Lancement de l'exécution
- Débranchement du câble de communication AISICS – PC
- Branchement du câble de retour du capteur inductif
- Fermeture du couvercle de protection
- Descente sur le lieu de prélèvement
- Ouverture du couvercle
- veille d' 1 heure
- Prélèvement du premier échantillon
- Veille de 24 heures
- Prélèvement du second échantillon
- ...
- Fermeture du couvercle
- Remontée au bateau

- Ouverture du couvercle
- Débranchement du capteur inductif
- Connexion du câble de communication

Cela impose que lorsque l'utilisateur commande le début d'exécution de son cycle de fonctionnement, celui-ci ne commence réellement qu'après la réouverture du couvercle. Ainsi, au lancement du cycle, AISICS scrute le retour du capteur inductif. Ce n'est qu'à la réouverture du couvercle qu'il traitera les tâches présentes dans l'automate.

5 Présentation des Interfaces Homme – Machine

Les Interfaces Homme – Machine ont toutes été développées sous Visual Basic.

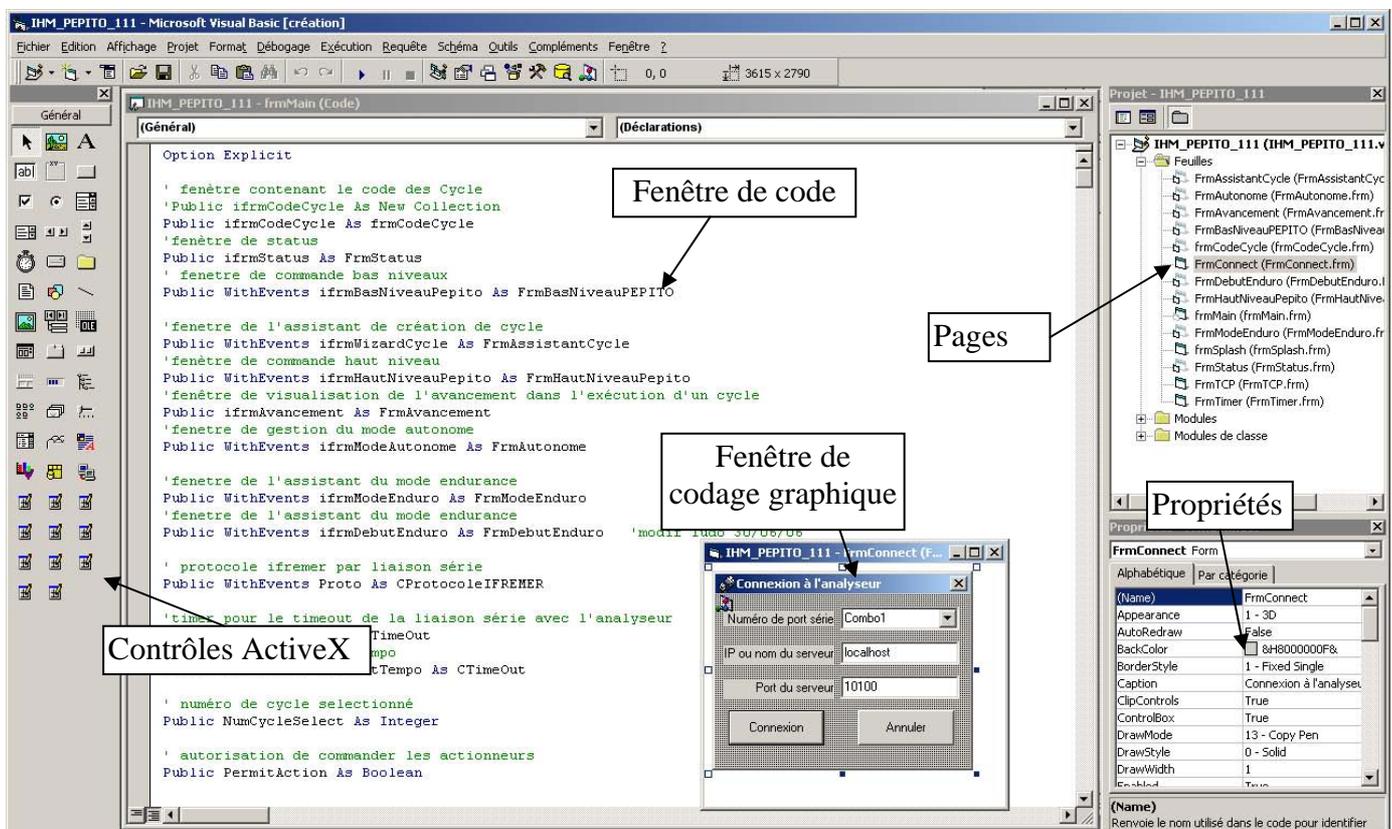


Figure 23 : Présentation de Visual Basic

5.1 CHEMINI Grands Fonds

5.1.1 Lancement de l'IHM et connexion

La communication entre le PC utilisateur et l'analyseur chimique CHEMINI est assurée par le biais de la liaison série (RS232). Si le PC ne comporte pas de sorties séries, nous conseillons d'utiliser un adaptateur USB-série. Lors de l'installation de ce dernier, il est important de bien vérifier que le port de communication créé soit compris dans la fourchette COM 1 – COM 8.

Sans oublier de mettre le CHEMINI sous tension (12V), l'utilisateur peut lancer le logiciel assurant l'interface Homme – Machine. Il apparaît la fenêtre suivante :

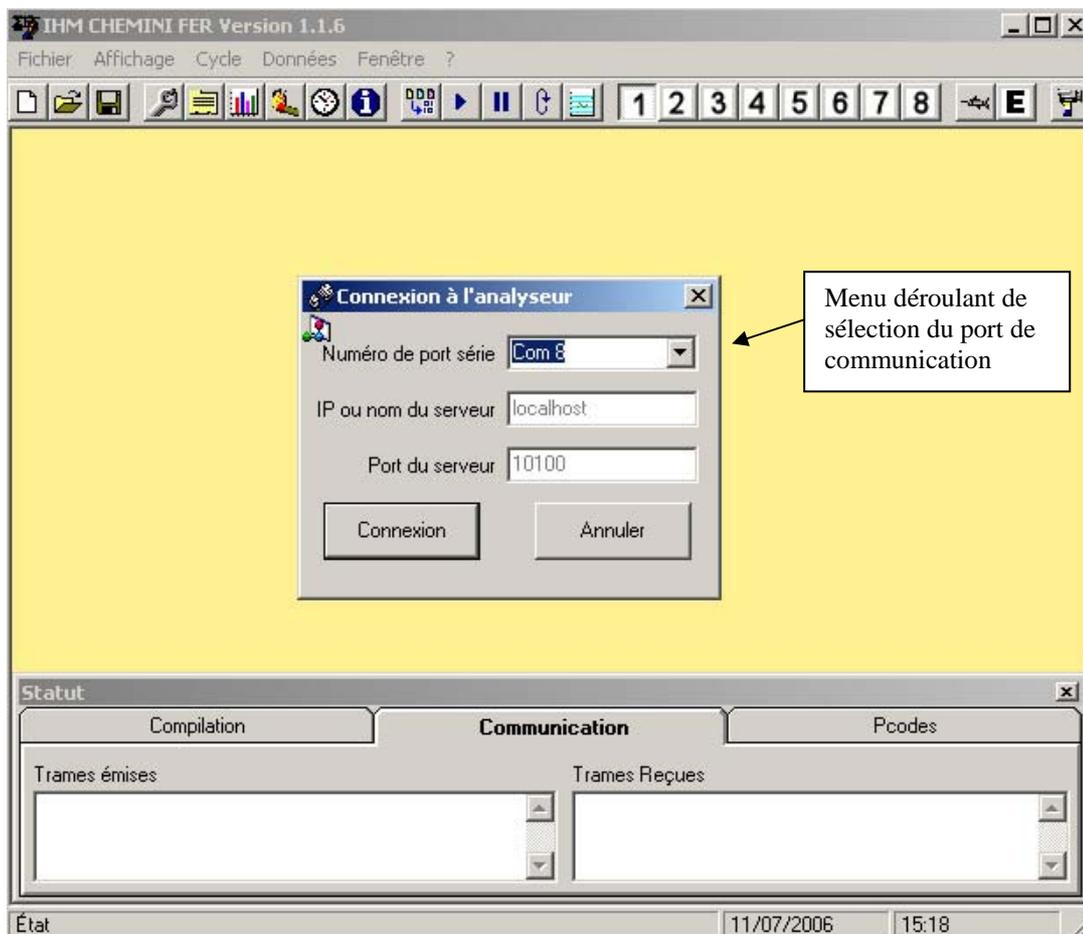


Figure 24 : connexion avec CHEMINI

Grâce à la fenêtre de connexion, l'utilisateur va maintenant pouvoir sélectionner le numéro du port série sur lequel le CHEMINI est relié au PC. Dans le menu déroulant l'utilisateur a également la possibilité de se connecter via Internet (protocole TCP/IP). Ce mode de connexion n'est à utiliser que dans le cadre d'applications où le seul moyen de communication est un réseau GSM ou satellite.

Après avoir sélectionné le port de communication, et cliqué sur « Connexion », il apparaît les fenêtres suivantes :

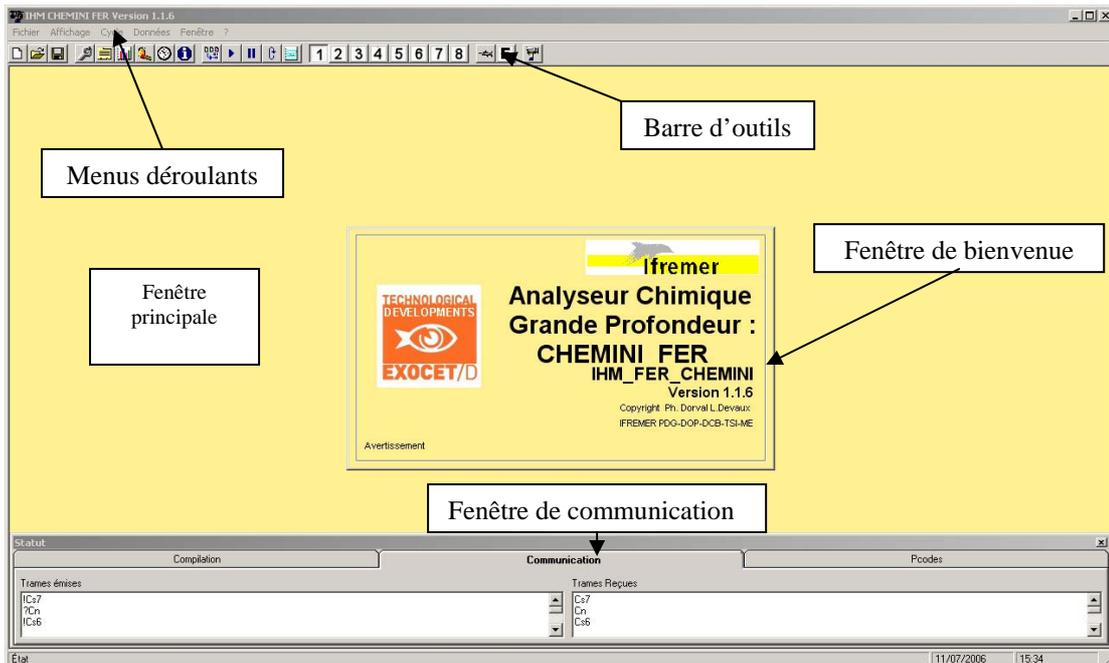


Figure 25 : Fenêtre principale

a) La fenêtre de bienvenue



Figure 26 : Fenêtre de bienvenue

Cette fenêtre permet, notamment, de contrôler que la version de l'IHM est bien à jour. Elle rappelle également que l'analyseur a été développé à l'IFREMER dans le cadre du projet européen EXOCET/D. Elle disparaît automatiquement au bout de dix secondes ou sur un simple clique.

b) La barre d'outils et les menus



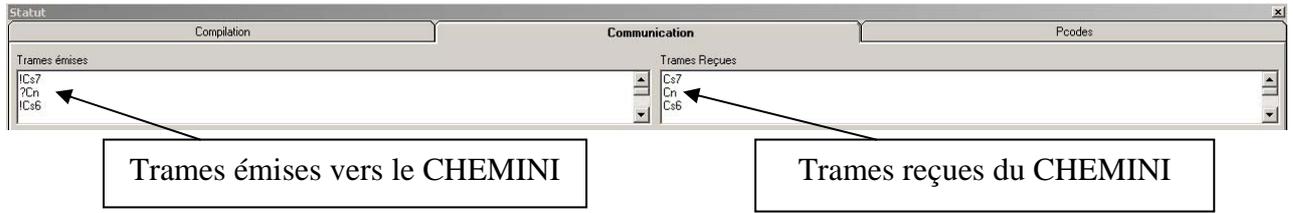
Figure 27 : Barre d'outils de la fenêtre principale

La barre d'outils permet un accès direct aux différentes fonctionnalités de CHEMINI :

-  : Ouvre une nouvelle fenêtre de code (ou réaffiche celle qui est déjà ouverte)
-  : Ouvre un fichier existant de code
-  : Enregistre le contenu de la fenêtre de code dans un fichier
-  : Lancement du mode pilotage bas niveau
-  : Affichage de la fenêtre de code et de la fenêtre de graphique
-  : Affichage de la fenêtre de graphique
-  : Affichage de la fenêtre permettant de construire un cycle de fonctionnement
-  : Affichage de la fenêtre de gestion des données sauvegardées
-  : Affichage de la fenêtre de communication
-  : Flashage d'un cycle
-  : Lancement de l'exécution du cycle sélectionné
-  : Fait une pause dans l'exécution du cycle (reprend en cliquant sur « exécuter »)
-  : Effectue un reset général (remise à zéro des actionneurs, arrêt des cycles)
-  : Exporte les données du dernier cycle vers Excel
- 1** : Sélectionne le cycle 1
- 2** : Sélectionne le cycle 2
- 3** : Sélectionne le cycle 3
- 4** : Sélectionne le cycle 4
- 5** : Sélectionne le cycle 5
- 6** : Sélectionne le cycle 6
- 7** : Sélectionne le cycle 7
- 8** : Sélectionne le cycle 8
-  : Affichage de la fenêtre permettant de construire un cycle d'endurance
- E** : Sélectionne le cycle « endurance »
-  : Affiche l'état d'avancement de l'exécution du cycle « endurance »

Les menus permettent l'accès aux mêmes fonctionnalités.

c) La fenêtre de communication



Cette fenêtre permet à chaque instant de vérifier que la communication s'effectue correctement entre le PC et le CHEMINI. Chaque trame émise par le PC est acquittée par une réponse du CHEMINI. Un listing des trames utilisées pour la communication est présenté en annexe.

5.1.2 Pilotage bas niveau

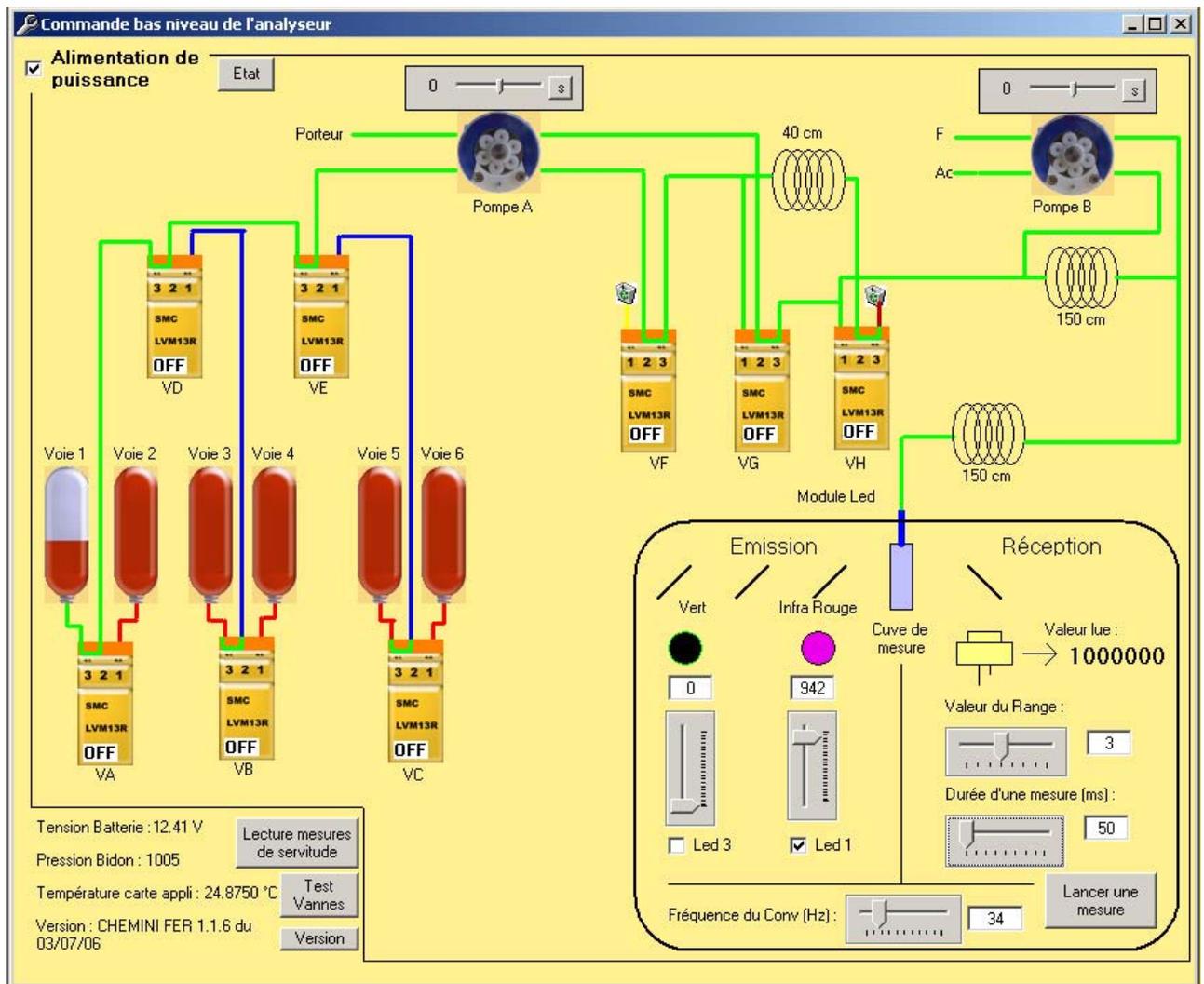


Figure 28 : Fenêtre de pilotage bas niveau

Grâce à cette fenêtre, l'utilisateur a accès à toutes les informations concernant l'état dans lequel se trouve le CHEMINI. Ainsi, en cliquant sur « Lecture mesures de servitude » il accède à la tension appliquée aux actionneurs (~12V si l'alimentation de puissance est commutée et 0V sinon), à la pression régnant à l'intérieur du module électronique et à la température de la carte applicative (carte réalisant le pilotage des pompes, vannes et LED). En cliquant sur le bouton « Version », l'utilisateur a accès à la version du logiciel embarqué. Cela permet de vérifier que le CHEMINI est bien à jour. Par simple clique sur les ActiveX, l'utilisateur commande en temps réel les actionneurs physiques (vannes, etc.).

5.1.3 Création d'un cycle de fonctionnement

CHEMINI donne la possibilité de créer des cycles de fonctionnement. Ces cycles sont des suites d'instructions élémentaires permettant de configurer les actionneurs et de réaliser les actions haut niveau de base : mise en veille, réalisation d'une mesure sur le module LED... L'assistant permet de créer facilement et intuitivement ces cycles de fonctionnement en en garantissant la syntaxe.

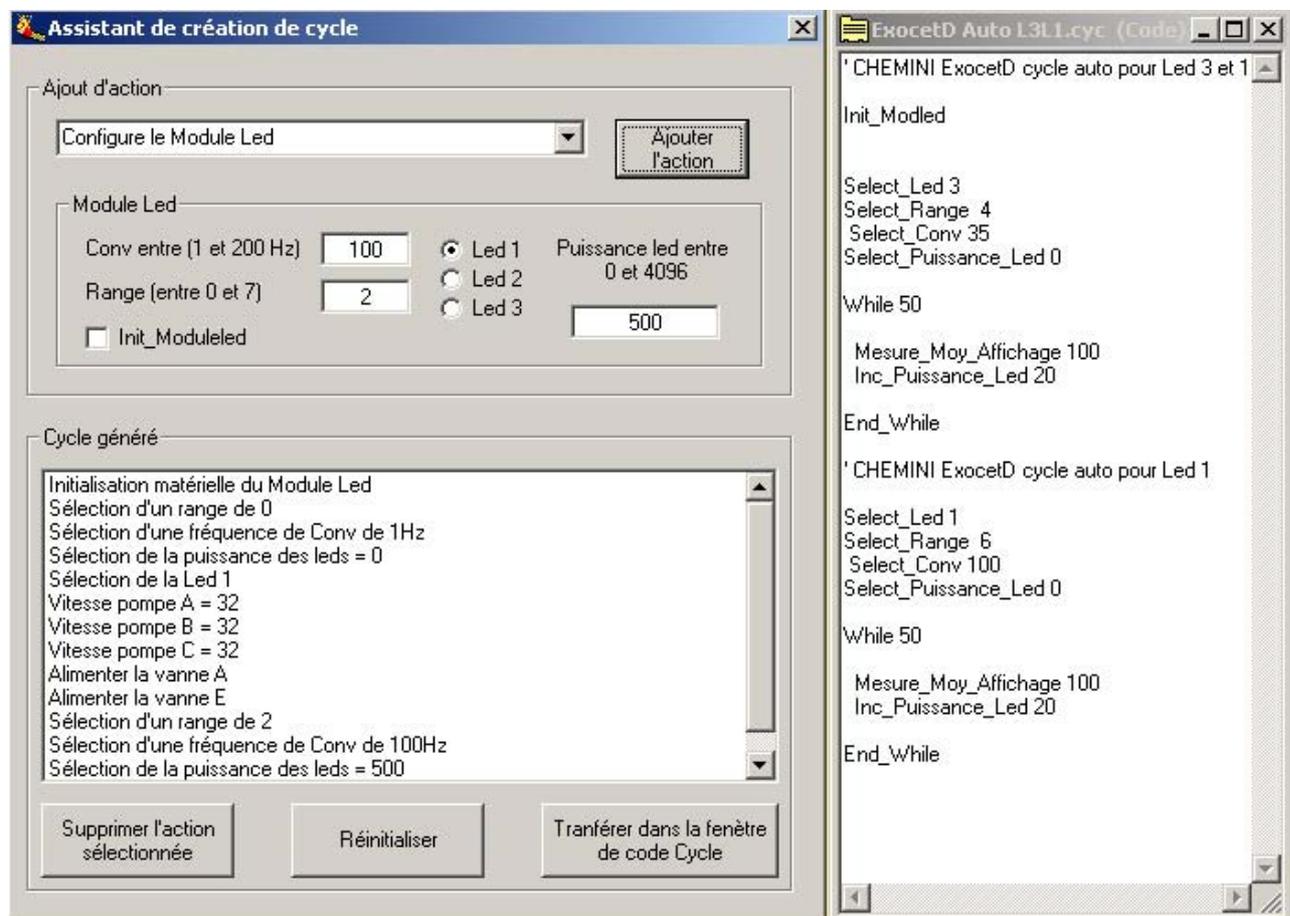


Figure 29 : Fenêtre de création de cycle et fenêtre de code cycle

La fenêtre principale (gauche) permet de créer un cycle et d'en transférer le code dans la fenêtre « Code Cycle » (droite). Pour cela, l'utilisateur choisit dans le menu déroulant le type d'action élémentaire qu'il souhaite exécuter. Après avoir modifié les paramètres qu'il désire, l'utilisateur ajoute cette action à celles qu'il a déjà programmé grâce au bouton « ajouter l'action ».

Afin de corriger d'éventuelles erreurs, un bouton est prévu pour effacer l'instruction sélectionnée dans la liste « Cycle généré ». Le bouton « Réinitialiser » permet de remettre la fenêtre dans son état d'origine. Les instructions de la fenêtre « Cycle généré » seront perdues.

Une fois que le cycle est prêt, le bouton « transférer dans la fenêtre de code cycle » permet de l'envoyer dans la dite fenêtre. Cela permet de construire un cycle complexe à partir de plusieurs mini cycles, en effet le transfert dans la fenêtre de code cycle à pour effet d'insérer le code à l'endroit où se trouve le curseur. Les autres instructions présentes dans cette fenêtre de code cycle ne sont pas effacées.

5.1.4 Flashage et exécution d'un cycle

Le flashage d'un cycle, c'est-à-dire son transfert vers l'analyseur, est réalisé à partir de la fenêtre de code cycle :

```

' CHEMINI ExocetD cycle auto pour Led 3 et 1
Init_Modled

Select_Led 3
Select_Range 4
Select_Conv 35
Select_Puissance_Led 0

While 50

  Mesure_Moy_Affichage 100
  Inc_Puissance_Led 20

End_While

' CHEMINI ExocetD cycle auto pour Led 1

Select_Led 1
Select_Range 6
Select_Conv 100
Select_Puissance_Led 0

While 50

  Mesure_Moy_Affichage 100
  Inc_Puissance_Led 20

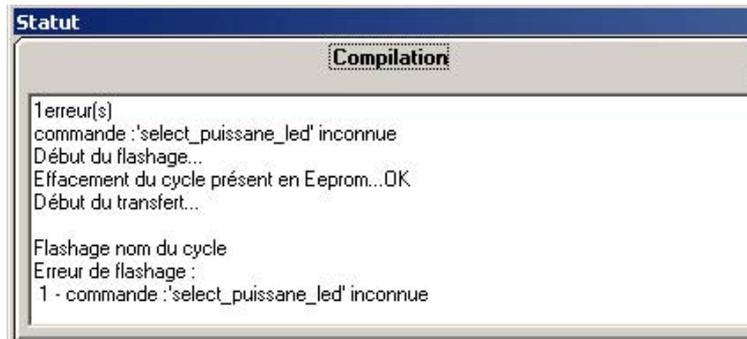
End_While

```

Figure 30 : Fenêtre de code cycle

D'abord il est essentiel de sélectionner le cycle que l'utilisateur veut flasher par simple clique sur son numéro dans la barre d'outil.

En cliquant sur le bouton « flashage » de la barre d'outil (bouton de gauche : , , , ), le contenu de la fenêtre de code cycle va être compilé afin de vérifier l'absence d'erreur. En cas d'erreur, la fenêtre de communication affiche les instructions suivantes :



Cette communication permet de lister les différentes erreurs du code. Le cycle n'est pas flashé, à ce stade son exécution n'entraînerait aucune action.

Lorsque aucune erreur n'est détectée, une vérification de la taille du cycle est réalisée. Cette vérification a pour but de déterminer si le flashage du cycle est susceptible d'écraser les autres cycles présents dans la mémoire de CHEMINI. Si le cycle est trop gros, la fenêtre suivante apparaît :



A ce stade, l'utilisateur a le choix soit d'annuler le flashage en cliquant sur « non », soit de poursuivre en écrasant les cycles suivants. En cliquant sur « non », l'utilisateur aura alors la possibilité de fractionner son cycle en plusieurs sous cycles qu'il pourra flasher indépendamment les uns des autres. Leurs exécutions pourront être réalisées automatiquement de façon successive grâce au mode endurance présenté plus loin. En cliquant sur « oui », dans le cas d'un flashage du cycle 1, les données du cycle 2 et peut être des cycles suivants seront perdues. Cependant, cette solution peut être avantageuse si l'utilisateur n'a besoin d'exécuter qu'un seul cycle et si celui-ci n'est pas fractionnable.

Si le cycle correspond aux critères de syntaxe et de taille, alors son flashage induit la communication suivante :



5.1.5 Le mode endurance

Le mode endurance est un mode qui permet de faire fonctionner CHEMINI soit en autonomie (répétition d'une séquence d'action à l'infini), soit en bouclage automatique (enchaînement d'une séquence d'action un nombre prédéfini de fois). Cette différenciation est réalisée dès le lancement de l'assistant (bouton de gauche) : **E** par la fenêtre d'initialisation :



Figure 31 : Fenêtre d'initialisation du mode endurance

Après avoir renseigné les paramètres voulus par l'utilisateur et après avoir cliqué sur « Commencer la construction d'un cycle d'endurance », cette fenêtre donne automatiquement accès à celles-ci :

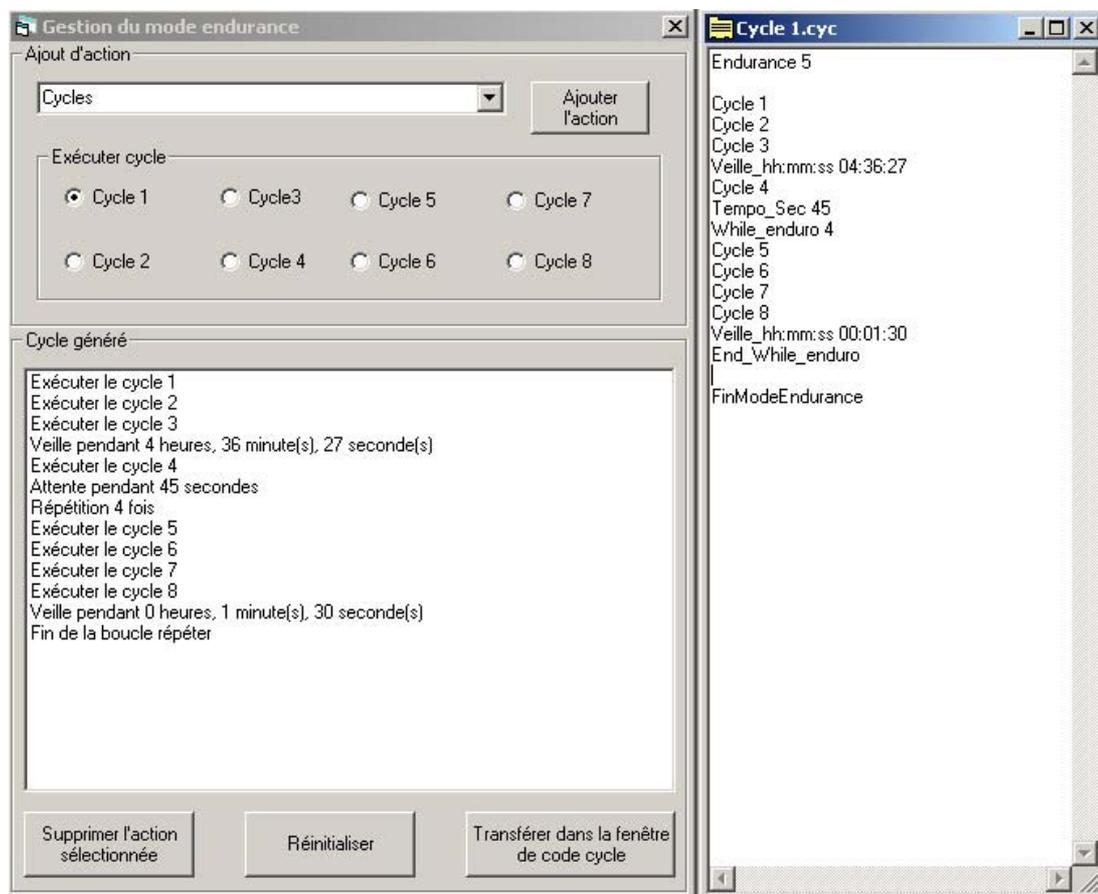


Figure 32 : Fenêtre de construction du mode endurance

La fenêtre de gestion du mode endurance permet de construire le cycle de la même manière que pour les cycles de fonctionnement décrits plus haut. Parmi les possibilités proposées, l'utilisateur peut programmer non seulement l'exécution des cycles de fonctionnement (1 à 8) mais aussi des temporisations et des veilles profondes (veilles basse consommation).

IMPORTANT : lors du transfert dans la fenêtre de code cycle, il est important que toutes les instructions se trouvent entre les commandes « Endurance » ou « Autonomie » et « FinModeEnduro ».

Le mode endurance permet d'exécuter successivement et automatiquement plusieurs cycles. Cela peut s'avérer particulièrement utile notamment dans le cas où un cycle de fonctionnement important a été fractionné en plusieurs sous cycles ainsi que dans le cas où l'utilisateur souhaite réaliser les mêmes mesures à intervalle régulier de façon autonome.

Le flashage d'un cycle d'endurance est réalisé automatiquement dans le cycle dédié « E ».

5.1.6 Réalisation d'une mesure (module LED)

CHEMINI réalise les analyses chimiques grâce à son module LED. Le principe de l'analyse par colorimétrie est que chaque composé chimique absorbe une longueur d'onde qui lui est propre. En focalisant sur cette longueur d'onde et en mesurant l'absorption de cette longueur d'onde, on peut savoir quelle est la quantité (donc la concentration) du composé chimique. Les CHEMINIS GRAND-FOND sont orientés pour une analyse du FER et du SULFURE.

Le module LED est composé de deux LEDs. La LED1 est la LED infrarouge de référence. Sa longueur d'onde est de 810nm. La LED 3 est la LED de mesure, verte pour le FER et rouge pour le SULFURE, respectivement de longueur d'onde 565nm et 660nm.

Outre la durée sur laquelle les mesures sont réalisées en continu puis moyennées pour ne donner qu'une valeur unique, une mesure repose sur trois paramètres et cela qu'elle soit réalisée depuis le bas niveau ou au cours d'un cycle programmé.

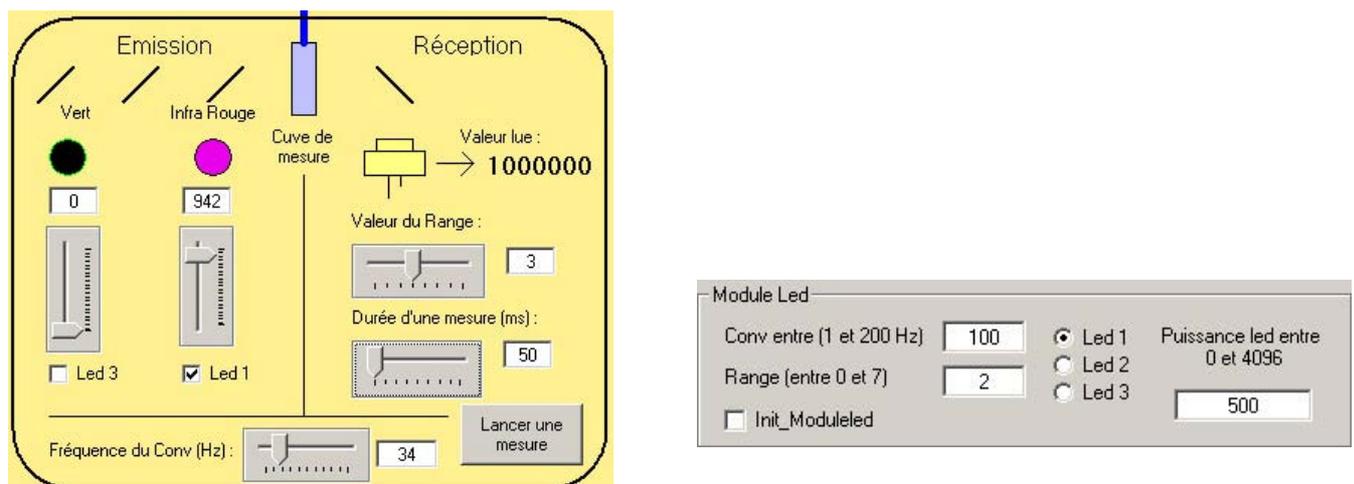


Figure 33 : Présentation des deux accès au module LED

Le premier paramètre est la puissance de la LED, elle doit être ajustée en fonction du composé et des deux autres paramètres.

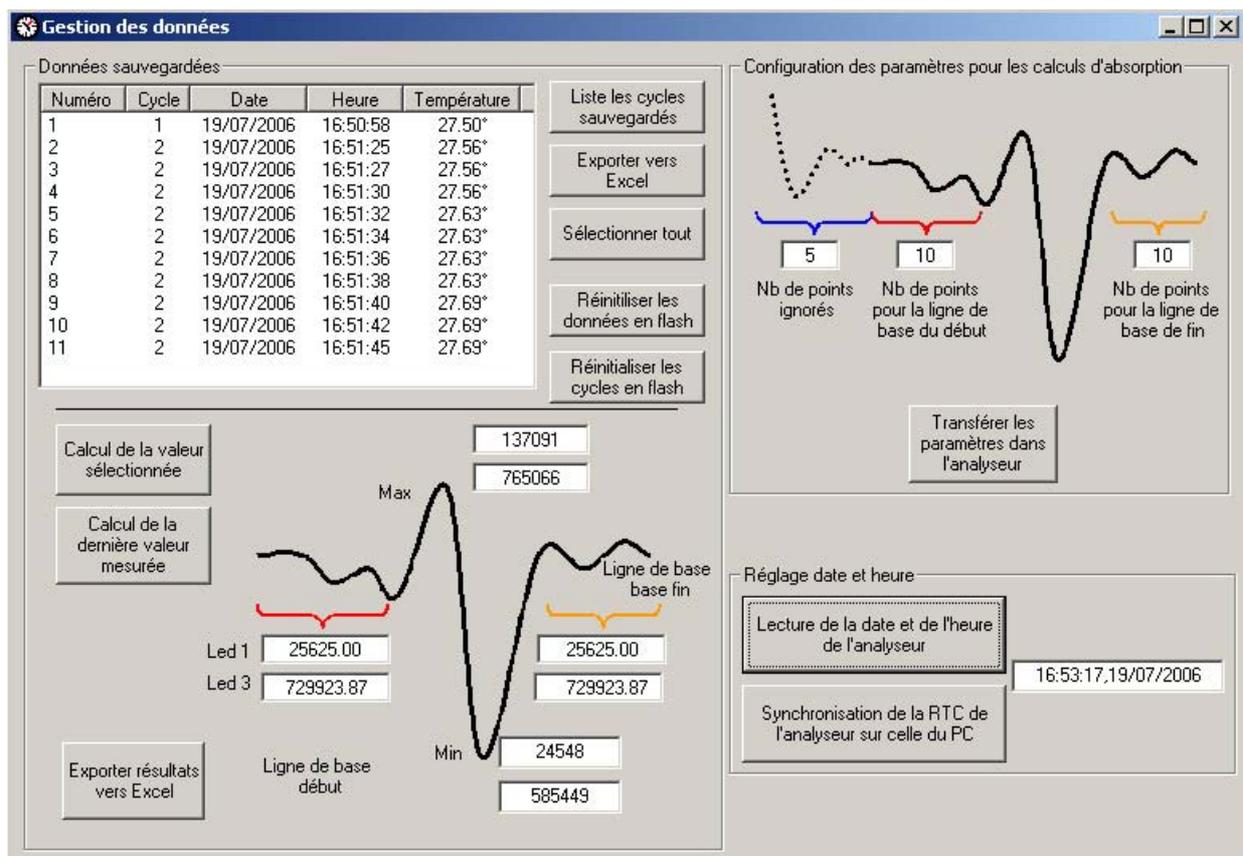
Le deuxième est le Conv ; c'est la fréquence d'éclairage de la LED (l'intensité est mesurée derrière l'échantillon à analyser afin de pouvoir en déduire l'absorption). Le fait d'avoir une fréquence d'éclairage permet de mesurer le signal utile plus le bruit pendant les périodes d'éclairage et uniquement le bruit pendant les périodes d'obscurité. Par soustraction de l'un par l'autre, on obtient donc le signal utile avec un minimum de perturbations.

Enfin, le Range est le troisième paramètre, il correspond au numéro de la capacité servant à mesurer l'intensité de la LED. Il existe 8 capacités différentes permettant d'avoir une précision optimale en fonction de l'intensité reçue. Ainsi, si l'intensité est faible alors il vaut mieux utiliser une petite capacité qui restituera une meilleure précision. Par contre, si l'intensité est élevée alors il faut mieux utiliser une forte capacité qui ne saturera pas.

5.1.7 Sauvegarde et récupération des données

Toute exécution de cycle (en mode endurance ou non) donne lieu à une nouvelle sauvegarde en flash et cela qu'il y ait ou non une mesure de colorimétrie.

L'icône  de la barre d'outil de la fenêtre principale permet d'exporter les données du dernier cycle enregistré vers Excel. Cela peut également être fait depuis la fenêtre de gestion des données : 



Gestion des données

Données sauvegardées

Numéro	Cycle	Date	Heure	Température
1	1	19/07/2006	16:50:58	27.50°
2	2	19/07/2006	16:51:25	27.56°
3	2	19/07/2006	16:51:27	27.56°
4	2	19/07/2006	16:51:30	27.56°
5	2	19/07/2006	16:51:32	27.63°
6	2	19/07/2006	16:51:34	27.63°
7	2	19/07/2006	16:51:36	27.63°
8	2	19/07/2006	16:51:38	27.63°
9	2	19/07/2006	16:51:40	27.69°
10	2	19/07/2006	16:51:42	27.69°
11	2	19/07/2006	16:51:45	27.69°

Configuration des paramètres pour les calculs d'absorption

Nb de points ignorés: 5
 Nb de points pour la ligne de base du début: 10
 Nb de points pour la ligne de base de fin: 10

Calcul de la valeur sélectionnée: 137091
 Calcul de la dernière valeur mesurée: 765066

Max: 137091
 Min: 24548
 Ligne de base début: 585449
 Ligne de base fin: 25625.00

Led 1: 25625.00
 Led 3: 729923.87

Réglage date et heure
 Lecture de la date et de l'heure de l'analyseur: 16:53:17,19/07/2006
 Synchronisation de la RTC de l'analyseur sur celle du PC

Figure 34 : Fenêtre de gestion des données

Cette fenêtre donne accès aux principaux paramètres de sauvegarde. Ainsi, un clique sur « Liste les cycles sauvegardés » entraîne que CHEMINI sort toutes les entêtes des cycles présents dans sa mémoire. Les différents contrôles permettent soit d'exporter un ou plusieurs de ces cycles vers Excel, soit d'en calculer directement les valeurs d'absorption, soit encore de les effacer de la mémoire ainsi que les cycles programmés.

Cette fenêtre donne également accès à l'heure de CHEMINI et permet de le synchroniser avec le PC utilisateur.

Pour chaque cycle, les principaux attributs sont affichés dans la liste, c'est-à-dire non seulement le numéro de ce cycle mais aussi la date et l'heure auxquelles il a été réalisé et la température de l'électronique. Ces informations sont également présentes dans l'export vers Excel. Cet export permet une sauvegarde facile des données. Un fichier Excel est composé d'un sommaire donnant accès aux données de chaque cycle exporté ainsi qu'à un résumé regroupant l'ensemble des calculs importants.

La page contenant les données d'un cycle est présentée ci-dessous. On y trouve l'entête du dit cycle ainsi qu'un listing de l'ensemble des points de mesure pour chaque LED. Les résultats sont aussi présentés dans un graphique afin de faciliter leur exploitation. Les paramètres importants sont également calculés (lignes de base, extremums d'intensité, extremums d'absorption).

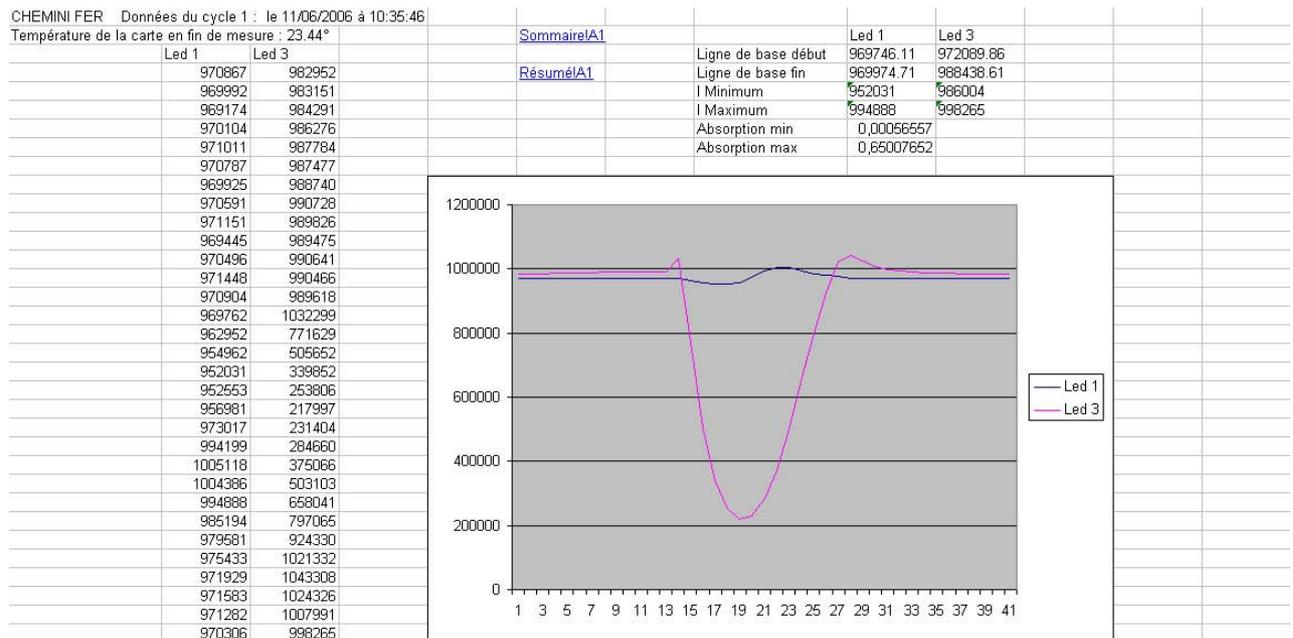


Figure 35 : Page Excel de données d'un cycle

5.2 PEPITO

5.2.1 Lancement de l'IHM et connexion

La communication entre le PC utilisateur et le préleveur PEPITO est assurée par le biais de la liaison série (RS232). Sans oublier de mettre PEPITO sous tension (24V), l'utilisateur peut lancer le logiciel assurant l'interface Homme – Machine. Il apparaît la fenêtre suivante :

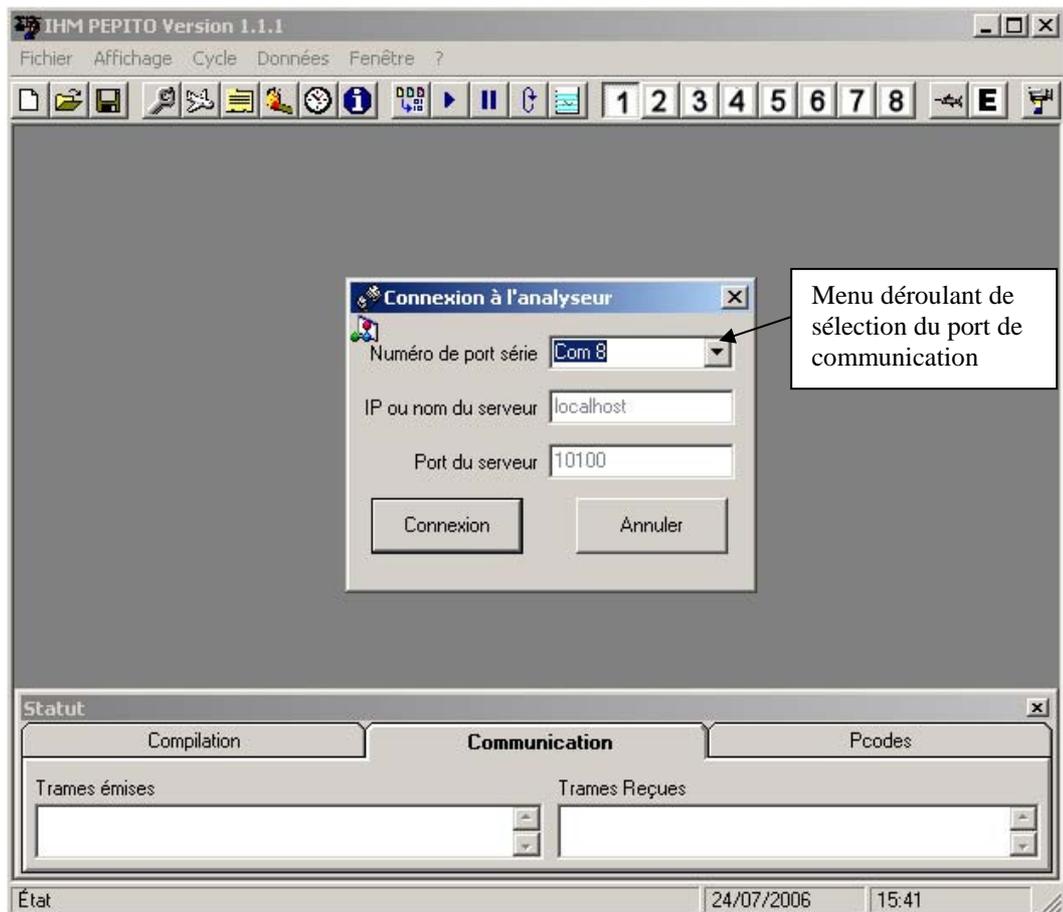


Figure 36 : connexion avec PEPITO

Grâce à la fenêtre de connexion, l'utilisateur va maintenant pouvoir sélectionner le numéro du port série sur lequel PEPITO est relié au PC. Après avoir sélectionné le port de communication, et cliqué sur « Connexion », il apparaît les fenêtres suivantes :

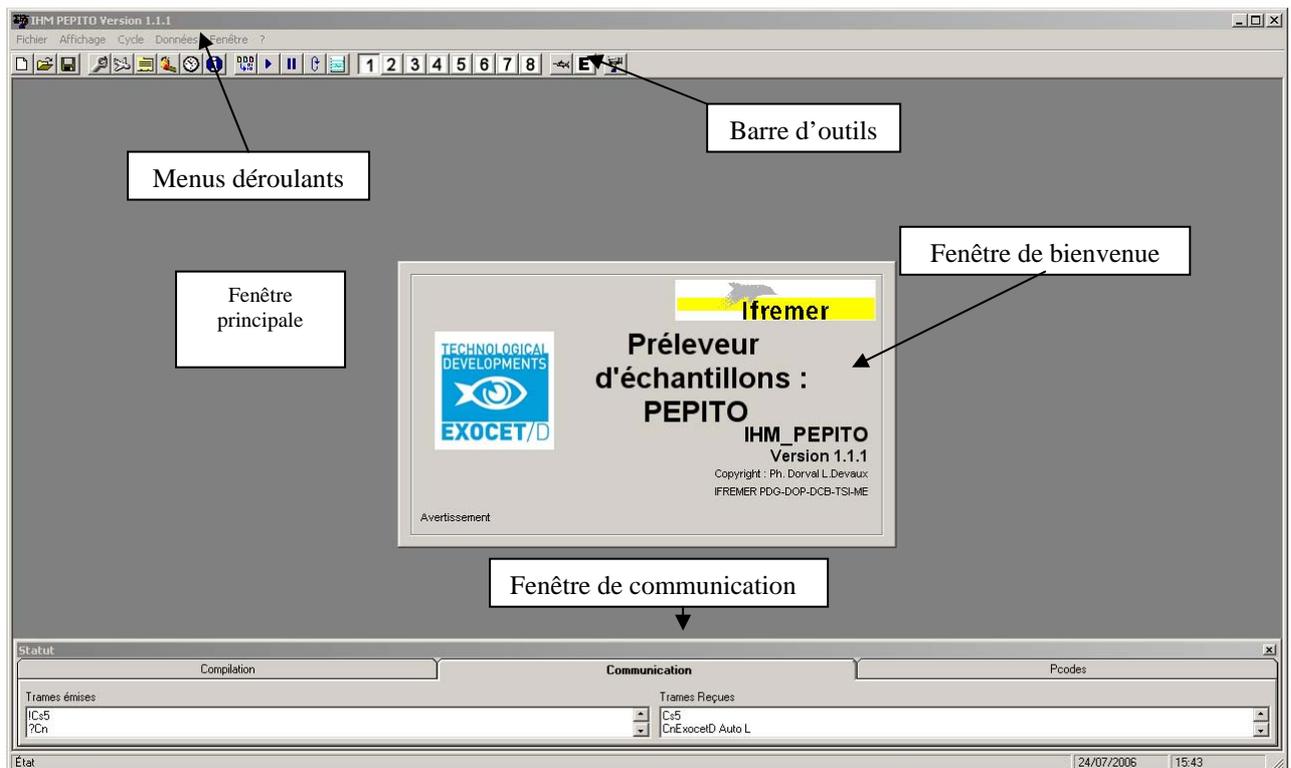


Figure 37 : Fenêtre principale

La barre d'outils présente une fonction supplémentaire par rapport à celle de CHEMINI :



Figure 38 : Barre d'outils de la fenêtre principale

En effet,  assure le lancement du mode « pilotage haut niveau ». Les autres contrôles donnent accès aux mêmes fonctionnalités.

5.2.2 Pilotage bas niveau

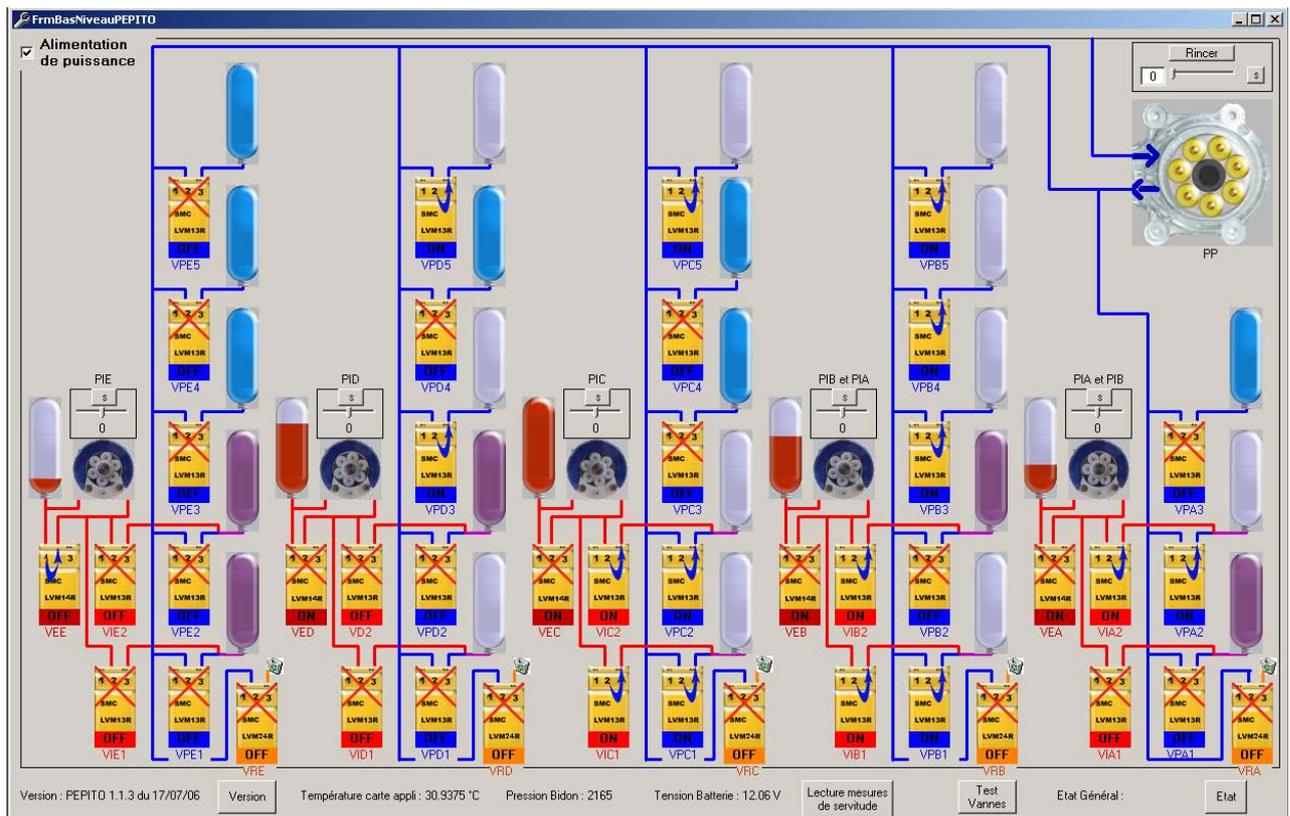


Figure 39 : Fenêtre de pilotage bas niveau

Grâce à cette fenêtre, l'utilisateur a accès à toutes les informations concernant l'état dans lequel se trouve PEPITO. Ainsi, en cliquant sur « Lecture mesures de servitude » il accède à la tension appliquée aux actionneurs (~12V si l'alimentation de puissance est commutée et 0V sinon), à la pression régnant à l'intérieur du module électronique et à la température de la carte applicative (carte réalisant le pilotage des pompes, vannes, etc.).

En cliquant sur le bouton « Version », l'utilisateur a accès à la version du logiciel embarqué. Cela permet de vérifier que PEPITO est bien à jour.

L'utilisateur peut (comme depuis le pilotage haut niveau ou les cycles de fonctionnement) régler la vitesse du moteur dans une plage allant de 0 à 500 pas/seconde. La commande utilisateur est traduite automatiquement dans la plage 20 – 520 pas/seconde afin d'éviter la zone de non linéarité du moteur (zone comprise entre 0 et 20).

5.2.3 Pilotage haut niveau

Etant donné le nombre d'actionneurs à piloter en bas niveau, PEPITO est doté d'un mode de contrôle de haut niveau. Ce mode de pilotage permet de réaliser les actions de bases sans se soucier de l'état dans lequel doit se trouver chaque actionneur. On distingue notamment le prélèvement sans ou avec injection de réactif :

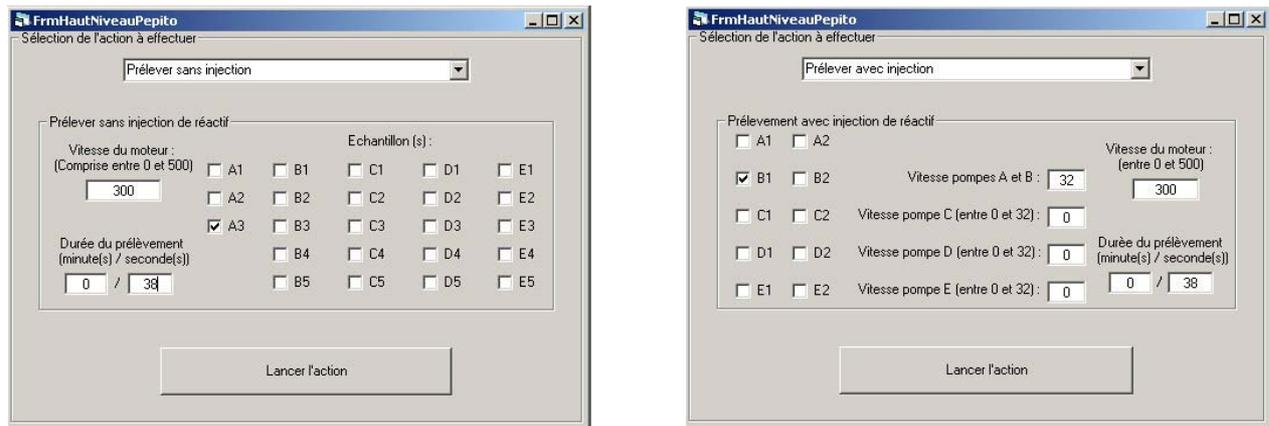


Figure 40 : Fenêtre de prélèvement sans et avec injection de réactif

Le mode de pilotage haut niveau permet également de mettre PEPITO au repos, de le configurer pour une descente/montée en pression, de vider un échantillon, ou encore de rincer le circuit.

Pour un certain nombre d'actions, l'utilisateur a la possibilité d'insérer une durée pour cette action. S'il remplit ce champ, alors l'action s'exécutera automatiquement pendant la durée souhaitée. Pour interrompre une telle action lorsqu'elle est en cours d'exécution, l'utilisateur devra cliquer sur l'icône . Si l'utilisateur souhaite évaluer lui-même la durée d'une action, il suffit de laisser une durée de 0 minute et 0 seconde. Il aura alors la main en permanence et pourra décider, par le biais de la commande repos, quand arrêter l'action.

5.2.4 Création d'un cycle de fonctionnement

Comme pour CHEMINI, PEPITO donne la possibilité de créer des cycles de fonctionnement. Ces cycles sont des suites d'instructions élémentaires permettant de configurer les actionneurs et de réaliser les actions haut niveau de base : mise en veille, réalisation d'un prélèvement avec ou sans injection de réactif... L'assistant permet de créer facilement et intuitivement ces cycles de fonctionnement en en garantissant la syntaxe.

5.2.5 Sauvegarde et récupération des données

Toute exécution de cycle (en mode endurance ou non) donne lieu à une nouvelle sauvegarde en flash. Toute action exécutée en bas ou haut niveau donnant lieu à un prélèvement dans l'une des bouteilles de PEPITO est automatiquement enregistrée en flash.

L'icône  de la barre d'outil de la fenêtre principale permet d'exporter les données de la dernière sauvegarde vers Excel. Cela peut également être fait depuis la fenêtre de gestion des données : .

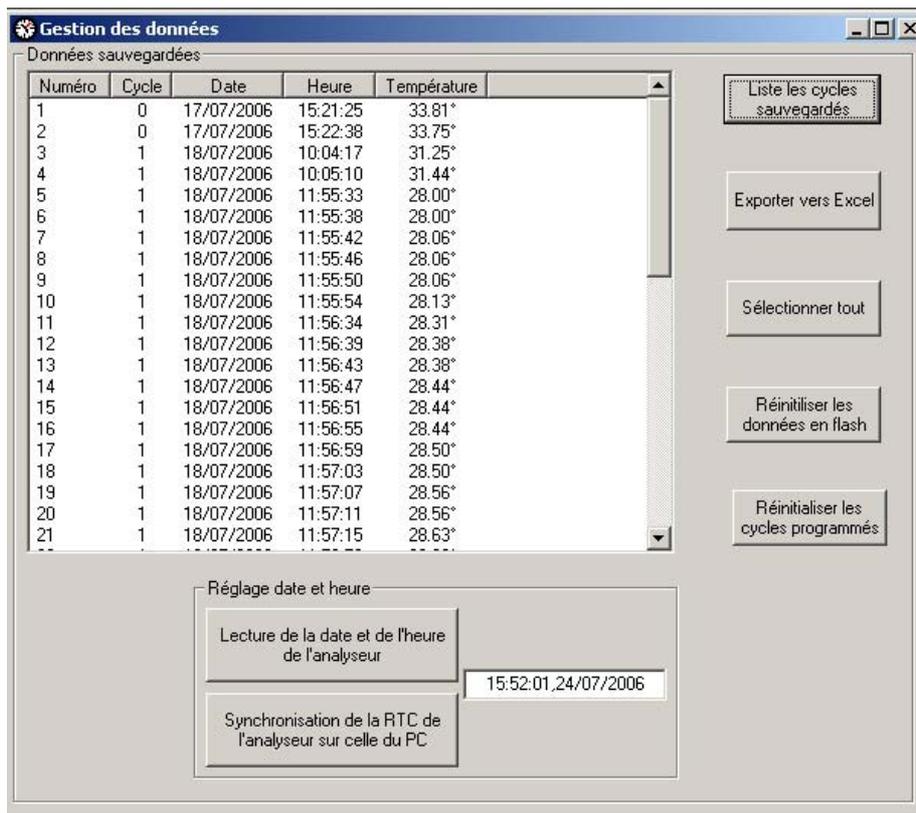


Figure 41 : Fenêtre de gestion des données

Cette fenêtre donne accès aux principaux paramètres de sauvegarde. Ainsi, un clic sur « Liste les cycles sauvegardés » entraîne que PEPITO sort toutes les entêtes des cycles présents dans sa mémoire. Les différents contrôles permettent soit d'exporter un ou plusieurs de ces cycles vers Excel, soit de les effacer de la mémoire ainsi que les cycles programmés.

Cette fenêtre donne également accès à l'heure de PEPITO et permet de le synchroniser avec le PC utilisateur.

Pour chaque cycle, les principaux attributs sont affichés dans la liste, c'est-à-dire non seulement le numéro de ce cycle mais aussi la date et l'heure auxquelles il a été réalisé et la température de l'électronique. Ces informations sont également présentes dans l'export vers Excel. Cet export permet une sauvegarde facile des données. Un fichier Excel est composé d'un sommaire donnant accès aux données de chaque cycle exporté.

La page contenant les données d'un cycle est présentée ci-dessous. On y trouve l'entête du dit cycle ainsi qu'un listing de l'ensemble des actions réalisées avec leur heure d'occurrence.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Données du cycle 1 : cycle PEPITO le 24/07/2006 à 16:02:34						
2						Sommaire	A1
3	jour	heure	action				
4	24/07/2006	16:02:35	Configuration en mode descente/remontée				
5	24/07/2006	16:03:35	Rinçage du circuit hydrolrique				
6	24/07/2006	16:03:35	Vitesse m : 250				
7	24/07/2006	16:04:35	Prélèvement sans injection de réactifs dans : A1 B5 C5 D5 E5				
8	24/07/2006	16:04:35	Vitesse m : 500				
9	24/07/2006	16:05:35	Vidange du(des) réservoir(s) : B1				
10	24/07/2006	16:05:35	Vitesse m : 10				
11	24/07/2006	16:06:35	Configuration en mode repos				
12	24/07/2006	16:10:35	Prélèvement avec injection de réactifs dans : A1 A2 C1 E2				
13	24/07/2006	16:10:35	Vitesse a : 20				
14	24/07/2006	16:10:35	Vitesse c : 12				
15	24/07/2006	16:10:35	Vitesse e : 32				
16	24/07/2006	16:10:35	Vitesse m : 490				
17	24/07/2006	16:12:35	Configuration en mode descente/remontée				

Figure 42 : Page Excel de données d'un cycle

PEPITO enregistre chaque action de prélèvement réalisée en haut comme en bas niveau. En manipulation de test cela peut aboutir à un grand nombre de sauvegarde. Aussi nous vous conseillons d'effacer régulièrement les sauvegardes d'actions.

5.3 AISICS

5.3.1 Lancement de l'IHM et connexion

La communication entre le PC utilisateur et le préleveur autonome AISICS est assurée par le biais de la liaison série (RS232). Si le PC ne comporte pas de sorties séries, nous conseillons d'utiliser un adaptateur USB-série. Lors de l'installation de ce dernier, il est important de bien vérifier que le port de communication créé soit compris dans la fourchette COM 1 – COM 8.

Sans oublier de mettre AISICS sous tension (12V via une alimentation externe ou ses batteries), l'utilisateur peut lancer le logiciel assurant l'interface Homme – Machine. Il apparaît la fenêtre suivante :

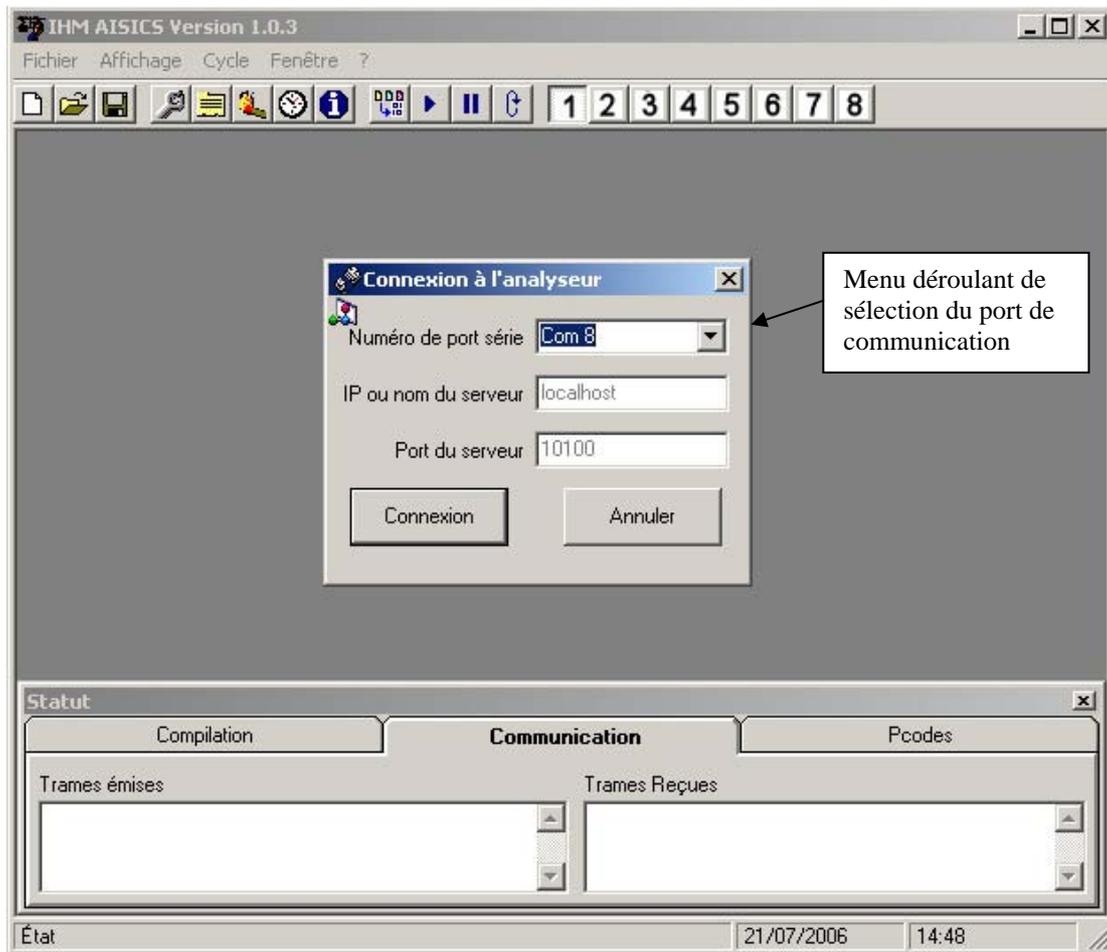


Figure 43 : connexion avec AISICS

Grâce à la fenêtre de connexion, l'utilisateur va maintenant pouvoir sélectionner le numéro du port série sur lequel AISICS est relié au PC. Après avoir sélectionné le port de communication, et cliqué sur « Connexion », il apparaît les fenêtres suivantes :

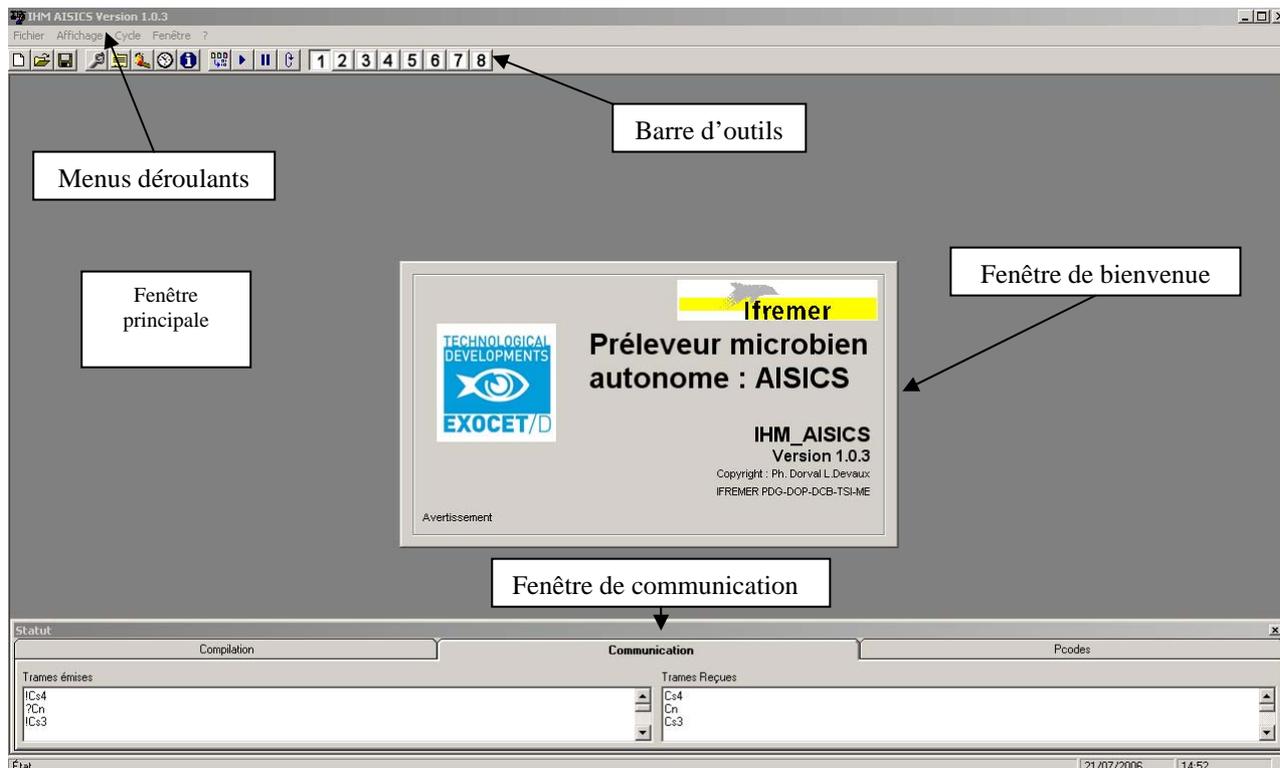


Figure 44 : Fenêtre principale

La barre d'outils a été simplifiée par rapport à celles de CHEMINI et de PEPITO :



Figure 45 : Barre d'outils de la fenêtre principale

5.3.2 Pilotage bas niveau

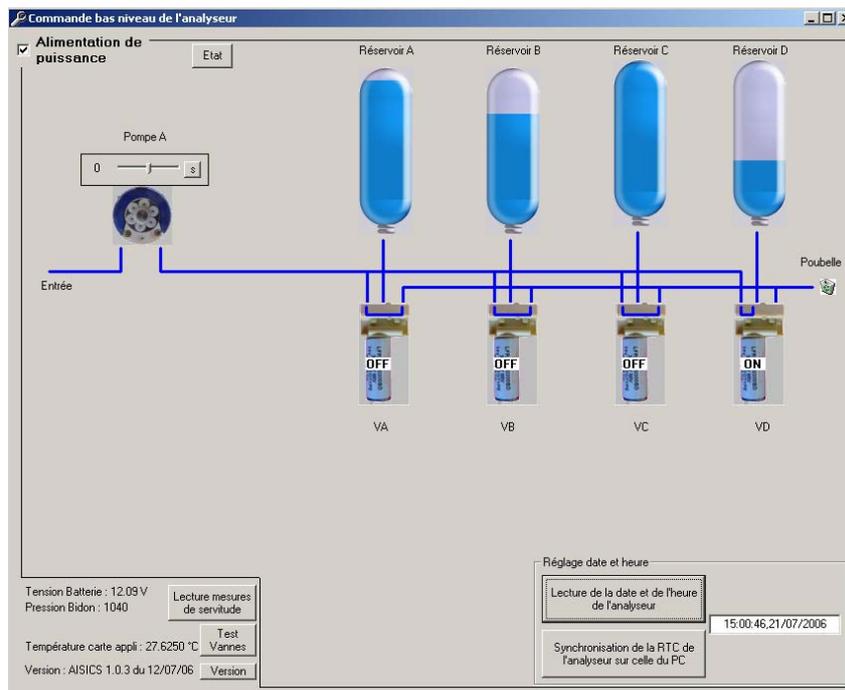


Figure 46 : Fenêtre de pilotage bas niveau

Grâce à cette fenêtre, l'utilisateur a accès à toutes les informations concernant l'état dans lequel se trouve AISICS. Ainsi, en cliquant sur « Lecture mesures de servitude » il accède à la tension appliquée aux actionneurs (~12V si l'alimentation de puissance est commutée et 0V sinon), à la pression régnant à l'intérieur du module électronique et à la température de la carte applicative (carte réalisant le pilotage des pompes et des vannes). En cliquant sur le bouton « Version », l'utilisateur a accès à la version du logiciel embarqué. Cela permet de vérifier qu'AISICS est bien à jour.

Cette fenêtre donne également accès à l'heure d'AISICS et permet de le synchroniser avec le PC utilisateur.

5.3.3 Création d'un cycle de fonctionnement

AISICS est conçu pour fonctionner à partir de cycles préprogrammés. Les cycles sont des suites d'instructions élémentaires permettant de configurer les actionneurs et de réaliser les actions haut niveau de base : mise en veille, commutation d'une vanne... Comme pour CHEMINI et PEPITO, l'assistant permet de créer facilement et intuitivement ces cycles de fonctionnement en garantissant la syntaxe.

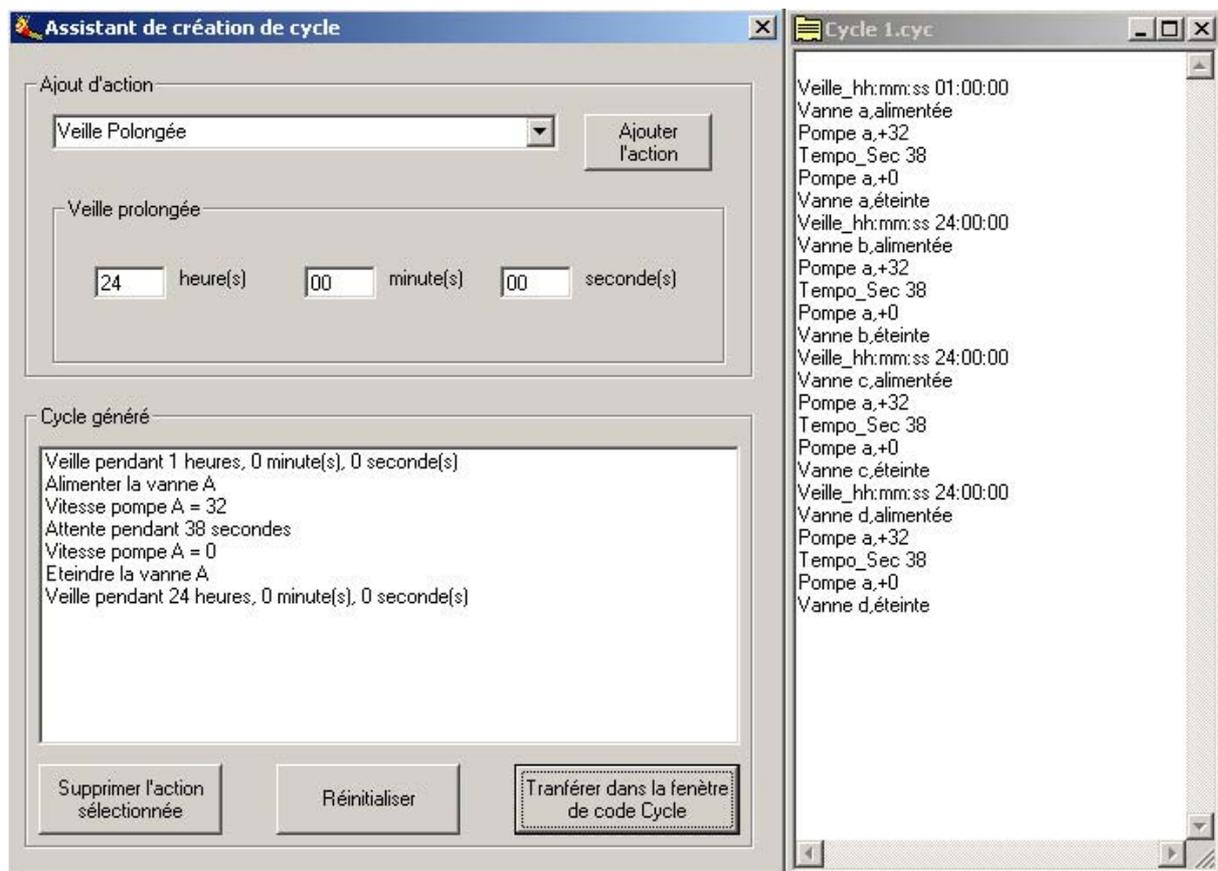


Figure 47 : Fenêtre de création de cycle et fenêtre de code cycle

5.3.4 Flashage et exécution d'un cycle

Le flashage d'un cycle, c'est-à-dire son transfert vers le préleveur, est réalisé de la même manière que pour CHEMINI et PEPITO. En revanche, l'exécution de ce cycle diffère des autres appareils. Une fois le flashage terminé, l'utilisateur lance l'exécution, après avoir vérifié que l'alimentation se fait bien par batterie, en cliquant sur le bouton : 

IMPORTANT : l'exécution ne débute pas immédiatement, après avoir lancé l'exécution l'utilisateur doit commencer par débrancher le câble de communication et le remplacer par le câble du capteur inductif. Ensuite, il faut veiller à ce que le couvercle soit bien fermé pour la descente sur le lieu de prélèvement. L'exécution ne débute réellement qu'à la réouverture du couvercle. La re-fermeture du couvercle avant la remontée à la surface provoque une fin anticipée du cycle en cours si celui-ci ne s'est pas déjà achevé.

5.3.5 Le mode veille profonde

Afin de limiter au maximum la consommation électrique entre deux prélèvements, il est fortement recommandé de réaliser des veilles profondes à chaque fois qu' AISICS est dans ce cas de figure. Cette veille est commandée par une instruction spécifique disponible à la création d'un cycle de fonctionnement.

Afin de minimiser au maximum la consommation, la veille coupe, entre autre, toutes les interruptions exceptée celle de son horloge interne. Cela a pour conséquence qu'aucune communication n'est possible avec AISICS pendant une phase de veille. C'est pourquoi nous vous conseillons de ne pas mettre de veille à la fin du cycle de fonctionnement (c'est-à-dire dans la période entre le dernier prélèvement et le retour de l'appareil de récupération), une veille trop longue obligerait l'utilisateur soit à attendre patiemment la fin normale de cette veille, soit à ouvrir le caisson électronique et à couper l'alimentation. AISICS reprendrait cependant un fonctionnement normal à la mise sous tension suivante.

5.3.6 Sauvegarde et récupération des données

Toute exécution de cycle donne lieu à une nouvelle sauvegarde en flash. L'exportation des données vers Excel est réalisée depuis la fenêtre de gestion des données. Cette fenêtre est accessible via l'icône : 

Le système de sauvegarde permet d'enregistrer toutes les actions réalisées par AISICS. Cela permet, lors de l'analyse en laboratoire, de retrouver quelles étaient les conditions du prélèvement. La page contenant ces données est présentée ci-dessous :

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Microsoft Excel - Classeur1". The menu bar includes "Fichier", "Edition", "Affichage", "Insertion", "Format", "Outils", "Données", and "Fenêtre". The toolbar contains various icons for file operations and data manipulation. The active cell is G22, and the formula bar is empty. The spreadsheet data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Données du cycle 3 : aisis demo le 21/07/2006 à 15:16:21						
2	Température	28.00°				Sommaire!A1	
3	jour	heure	action				
4	21/07/2006	15:16:21	départ en veille profonde				
5	21/07/2006	15:16:23	sortie de veille profonde				
6	21/07/2006	15:16:23	ouverture de la vanne B				
7	21/07/2006	15:16:23	début du pompage à la vitesse : 20				
8	21/07/2006	15:16:28	arrêt du pompage				
9	21/07/2006	15:16:28	fermeture de la vanne B				
10							
11							
12							

Figure 48 : Page Excel de données d'un cycle

Conclusion

Au terme de ce rapport, je vous ai présenté le projet sur le lequel j'ai travaillé dans le cadre du tutorat de l'innovation. Au terme de ce tutorat, les analyseurs chimiques CHEMINI Grands Fonds (Fer et Sulfure) sont développés, testés et validés tant au niveau matériel que logiciel. Le préleveur d'échantillons PEPITO est achevé, testé et validé lui aussi au niveau matériel et logiciel. Enfin, l'électronique et le logiciel d' AISICS sont validés, des solutions pour minimiser la consommation électrique ont été trouvées et mises en pratique. L'assemblage mécanique a été réalisé et l'ensemble sera testé et validé en conditions réelles au cours de la mission MOMARETO qui se déroule en août 2006 au large des Açores (1600m de profondeur). Cette mission est importante car elle est l'aboutissement du projet EXOCET/D. A l'heure actuelle, sauf impondérable, les CHEMINIS, PEPITO et AISICS sont prêts pour aborder sereinement cette mission.

Ce tutorat a été pour moi l'occasion de travailler en équipe avec de nombreux corps de métiers. J'ai apprécié particulièrement la polyvalence des actions que j'ai eu à mener. Ce projet m'a permis également de réaliser trois appareils différents depuis la conception jusqu'à l'utilisation finale. Enfin, travailler avec l'omniprésence du milieu maritime ainsi que ses contraintes a constitué à mes yeux l'un des atouts majeurs de ce projet.