

PRONUTS rapport d'activité 2010

Coord.: F. D'Ortenzio

Introduction

Le projet PRONUTS vise à développer un prototype de flotteur profileur du type PROVOR, équipé d'un capteur de concentration en nitrate. La mesure de la concentration en nitrate est d'importance cruciale pour les études biogéochimiques, car les nitrates représentent la source primaire de nutriment pour les écosystèmes marins. Pour cette raison, en effet, la grande majorité de modèles biogéochimiques marins sont basés sur les nitrates (modèles NPZD).

A l'heure actuelle, un seul groupe de recherche au monde a réussi à développer un flotteur profileur capable de mesurer la concentration en nitrates (Johnson et al. Nature). Ce flotteur est basé sur une plateforme APEX et il est équipé d'un capteur de type ISUS, qui fonctionne sur le principe d'absorption par les nitrates du rayonnement UV.

Dans le cadre du programme GMMC, plusieurs équipes de recherche françaises se sont fédérées pour développer un flotteur profileur nitrates basé sur la plateforme PROVOR : PRONUTS. Cela se justifie par le fait que la plateforme PROVOR a déjà montrée ses capacités dans l'acquisition de données biogéochimiques (flotteur PROVBIO). L'objectif à long terme de PRONUTS est donc d'intégrer un capteur nitrates sur une plateforme PROVBIO, ce qui se fera notamment dans le cadre du projet EQUIPEX NAOS.

Stratégie du projet

Deux capteurs sont actuellement disponibles sur le marché pour la détection de la concentration en nitrates : l'ISUS et le SUNA (les deux sont fabriquées par le même fabricant Satlantic). Ils sont basés sur le même principe (absorption dans l'UV), mais ils présentent des d'importantes différences, notamment en ce qui concerne la taille et le volume du capteur, le logiciel de pilotage et les possibilités de marinisation. A la suite de discussions avec K. Johnson, nous n'avons pas pu définir clairement quel est le capteur le plus adapté à une intégration flotteur. Pour cette raison, deux prototypes ont été développés dans le cadre du projet PRONUTS :

PROTOTYPE – ISUS :

Etant donnée la forme et l'encombrement du capteur ISUS, il fallait ici démonter le capteur et l'intégrer à l'intérieur d'un flotteur PROVOR, ce qui a impliqué une modification importante de l'hardware du vecteur. Ce travail a été effectué par l'équipe de Serge LeReste (IFREMER, Brest, voir appendix).

PROTOYPE – SUNA

Par rapport à l'ISUS, le capteur SUNA est plus compact et de taille mineure, ce qui a permis son intégration à l'extérieur d'un PROVOR sans importantes modifications du vecteur. Il semble, cependant, moins performant sur la précision de la mesure. Ce travaille a été effectué par NKE sous direction du LOV.

Etat du projet

Initialement, les deux capteurs ont été comparés sur paillasse pour vérifier : la consommation énergétique, la précision de la mesure vis-à-vis des standards, l'interface avec le logiciel de navigation du PROVOR, la stratégie d'échantillonnage envisagée. La plupart de ces tests ont été effectués par Damien Mallarde (post doc IFREMER) et les résultats sont en appendix de ce document. Des tests additionnels ont

été aussi effectués au LOV sur un déploiement test (avec échantillonnage en sel nuts bouteille et récupération) effectué sur le site DYFAMED-Boussole (voir apres).

En général, les tests se sont révélés satisfaisants, pour tout ce que concerne la capacité d'intégration des capteurs sur un flotteur (consommation énergétique, interfaçage avec le flotteur, gestion de la chaine des données). Coté précision de la mesure, ils restent cependant encore des incertitudes, liées notamment à la calibration initiale et successive des capteurs. C'est pour cela qu'un déploiement test combiné de deux prototypes a été programmé pour l'année 2011.

Le PRONUTS-SUNA, étant donnée sa conception simplifiée, était disponible relativement tôt (décembre 2010), ce qui a permis d'effectuer toute une série de test en laboratoire et en mer dans la rade de Villefranche pour valider le concept (flotteur accroché à un câble). D'un point de vue scientifique cette méthode s'est révélée peu convaincante car la longueur du câble (30m) ne dépassait jamais la profondeur de la couche de mélange (mesures en Février/Mars), aucun gradient en concentration en nitrate n'était alors visible. Un déploiement a été donc effectué mi février au large de la rade de Villefranche (C. Migon, A. Dufour, F Besson, A. Poteau et H. Lavigne), mais un gros souci au niveau du positionnement gps a nécessité une récupération urgente du flotteur et un changement complet de l'antenne de la part de NKE. Les données science récupérées ont été pourtant permises d'observer un gradient en nitrates, malgré une incertitude de mesure relativement importante. (figure 1).

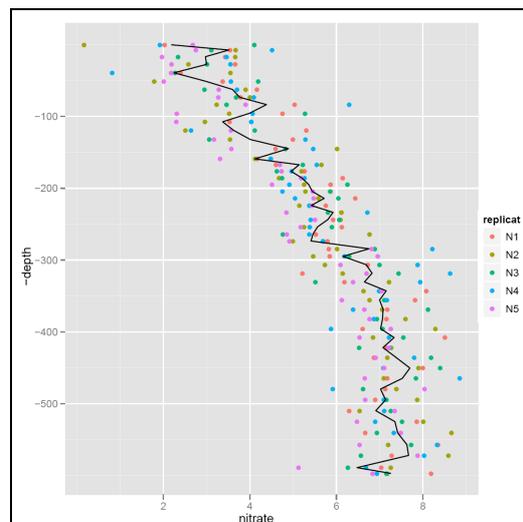


Figure 1 : concentration en nitrates (μM) mesurées par le SUNA déployé sur un flotteur PRONUTS au large de la rade de Villefranche le 25 janvier 2011

Simultanément au déploiement test, des échantillons d'eau de mer ont été prélevés, et congelés pour conservation, sur le site DYFAMED-Boussole (sortie MOOSE Février 2011). Grace à ces échantillons traités à la fois par l'auto-analyseur (A. Dufour) et le SUNA, nous avons pu tester les performances du SUNA (figure 2).

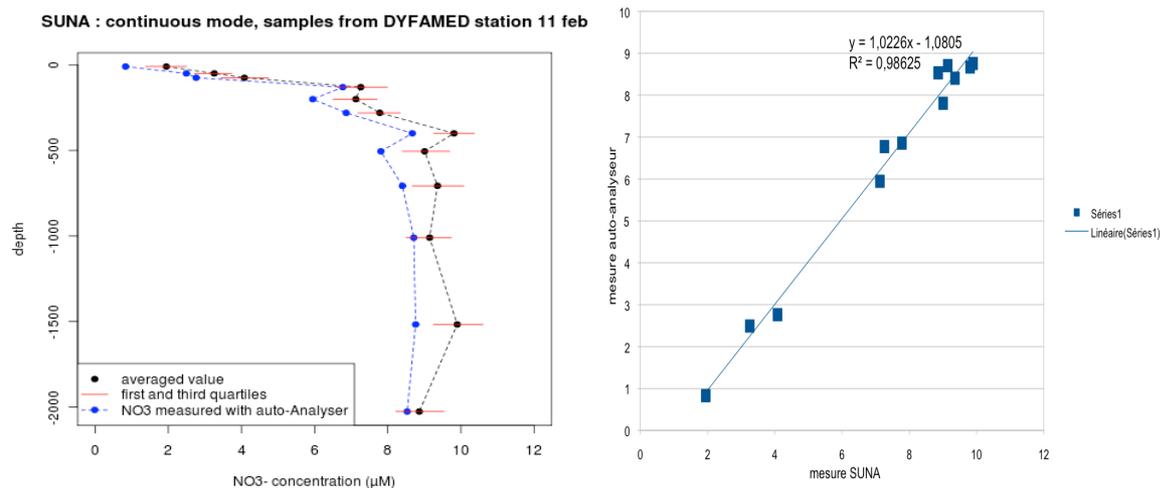


Figure 2. Comparaison des concentrations en nitrate mesurés par SUNA et autanalyseur sur des échantillons prélevés au site DYFAMED-Boussole.

L'intégration du PRONUTS-ISUS a demandé une importante modification de la tête du flotteur, ce qui a été effectué en février. Ensuite des tests en bassins et en mer ont été effectués (voir résultats sur le PRONUTS-ISUS en appendix).

A l'heure actuelle (juin 2011), les deux prototypes sont prêts et un déploiement combiné sur la campagne MOOSE-Grande Echelle (Pis Pierre Testor et Laurent Coppola) est prévu pour fin juin. Les flotteurs ont été programmés sur un cycle « simple » : 10 m. résolution verticale, un cycle par jour, profondeur de dérive 1000m. Le prélèvement d'échantillons bouteilles est prévu depuis bateau pour la qualification des capteurs, leur éventuelle calibration et pour entamer les procédures de QC. Le plan de la campagne prévoit, si les conditions météo sont favorables, de récupérer les deux prototypes après 4-5 cycles pour pouvoir analyser l'état des capteurs.

Perspectives

Le déploiement test de juin permettra de :

1. définir la fiabilité en situation réelle des 2 prototypes
2. tester la chaîne de traitement des données (transmission, décodage, mis à disposition) du paramètre « Concentration en sels nutritifs »
3. vérifier la précision de la donnée avec comparaison avec données bouteille
4. comparer les performances des deux configurations en termes de précision de la donnée et, si récupération possible, de la consommation énergétique.

Il s'agira ensuite de vérifier l'intégration du capteur choisit dans la suite instrumentale « complète » biogéochimique (i.e. PROVBI0). Ce point s'avère particulièrement crucial en vue du démarrage du projet Equipex NAOS, qui prévoit le déploiement d'une vingtaine des flotteurs profileurs équipés de capteurs nitrates en Méditerranée et en Arctique.

Finalement, le jeu des données « test » acquis pendant la campagne de juin permettra de développer un premier processeur pour le QC du paramètre « concentration en nitrates ». Dans ce contexte, une thèse a déjà commencée (H. Lavigne, resp F. D'Ortenzio LOV) et une autre démarrera probablement en septembre (resp. C. Migon-LOV, en collaboration avec ACRI-ST).



Département RDT
Service Mesures *in situ* et Electronique

PROFILEUR « PROVNUTS-ISUS »

BILAN DE LA QUALIFICATION FONCTIONNELLE EN ENVIRONNEMENT

Date :	Rédacteur :	Archivage :	N° analytique :	Thème/prog. :
15/06/2011	S.LE RESTE	RDT-EIM-11-18	A030704a	

Liste de diffusion :

Ifremer : D.Malardé, A.Laës, V.Dutreuil, X.André, L.Delauney, D.Le Roux, P.Y. Le Traon, S.Pouliquen, J.F.Rolin, Y.Aoustin.

Laboratoire d'Océanographie de Villefranche : F. D'Ortenzio, L.Coppola, H.Claustre, A.Poteau.

NKE : P.Brault, J.Sagot.

Diffusion :

confidentielle x restreinte

libre

ETAT DE MISE A JOUR

Ind	Date	Description des modifications	Référence archivage
a	06/2011	Création du document	

1. Objet

Le flotteur ProvNuts constitue une adaptation de la génération ProvBioB-v2 (historique ProvBioA, puis provBioB), développée par NKE pour le Laboratoire d’Océanographie de Villefranche (LOV). Les capteurs du ProvBioB-v2 ont été remplacés par le capteur ISUS (Satlantics) dans le cadre du post-doctorat de Damien Malardé ayant pour objet, en particulier, la faisabilité d’intégration d’un capteur nitrate sur profileur.

Ce documents relate les essais de qualification réalisés avant le déploiement qui est programmé fin juin 2011 sur la campagne « MOOSE-ligne » en Méditerranée. Un bilan complet du fonctionnement de l’instrument, en particulier sur les aspects métrologie et expérience à la mer fera l’objet d’un document ultérieur.

2. Documents de référence

- Etude de faisabilité d’intégration d’un capteur nitrate (ISUS) dans un profileur- F910204a-D.Malardé, V.Dutreuil
- Profileur ProvNuts, spécifications générales 60-16-018-SPG v1, NKE
- cahier de résultats d'essais de recette usine 60-16-031mes, NKE
- Norme « qualification des équipements océanographiques » NFX 10-812
- Fiche_Essai_Mission_Caisson, C701944b.

3. Développement

Cette intégration a été décidée, en concertation avec le LOV et Coriolis, après les résultats comparatifs des capteurs SUNA / ISUS menés en laboratoire à l’Ifremer, montrant un dysfonctionnement du SUNA. Les incertitudes sur l’aboutissement de la réparation du capteur



SUNA chez le fabricant Satlantic (délais + modification du design) ont conduit à évaluer la solution alternative de l'ISUS.

Le profileur d'accueil est constitué d'un Provor CTS3 de base, attribué dans le cadre GMMC, à L.Coppola du LOV.

Le Capteur ISUS fourni par l'Ifremer a été démantelé et testé avant d'être intégré dans le corps du flotteur. Cette opération présente les avantages de disposer d'un capteur optique positionné sur la tape supérieure (dans le flux du profil remontant) et de pouvoir bénéficier éventuellement de la protection anti-fouling de la CTD (évolution future).

Le design mécanique pour accueillir les sous-ensembles a été mené par l'Ifremer qui a fourni le dossier technique (plans) à NKE dans le cadre d'un contrat financé par l'Ifremer. Pour des contraintes d'intégration, la sonde optique montée sur l'ISUS a été remplacée par une sonde dont les fibres sont rallongées (C-technologies inc).

Le logiciel de gestion, adapté par NKE, a subi des modifications mineures par rapport à celui du ProvBioB-v2. En particulier, les champs de données (au nombre de 7), attribué initialement aux capteurs fluorimètre, radiomètre, est rempli par 7 (paramétrable de 1 à 7) acquisitions successives de l'ISUS au rythme de 1s. Chaque champs est moyenné à l'intérieur d'une tranche optique (épaisseur paramétrée en dbar).

le flotteur complet a été livré à l' Ifremer le 25 mai 2011. Le lest de 1kg du CTS3 a été supprimé.

Des tests fonctionnels en environnement ont été menés sur l'instrument.

- a) La tenue à l'environnement (pression) des nouveaux éléments extérieurs (sonde Isus et son montage interface avec la tape
- b) La tenue à l'environnement de l'ensemble, procédure appliquée lors d'une évolution de définition par rapport au CTS3 comprenant
 - Le rajout d'un connecteur Subconn sur la tape inférieure pour la liaison série utilisateur (la carte électronique interne étant de l'ancienne génération, elle n'est pas équipée du lien sans fil bluetooth). Une pièce en peek réalise l'interface entre la tape (trou lisse de type montage optode Aanderaa / taraudage recevant le connecteur)
 - le montage de la sonde ISUS sur la tape supérieure à la place de l'antenne,
 - le montage de l'antenne à l'emplacement du connecteur (9/16UNF au lieu de M16*150).
- c) la validation fonctionnelle sous certaines conditions d'environnement, en particulier :
 - L'exécution de missions en caisson hyperbar et au bassin de l'Ifremer,
 - Un essai technologique final à la mer (rade de Brest).

Identification ProvNuts

N/S : prototype issu du CTS3 Coriolis OIN-S3-08-16, année 2008

IMEI modem : 300025010214380

4. Essais caisson

Tenue de la sonde ISUS en pression



Montage de la sonde équipant l'ISUS sur un caisson d'essais. Qualification du montage sur 10 cycles à 100 bars.

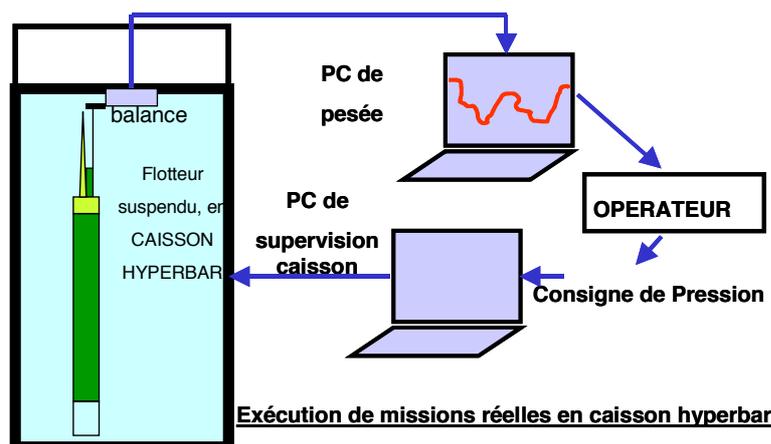
Résultat conforme : rapport RDT/MS/11/058, 30/3/2011.

Mission

La méthode utilisée est celle habituelle (voir schéma ci-dessous), consistant à peser le flotteur en pression et agir sur le caisson hyperbar en conséquence afin de faire exécuter au flotteur une mission complète.

Configuration :

- L'antenne du ProvNuts n'a pas été montée pour des contraintes de dimensions du caisson,
- le logiciel embarqué (ref YLA5820A01) est une version adaptée inhibant les sessions Iridium et la mise à l'heure par GPS,
- 2 charges 50 ohms connectées sur modem,
- le critère de stabilisation passe de 3 dbar/5mn à 10 dbar/5mn,
- un bloc de mousse de flottabilité (utilisé par le passé sur ProvCarbon et ProvbioA) est rajouté au profileur afin qu'il ne soit pas coulant (eau douce dans le caisson).



→ fiche de test 19-05-2011

Mission programmée : 1 cycle monopprofil, dérive à 500 m, profil à 1000 m.

La mission se déroule correctement, toutes les actions hydrauliques ont lieu aux moments escomptés, en fonction des consignes de pression ajustées manuellement par l'opérateur. La remontée d'urgence (programmée à 1050 dbars) a été testée avec succès (106 bars). Une sortie de plage par le haut et par le bas en descente a également été testée avec succès. Le cadencement des acquisitions des données est vérifié en mode espion, il est bon à la fois pour la CTD et pour l'Isus. Les mesures réalisées en caisson ne sont pas exploitées.

On note une prise de poids progressive en début de descente, puis disparaissant au bout de 2h, due à la mousse qui absorbe superficiellement de l'eau, phénomène déjà remarqué sur ProvCarbon.

→ Conclusion : conforme.

Remarque : l'antenne n'a pas été testée en pression, elle diffère de l'antenne standard par l'adaptation mécanique du pied de mâtereau au pas de la tape.

5. Essai Bassin

a) Flottaison

Un essai de flottaison, ballast plein, lest de 440gr simulant la masse de l'antenne absente a montré un niveau acceptable : flottaison au niveau du plat de la tape SBE. On note un niveau inférieur à celui habituel des CTS3 qui se situe presque à l'arrondi situé ~3cms en dessous.

b) montage et test transmission

25/5/11

- montage préalable de l'antenne Iridium-GPS par NKE dans les locaux de l'Ifremer,
- Chargement du logiciel opérationnel ref YLA5820A00. A noter que ce logiciel gère une évolution concernant l'émergence avant transmission : si l'accrochage GPS est en échec, un supplément d'émergence (par pas de 1mn de pompe) est réalisé jusqu'à atteindre le niveau réservoir vide.

Rem : L'Ifremer n'est pas destinataire des emails (oubli du LOV) , ceux ci nous sont re-transférés par le LOV

→ *Test de transmission à l'extérieur (commande !SE) : conforme*

c) test bassin



→ *fiche de test 26-05-2011*

Mission : 4 cycles monopofil à 18m.

Mesures de comparaison effectuées par un Isus indépendant suspendu à un « bout ».

Le niveau de flottaison en fin d'essai se situe au raz du capteur de pression. OK.

Les données de profil sont cohérentes, le taux de nitrate mesuré (14 à 16 uMol/l) est confirmé par l'Isus de référence.

→ *Conclusion : conforme.*

6. Essai en mer

Un essai final en rade de Brest (est Roscanvel) a eu lieu le 30 mai, à partir d'un Zodiac, par des fonds de 20m environ. Le profileur est relié à un flotteur de surface (1/2 litre), par ~25m de fil extra fin « Kevlar ». Le ballast est partiellement vidé avant mission afin de diminuer la durée de plongée. 2 missions « mono-cycle » sont exécutées.



L'analyse des données hydrauliques révèle une interaction avec le flotteur de surface (traction), mais ne nuit pas au bon déroulement du cycle, se rapprochant d'un flotteur libre. Les points GPS sont bien acquis et les données T (~14.6°C), S (34.9 PSU) et Nitrate (4 à 5 umol/l) sont cohérents.

Remarque : la distribution des messages Iridium (transfert LOV → Ifremer) révèle des n° de messages identiques attribués à des messages au contenus différents (exemple n°34 et n°35).

7. Bilan

Les tests de qualification se sont bien déroulés. On peut noter que la configuration tri-profil n'a pas été mise en œuvre. Les télécommandes n'ont pas été utilisées, ces dernières ayant été testées par NKE lors des évolutions logicielles liées au nouveau modem A3LA-XG.

8. Expédition

Avant expédition (8/6/2011), un contrôle général a révélé un défaut de serrage du connecteur Subconn situé sur la tape inférieure. Cet incident, s'il n'avait pas été détecté, aurait pu conduire à une prise d'eau en mer et une perte de flotteur.

Le profileur a été expédié à Toulon, mission armée, pour un déploiement à partir du 23 juin (Téthys) lors de la mission « Moose ligne »

Etude de faisabilité d'intégration d'un capteur de nitrate (ISUS) dans un profileur



Etude de faisabilité d'intégration du capteur de nitrate (ISUS) dans un profileur

sommaire

1. Contexte	7
2. Objectifs	8
3. Méthodologie	9
3.1. Etude de faisabilité d'intégration de l'ISUS	9
3.1.1. Implantation de la tige supérieure du profileur	9
3.1.2. Implantation des équipements électroniques et optiques	10
3.1.3. Visualisation en coupe	12
3.1.4. Vue générale de l'ISUS intégré à l'intérieur du PROVOR CTS3	13
3.2. Avantages de l'intégration ISUS par rapport au SUNA	14
3.3. Perspectives de l'étude d'intégration mécanique	15
<hr/>	
4. Caractérisation électronique de l'ISUS	15
4.1. Alimentation	16
4.2. Contrôle-commande	18
4.3. Mode Hyperterminal	18
4.4. Stratégie d'acquisition et de consommation	18
4.5. Autres modes de configuration du capteur en mode Hyperterminal	20
4.5.1. Mode programmé	20
4.5.2. Mode déclenché ("Trigger")	22
4.6. Extrapolation du nombre de cycle	23
4.7. Protocole préconisé	24
<hr/>	
5. Conclusion	25



1. Contexte

Les tests métrologiques du capteur de nitrate SUNA (« Submersible UltraViolet Nitrate Analyzer ») réalisés au sein du laboratoire du département RDT-EIM en Février 2010, ont montré des problèmes liés à la précision de mesure. En effet, cette incertitude se caractérise par une amplitude de bruit des signaux plus importante que celle obtenue par l'ISUS. Ceci nous a contraint à renvoyer le SUNA à son fournisseur Satlantic. Afin de poursuivre les travaux sur les thématiques d'intégration de capteur nitrate sur vecteurs, nous avons décidé de lancer une étude de faisabilité d'intégration du capteur de nitrate ISUS pour « In Situ Ultraviolet Spectrophotometer » sur un profileur PROVOR CTS3 (voir Figure n°1).

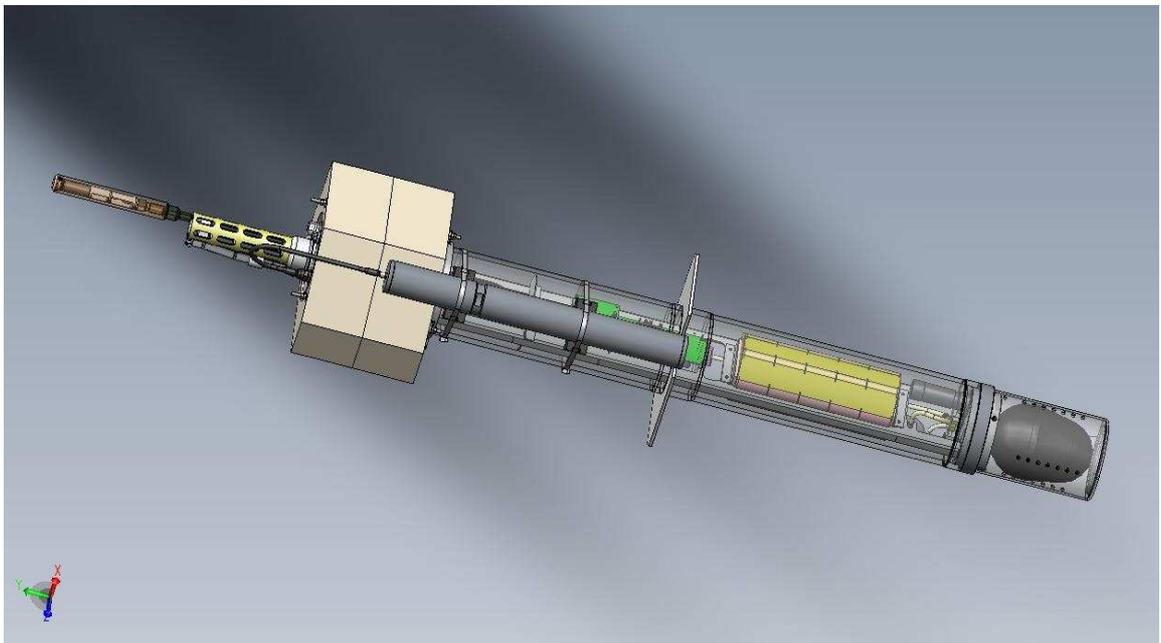


Figure 1: Modèle de PROVOR CTS3 avec intégration du SUNA

Les aspects d'intégration électrique et mécanique ont ainsi été étudiés. Notre réflexion s'est appuyée sur des publications et travaux récents voir en cours tels que ceux effectués par l'équipe américaine dirigée par K. Johnson qui a démontré la faisabilité, en équipant avec des ISUS, quatre flotteurs profileurs du type APEX (www.mbari.org/chemsensor/APEXISUS.htm)¹ et en utilisant un algorithme amélioré développée par C. Sakamoto² sur le calcul de la concentration des nitrates.

¹ Johnson, K. S., Riser, S. C. & Karl, D. M. Nitrate supply from to near-surface waters of the North Pacific subtropical gyre, *Nature Letters*, Vol.465, (2010).

² Sakamoto, C. M., Johnson, K. S. & Coletti, L. J An improved algorithm for the computation of nitrate concentrations in seawater using an in situ ultraviolet spectrophotometer. *Limnol. Oceanogr. Methods* 7, 132-143 (2009).



Figure 2: Placement de la tête de l'ISUS sur la tige supérieure d'un flotteur-profileur APEX

L'article rédigé par Stephen Riser « Autonomous Measurements of Oceanic Dissolved Nitrate from Commercially Available Profiling Floats Equipped with ISUS »³ discute de l'implantation de la tête de l'ISUS à proximité des capteurs de conductivité et de température (Figure n°2). Cela permet d'obtenir des profils de mesure des différents paramètres (Conductivité, Température T°C, Nitrate NO₃) dans la même couche d'eau de mer.

2. Objectifs

L'objectif principal est de démontrer la faisabilité d'implanter le capteur de nitrate ISUS à l'intérieur du profileur PROVOR CTS3 sans en modifier son architecture mécanique (en respectant par exemple l'anodisation de la tige supérieure). A partir des recherches bibliographiques effectuées, l'intégration de l'ISUS sur un profileur semble mieux adaptée que celle du SUNA, car il est plus facile de maîtriser l'écoulement au niveau de la source de détection de l'ISUS que celle du SUNA. En effet, l'architecture du SUNA étant moins flexible, elle nécessite une maîtrise de l'écoulement plus sophistiquée par rapport aux problèmes notamment de biofouling que génèrent l'environnement extérieur sur la mesure de nitrate. De plus, la connaissance de la tenue du SUNA en milieu marin est loin d'être acquise. Très peu de publications sont sorties sur le sujet.

Afin d'améliorer la précision dans les couches d'eau de mer à forts gradients, les différents capteurs (CTD Seabird, Oxygène) doivent être suffisamment proches et permettre d'effectuer des corrélations entre les mesures effectuées. Par exemple le calcul de la salinité ou encore les futurs algorithmes de calcul du capteur ISUS prennent à la fois en compte les mesures de température et de conductivité. Si les capteurs sont trop

³ Autonomous Measurements of Oceanic Dissolved Nitrate from Commercially Available Profiling Floats Equipped with ISUS, Riser, S. C., Johnson, K. S., Lewis, M. R., Webb, D.

éloignés, on peut se trouver dans des couches de fluides de caractéristiques physico-chimiques différentes. Pour cela, le placement de la sonde optique de l'ISUS sur la tape supérieure du PROVOR CTS3 avec les autres capteurs existants est envisagée. Il sera ainsi plus facile de faire passer le fluide pompé dans le CTD devant la sonde optique de l'ISUS. On protège ainsi le capteur par le même biocide utilisé pour empêcher le fouling biologique sur la cellule de la CTD.

3. Méthodologie

Dans un premier temps, une modélisation 3D du capteur nitrate ISUS sous Inventor2008 a été réalisée conjointement avec la société EIMA (Etude et Ingénierie en Mécanismes Automatisés) et le bureau d'étude d'IFREMER pour estimer les volumes utiles à son intégration dans le profileur PROVOR CTS3. En parallèle, nous avons réalisé la caractérisation électronique de l'ISUS en terme de bilan d'énergie et d'interfaçage électronique pour assurer et vérifier que le pilotage de l'ISUS par le PROVOR CTS3 soit possible. Pour cela, des tests de programmation de l'ISUS par hyperterminal ont ainsi été effectués sous différents modes: continu commuté, programmé et déclenché.

3.1. Etude de faisabilité d'intégration de l'ISUS

Suite à l'étude lancée par la société EIMA pour évaluer l'intégration du capteur nitrate ISUS au sein du profileur PROVOR CTS3, différentes solutions ont été envisagées.

3.1.1. Implantation de la tape supérieure du profileur

Une première proposition de placer la sonde optique entre le capteur de pression et l'antenne Iridium (Figure n°3) nécessite de nouveaux perçages sur la tape supérieure du profileur qui auraient comme conséquence une réanodisation se révélant être très coûteuse. En effet l'anodisation est un traitement de surface qui permet de protéger la pièce face à la corrosion, or si l'on effectue des modifications sur un élément préalablement traité, les surfaces nouvellement usinées se retrouvent vulnérables.

La solution retenue nécessite le remplacement du connecteur Subconn par une pièce d'interface étanche qui maintient la sonde optique sur la tape supérieure du profileur. La pièce d'interface étanche est dimensionnée avec des joints toriques afin de protéger l'anodisation de la tape supérieure après agrandissement du trou.

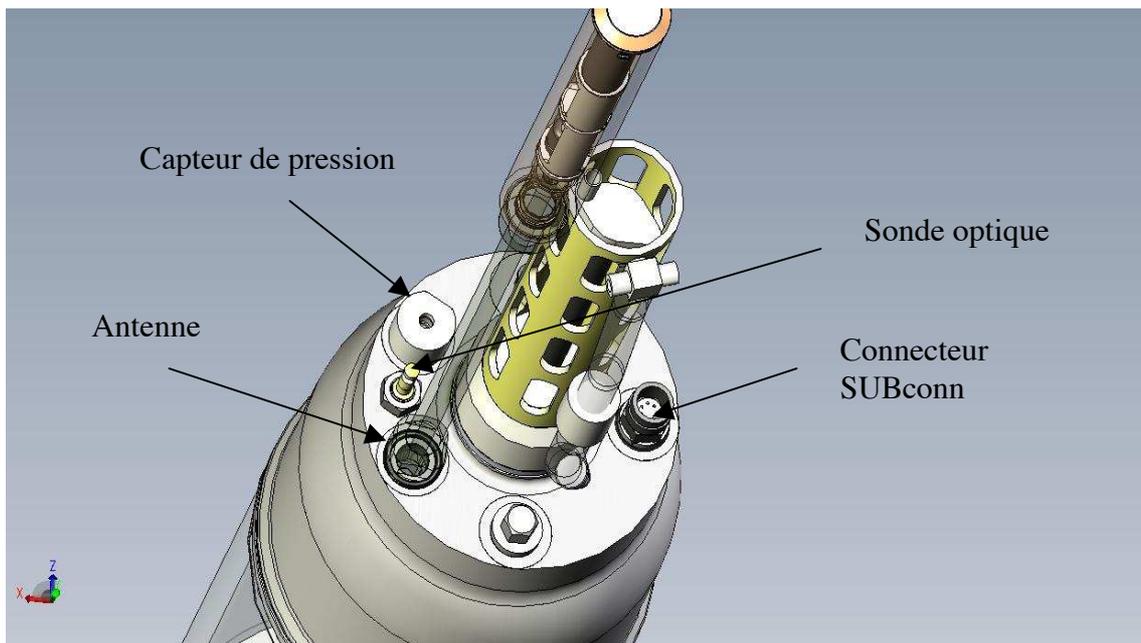


Figure 3: Placement de la sonde optique de l'ISUS sur la tate du PROVOR CTS3

3.1.2. Implantation des équipements électroniques et optiques

Les différents équipements électroniques (carte d'application, carte de monitoring et carte d'alimentation, carte spectromètre) et optiques (source UV et Spectromètre MMS) sont placés au niveau du châssis du profileur à l'aide de pièces en aluminium plié et usinées.

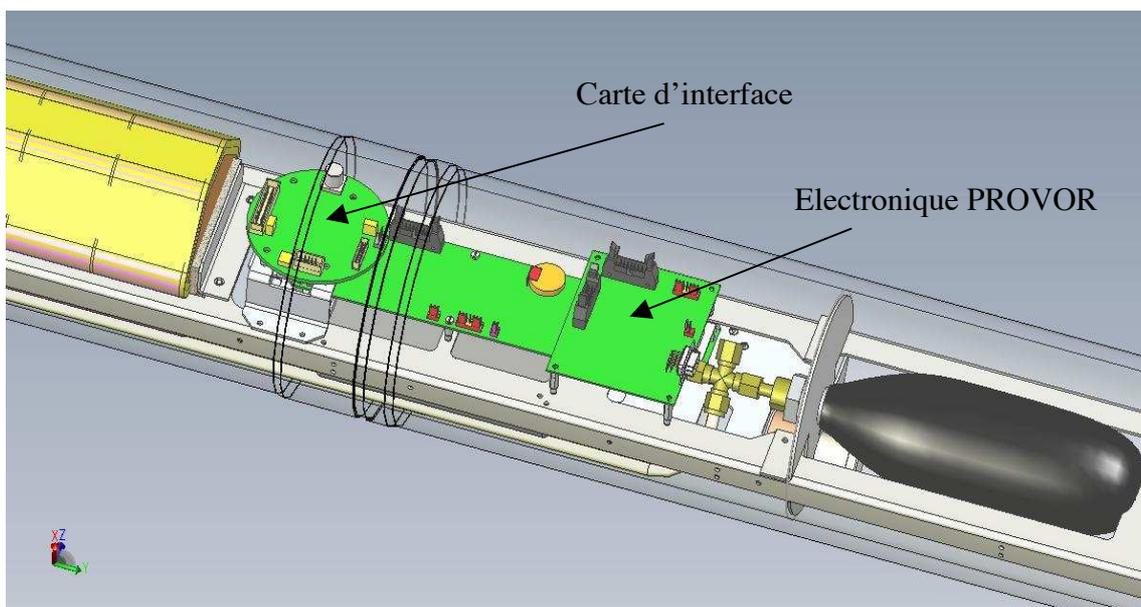


Figure 4: Carte interface placé près de l'électronique du PROVOR

La carte d'interface est la seule à être placée sur la face du châssis avec l'électronique du profileur (Figure n°4). La source UV est placée au dessus du modem GPS/Iridium à l'aide d'un support aluminium. Le spectromètre est fixé à une plaque d'interface entre la vessie remplie d'huile et l'électronique du système (Figure n°5).

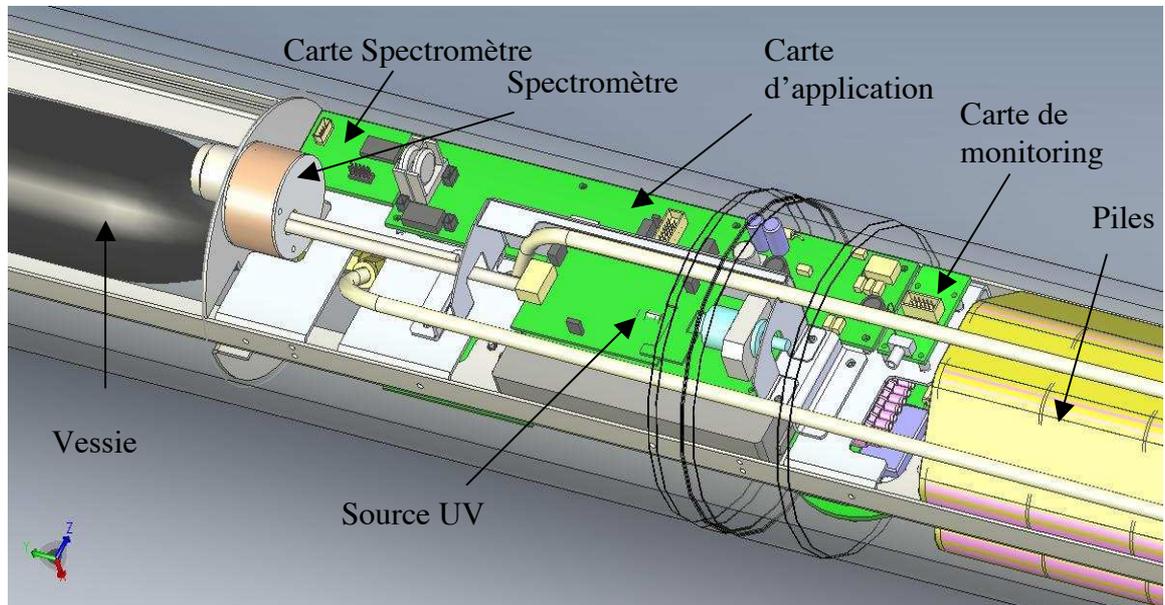


Figure 5: Placement de la source UV, du spectromètre, de la carte spectromètre et de la carte de monitoring sur la châssis du profileur

Cet aménagement des éléments électroniques et optiques nous impose de rallonger les longueurs des fibres optiques spectro (de la sonde au raccord de la fibre du spectro) et source UV (de la sonde à la source UV) de la sonde optique initialement utilisée dans le capteur de nitrate ISUS.

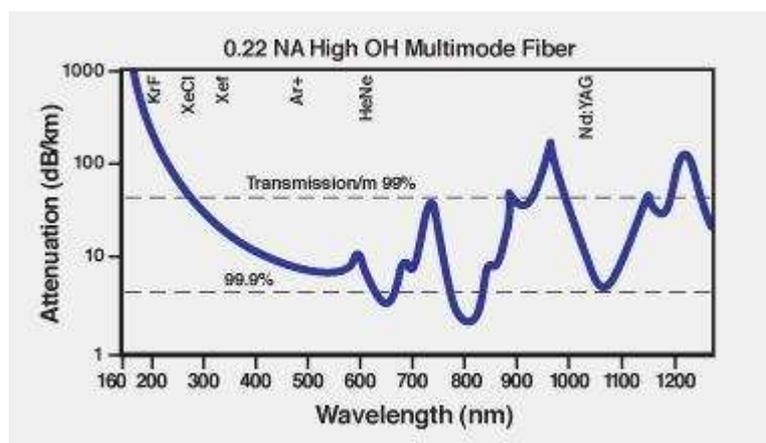


Figure 6: Atténuation en db/km dans les fibres multimodes en fonction de la longueur d'onde

En effet, l'atténuation autour de 200 nm étant de l'ordre de 100dB/km, il est possible de rallonger les fibres optiques initiales de plusieurs centimètres sans générer de pertes optiques par atténuation. Nous avons respecté le nombre de raccord SMA/SMA pour minimiser les pertes par couplage et le rayon de courbure minimum des fibres optiques.

L'intégration a été réfléchi afin d'éviter les problèmes de dimensionnement et/ou positionnement qui pourraient intervenir lors de l'assemblage des différents éléments et d'assurer la possibilité de détacher facilement la tôle supérieure du tube central pour d'éventuels étalonnages.

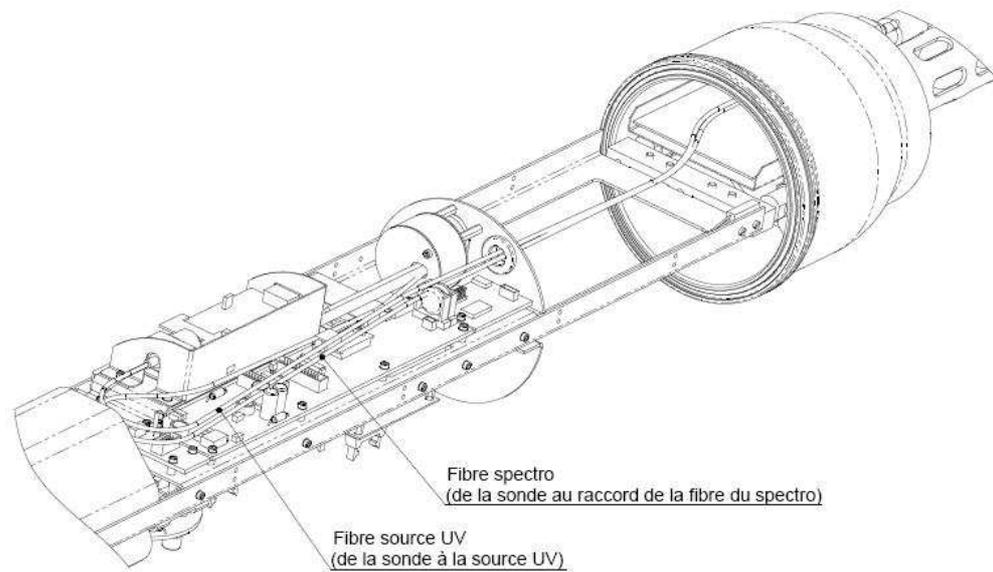


Figure 7: Dimensionnement des fibres optiques dans le corps du PROVOR CTS3

3.1.3. Visualisation en coupe

Voici une vue en coupe des différents éléments électroniques et optiques.

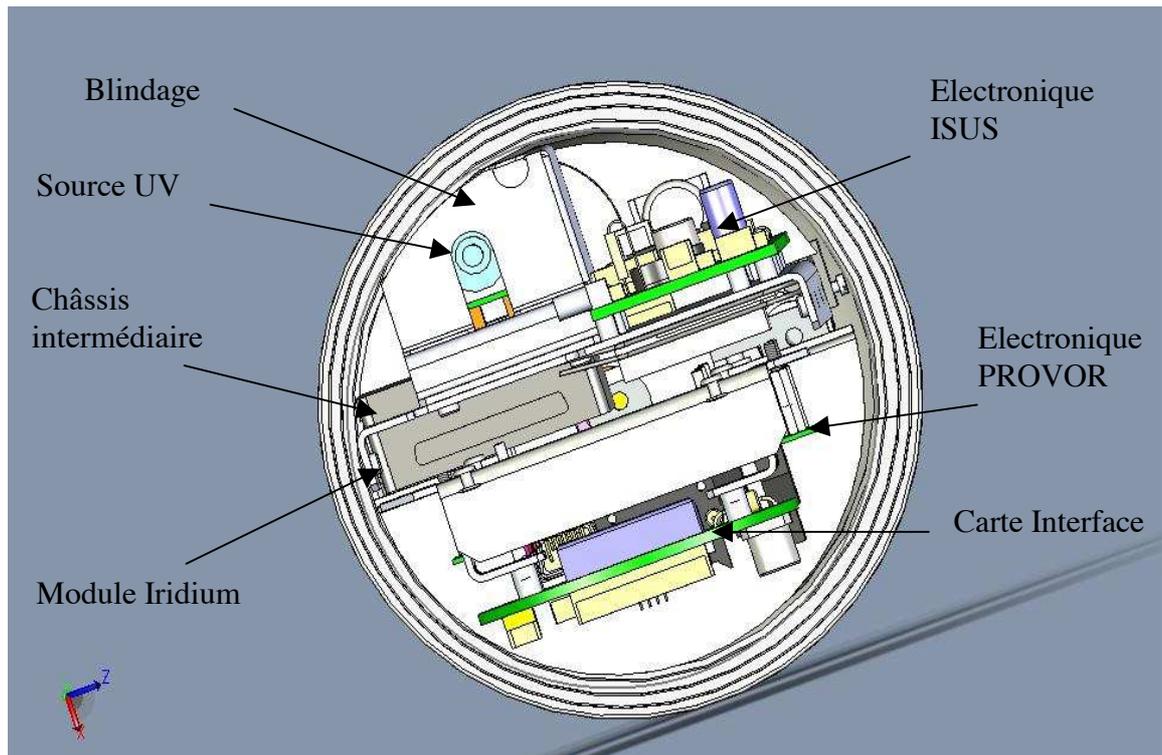


Figure 8: Visualisation en coupe de l'intégration électronique de l'ISUS

3.1.4. Vue générale de l'ISUS intégré à l'intérieur du PROVOR CTS3



Figure 9: ISUS intégré dans le PROVOR CTS3

3.2. Avantages de l'intégration ISUS par rapport au SUNA

La sonde optique de l'ISUS possède une architecture plus commode et mieux intégrée que celle du SUNA dans le cadre d'une intégration dans la tige supérieure du PROVOR CTS3.



Figure 10: Principe de la sonde optique de l'ISUS

D'après les deux configurations de chemin optique ISUS et SUNA des figures 10 et 11, on constate que le SUNA nécessite une qualification rigoureuse du placement des optiques de collimation par rapport à celle de l'ISUS qui est entièrement prémoulée dans un matériau.

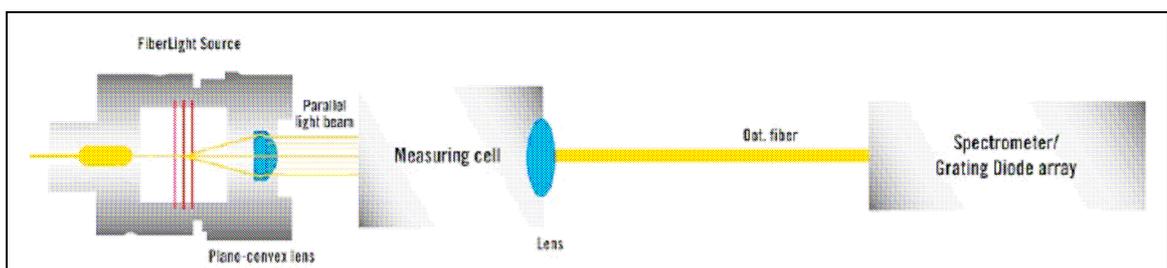


Figure 11: Principe du trajet optique du SUNA

Dans la première version de SUNA envoyé par la société Satlantic, des erreurs sur le bruit de mesure était une conséquence des niveaux bas de lumière détectée et provoqué par l'objectif de collimation de la lampe UV.

3.3. Perspectives de l'étude d'intégration mécanique

Suite aux travaux d'intégration mécanique, il est possible de retoucher la partie filetage de l'antenne GPS/Iridium (accord NKE) et la positionner sur l'emplacement du connecteur Subconn. La pièce d'interface de l'ISUS viendrait directement au niveau du trou de l'antenne GPS/Iridium. Cela permettrait de ne pas modifier la tôle supérieure avec d'éventuels perçages et ainsi de garder l'anodisation intacte.

Concernant les bases logicielles du Provbio B, elles sont exploitables et ne sont disponibles que sur la carte I535 et non sur la carte I458. L'électronique de l'ISUS serait alors en lien interne vers la carte I535. Actuellement, la carte I535 est en cours de validation (soft non qualifié).

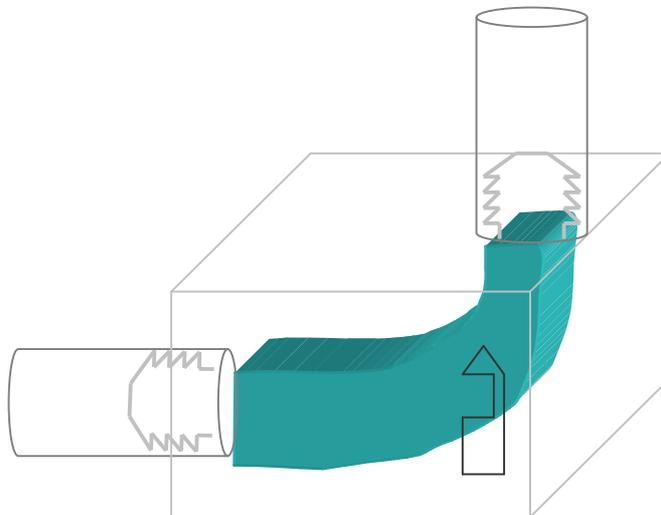


Figure 12: Modification de la circulation du fluide à la sortie de la CTD devant la sonde optique de l'ISUS

Une autre proposition est de placer l'ISUS entre l'antenne GPS/Iridium et le capteur de pression. Ainsi on garde le connecteur Subconn pour éventuellement utiliser le SUNA.

La proposition de modifier la circulation du fluide sur la tôle supérieure sera effective si cette solution d'intégration est adoptée. Pour les problèmes de fouling, la solution qui semble être la mieux adaptée est de rajouter une pièce avec 3 entrées : la première est utilisée pour l'entrée du fluide, la seconde pour la sortie et la troisième pour l'implantation de tête de l'ISUS (voir idée la figure 12).

4. Caractérisation électronique de l'ISUS

Cette phase d'étude a permis d'évaluer les bilans d'énergie et d'interfaçage électronique de l'ISUS sur un PROVOR CTS3. Pour cela, des tests de programmation de l'ISUS en mode Hyperterminal ont ainsi été effectués sous différents modes : continu commuté, programmé et déclenché.

Dans un premier temps, nous avons relevé relever à l'oscilloscope les différentes phases d'appel de courant pour chaque mode. Ceci permettra de guider la programmation des temps d'alimentation du capteur afin de respecter le cahier des charges des phases d'acquisition.

4.1. Alimentation

La plage d'alimentation de l'ISUS est 6-18VDC (12-15V préférentiel). En mode continu sous 12VDC et en fonctionnement établi, le courant moyen est 600 mA. L'alimentation est protégée par un fusible et une diode.

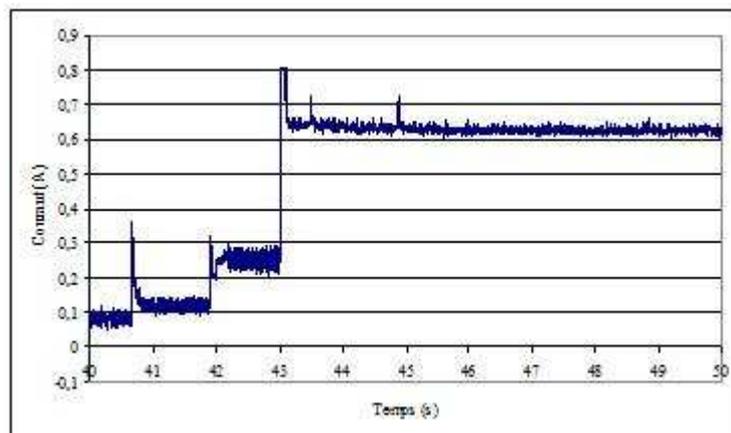


Figure 13: Zoom sur les différents appels de courant en mode continu généré par le capteur ISUS (Contexte de mesure: Oscilloscope LECROY, pince Ampère-métrique, pilotage de l'ISUS par IHM Windows, Alimentation sous 12V)

Lors de l'alimentation du système le courant est plus élevé et décroît avec l'établissement de la température de la lampe. Sous 12V, le courant démarre à 620 mA et se stabilise à 600 mA au bout de quelques minutes. La figure 13 présente les différents appels de courant en mode continu à 12V. L'appel de courant le plus fort est à 1400 mA.

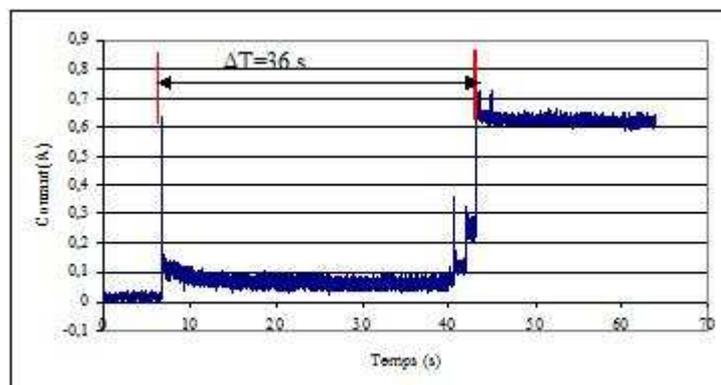


Figure 14: Appel de courant en mode continu (12V)

Note : Pour les expériences en mode continu, la commutation est géré par un relais à la fréquence d'échantillonnage de 0,033Hz (signal créneau pour gérer l'alimentation du capteur). En mode continu (ou « profil »), l'ISUS démarre l'acquisition des données dès sa mise sous tension en envoyant d'abord des messages de démarrage via son port de communication périodique. Il est possible de définir un nombre configurable de seconde (initialement le compte à rebours est fixé à 15s) au démarrage. L'acquisition s'arrête après extinction de l'alimentation. Chaque cycle d'acquisition démarre un nouveau fichier de consigne dans le disque flash de l'ISUS sous le nom DIVE nnn .DAT, où 'nnn' est incrémenté à chaque cycle ; le 'nnn' fait référence au compteur de déploiement et est enregistré dans la mémoire non-volatile. Ainsi, chaque profil est noté dans un fichier séparé.

Un délai de 36 sec est constaté entre l'envoi de l'ordre d'acquisition et l'établissement du courant de fonctionnement aux bornes du capteur ISUS. La figure 15 présente la réponse en courant de l'ISUS à la coupure d'alimentation sous 12V.

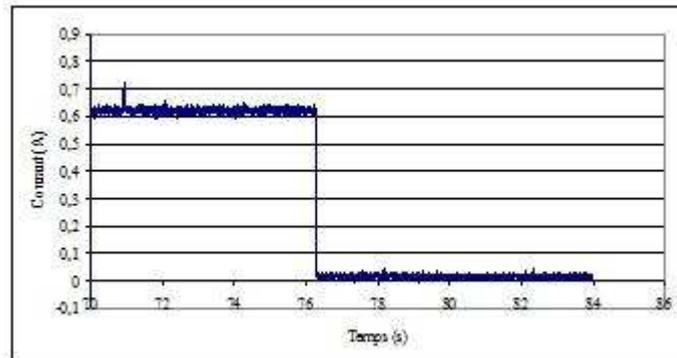


Figure 15: Coupure de l'alimentation du capteur

Le courant de veille sous 12V est de 40 mA.

Les Puissances instantanées constatées sont équivalentes à :

$$12 * 0,600 = 7,2 \text{ W}$$

La figure 16 présente la réponse en courant de l'ISUS pour une alimentation de 10V.

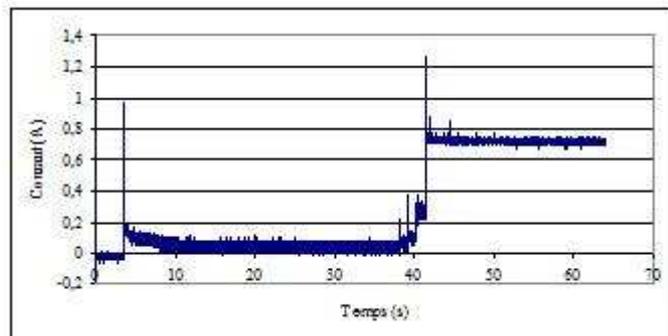


Figure 16: Appel de courant sous 10V en mode continu

Le courant de veille sous 10V est de 40 mA.

Les Puissances instantanées constatées sont équivalentes à : $10 \times 0,72 = 7,2 \text{ W}$

4.2. Contrôle-commande

Le « contrôle-commande » de l'ISUS présente deux modes :

Mode Configuration : Mode uniquement accessible par l'IHM, permettant de fixer par exemple : la vitesse de communication, les paramètres ISUS, le mode d'acquisition...

Mode Interrogation : Ce mode (également mode d'acquisition) permet d'interroger le capteur et de réaliser des opérations.

Les modes d'acquisition sont :

- Mode Programmé : Permet de programmer des séquences de mesure
- Mode déclenché : Permet de déclencher une mesure par simple touche
- Mode Continue : Permet de programmer une émission continue

Il existe une mémoire interne dans l'instrument destiné au stockage des données. L'instrument conserve en mémoire l'ensemble de la configuration.

4.3. Mode Hyperterminal

Via l'interface de communication série, le menu de l'ISUS est accessible. L'instrument doit être connecté à une alimentation d'énergie et via son port télémétrique isolé (à 6-pin) à un ordinateur capable d'émuler un raccordement terminal périodique. L'ISUS utilise toujours 8 bits de données, aucune parité, aucun contrôle de flux et un bit d'arrêt pour la communication. Le débit de données peut être ajusté par l'utilisateur et est initialement à 38400 bauds.

4.4. Stratégie d'acquisition et de consommation

Le capteur est programmé en mode continu commuté avec l'IHM. A la mise en marche, l'instrument enverra d'abord des messages de démarrage via son port de communication. Il attend que l'opérateur envoie une interruption (touche 'M') pour entrer dans le menu principal. Si aucune interruption n'est reçue (mode normal de fonctionnement), l'acquisition des données se poursuit (soit en mode continu « CONTINUOUS », soit en mode de temps déterminé « FIXEDTIME ») ou l'opération peut être suspendue pour reprendre ultérieurement (soit en mode programmé, mode « benchtop » ou mode déclenché). La touche 'S' interrompt l'acquisition et la touche 'M' sélectionnée une nouvelle fois introduit l'instrument dans le menu.

Cette méthode permet l'émission de trames de données « brutes » dès le démarrage de l'ISUS. Avant de réaliser une première mesure, le capteur effectue une mesure de bruit (lampe éteinte) afin de corriger le bruit thermique. L'acquisition ne peut pas être interrompue par commande, seule la coupure de l'alimentation arrête le capteur.

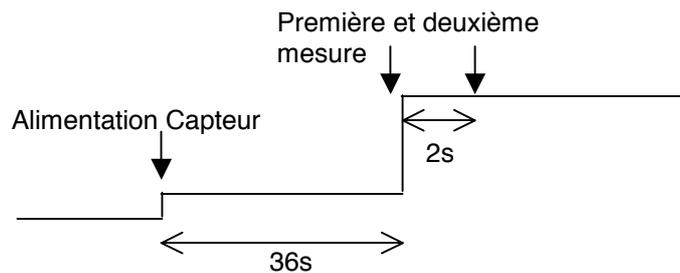
Note : Connecté via l'hyperterminal, l'utilisateur voit un compteur par seconde avant le début de l'acquisition. La commande de « G » (go) évite un délai au démarrage, la commande « M » permet d'accéder aux menus pour le téléchargement de configuration, d'installation et de données. Après sortie du menu, l'instrument reviendra au compteur de démarrage. Après que l'instrument ait démarré l'acquisition des données, la commande « S » (arrêt) renverra l'instrument dans la boucle de démarrage.

Mise en route du Capteur : 36s

Obtention de la première mesure : $36 + 2 = 38s$

Courant standby : 40mA

Courant de mesure : 600 mA



Note : Les temps sont arrondis à la seconde supérieure.

Coût énergétique d'une mesure par commutation (sous 12V) :

$$(1/3600 * 36s * 40mA) + (1/3600 * 2s * 600mA) = 0,400 + 0,333 = 0,733 \text{ mAh}$$

Pour un profil de 60 points : 43,98 mAh

Coût énergétique d'une mesure par commutation (sous 10V) :

$$(1/3600 * 36s * 60mA) + (1/3600 * 2s * 720mA) = 0,600 + 0,400 = 1 \text{ mAh}$$

Pour un profil de 60 points : 60 mAh

La vitesse d'un profileur est de l'ordre de 10cm/s, l'échantillonnage minimum sera donc de 20 cm par rapport à la période d'échantillonnage de 2s.

4.5. Autres modes de configuration du capteur en mode Hyperterminal

4.5.1. Mode programmé

Le mode programmé est typiquement utilisé pour des applications amarrées. L'ISUS peut être programmé pour se réveiller, mesurer et enregistrer des données. Entre les événements, l'instrument se trouve dans un mode veille.

Le programme est définie dans un fichier Schedule.txt, lequel doit être téléchargé dans l'instrument avant son déploiement. Initialement, l'instrument est programmé pour fonctionner une fois toutes les 60 minutes, et acquiert les données sur 20s. Le programme d'ISUSSchedule est employé pour créer un dossier Schedule.txt.

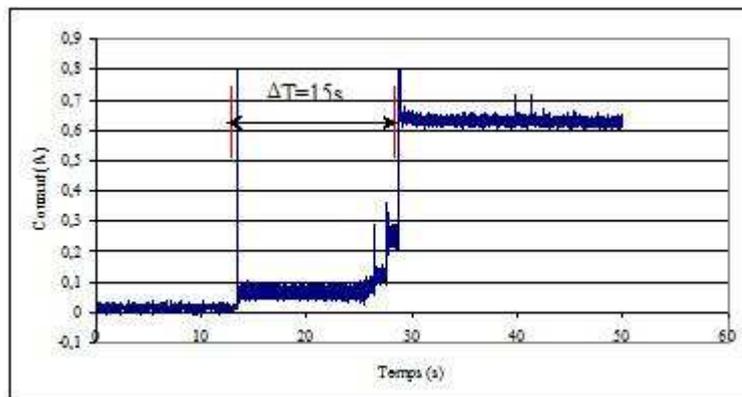


Figure 17: Appel de courant en mode programmé ("schedule")

En mode programmé, le temps d'initialisation ΔT entre l'envoi de l'ordre d'acquisition et l'établissement du courant de fonctionnement aux bornes du capteur ISUS est fixée à 15s.

Le fichier programmé contient 3 types de lignes de commande, par exemple :

```
16 : 30 : 00 Power +ISUS
16 : 30 : 45 Acquire 30 ISUS
16 : 31 : 20 Power -ISUS
```

Le fichier suit le format de fichier de programmation de Satlantic, qui peut être employé pour programmer des instruments multiples. Ici, seulement un instrument (ISUS) est programmé. Chaque événement d'acquisition doit contenir les trois commandes ci-dessus, c.-à-d. alimentant l'ISUS (indiqué par le '+' dans la première commande), faisant l'acquisition des données pendant un intervalle de temps (là 30 secondes), et éteignant l'instrument (indiqué par le '-' dans la dernière commande).

Plus généralement, les événements programmés suivent le modèle suivant à 3 étapes : l'instrument est soit OFF, ON, ou ACQUISITION. Initialement, l'instrument se

trouve dans l'état OFF. Les transitions de l'instrument d'un état à un autre sont déclenchées par les commandes ci-dessous.

Tableau 1: Transitions de l'instrument

	Off	On	Acquisition
Power +	Switcher sur On	Ignoré	Ignoré
Power -	Ignoré	Switcher sur Off	Switcher sur Off
Acquisition	Ignoré	Switcher sur Acquisition	Incrémenter la période d'acquisition
Après plusieurs secondes	Ignoré	Ignoré	Switcher sur On

En actionnant l'instrument, quelques considérations additionnelles s'appliquent. Un délai légèrement variable est nécessaire entre la commande 'Mise en marche' et la mesure (25 secondes suffisent). De plus, la lampe de l'instrument a besoin de temps pour stabiliser. Pour assurer des données acquises avec le même temps de stabilité de la lampe, toutes les acquisitions doivent commencer au même instant relatif à la mise sous tension de l'instrument. Lors du préchauffage de la lampe, ses caractéristiques spectrales changent; du coup, la durée d'acquisition doit également être fixe pour maintenir des conditions de fonctionnement identiques.

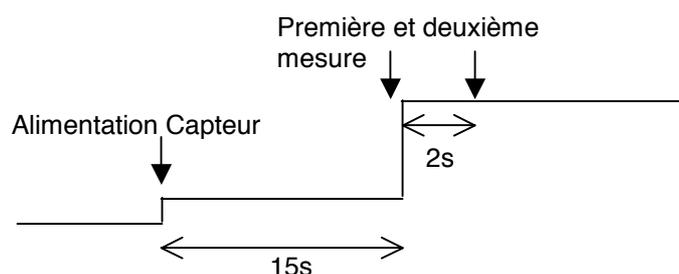
Lors de la mise sous tension du capteur, si celui ne se trouve pas dans la fenêtre temporelle d'acquisition, celle-ci démarrera à l'évènement suivant. Au cas où la période d'acquisition se prolongerait au delà de la 'mise Arrêt', l'évènement suivant écrase la demande d'acquisition, termine l'acquisition et éteint l'instrument.

Les données acquises pendant chaque évènement programmé sont notées selon des spécifications d'utilisateur dans un dossier quotidien SCHyyddd.DAT (yy et DDD indiquant l'année et le jour de l'acquisition) ou dans un fichier par évènement DIVEnnn.DAT (à un maximum de 999 dossiers).

En mode veille et connecté à un hyperterminal, l'instrument se réveillera avec n'importe quelle touche. Il y a une fenêtre de 15 secondes pendant laquelle il est possible d'entrer dans le menu avec la commande 'M', sinon l'instrument retourne en mode veille pour attendre le prochain évènement programmé. Après un déploiement programmé, les fichiers de registre de message et d'erreurs sont consultables. Des problèmes se posant lors du fonctionnement sont enregistrés dans ces fichiers.

Mise en route du Capteur : 15s

Obtention de la première mesure : $15 + 2 = 17s$



Courant standby : 70mA
 Courant de mesure : 630 mA

Note : Les temps sont arrondis à la seconde supérieure.

Coût énergétique d'une mesure par commutation (sous 12V) :

$$(1/3600 * 15s * 40mA) + (1/3600 * 2s * 600mA) = 0,167 + 0,333 = 0,500 \text{ mAh}$$

Pour un profil de 60 points : 30 mAh

4.5.2. Mode déclenché ('Trigger')

Le mode déclenché entraîne l'instrument après initialisation dans un mode de basse consommation. Un contrôleur externe peut déclencher une acquisition en envoyant d'abord un caractère arbitraire et ensuite le caractère 'g' (pour 'Go') à travers le port série RS-232. Il doit y avoir un délai entre le premier et le deuxième caractère compris entre 1 et 4 secondes. L'instrument ISUS se réveille, et acquiert des données. L'acquisition peut se terminer en envoyant une commande d'arrêt (caractère 's' pour l'arrêt) ou en choisissant un temps fixe pour chaque acquisition. Le mode déclenché est semblable au mode programmé parce que l'instrument acquiert des données par intermittence.

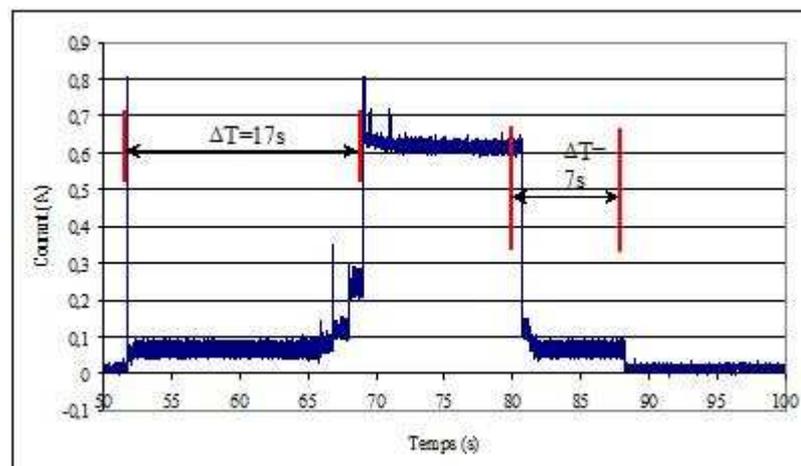


Figure 18: Appel de courant en mode déclenché ("trigger")

En mode déclenché, le temps d'initialisation est fixé à 17s. La figure 19 présente le processus de lancement de l'ISUS en mode déclenché.

Mise en route du Capteur : 17s
 Obtention de la première mesure : 17 + 2 = 19s

Courant standby : 40mA
 Courant de mesure : 600 mA

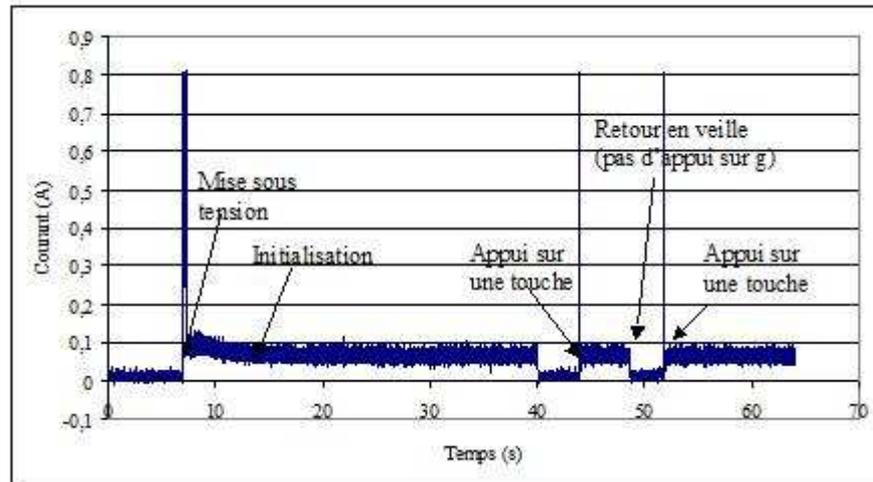
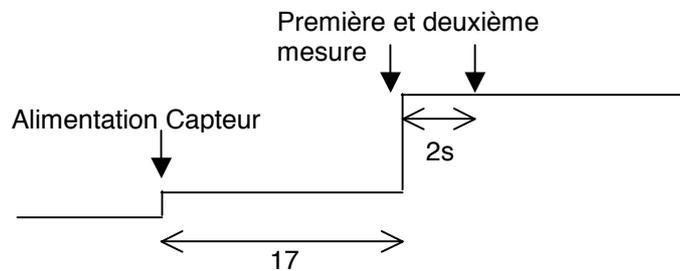


Figure 19: Processus de lancement en mode déclenché



Note : Les temps sont arrondis à la seconde supérieure.

Coût énergétique d'une mesure par commutation (sous 12V) :

$$(1/3600 * 17s * 40mA) + (1/3600 * 2s * 600mA) + (1/3600 * 7s * 40mA) = 0,189 + 0,333 + 0,077 = 0,597 \text{ mAh}$$

Pour un profil de 60 points : 35,82 mAh

4.6. Extrapolation du nombre de cycle

Les valeurs de référence sont extraites de la feuille de calcul « PROVbio_v2_270208 » issu du fichier d990503a_calc_nrij_provbio.xls, avec suppression du capteur Satlantic et du fluo supplémentaire.

Contexte :

Profil type : 2000m / 6h de remontée soit 21600 secondes.

Profils de 60 points, chaque mesure est espacée de 360 secondes.

Le calcul est effectué en mode ISUS « Continuous » avec une moyenne sur 5 valeurs. Le capteur est utilisé en commutation.

Coût d'une mesure ISUS (sous 10V):

$$(1/3600 * 36s * 60mA) + (1/3600 * 12s * 720mA) = 0,600 + 2,4 = 3,0 \text{ mAh}$$

Pour 60 points : $3,0 * 60 = 180 \text{ mAh}$

Pour comparaison la consommation du Satlantic et du fluorimètre supplémentaire pour 1 profil ProvBio est $401+309 = 710 \text{ mA}$.

Coût d'un profil « classique » :

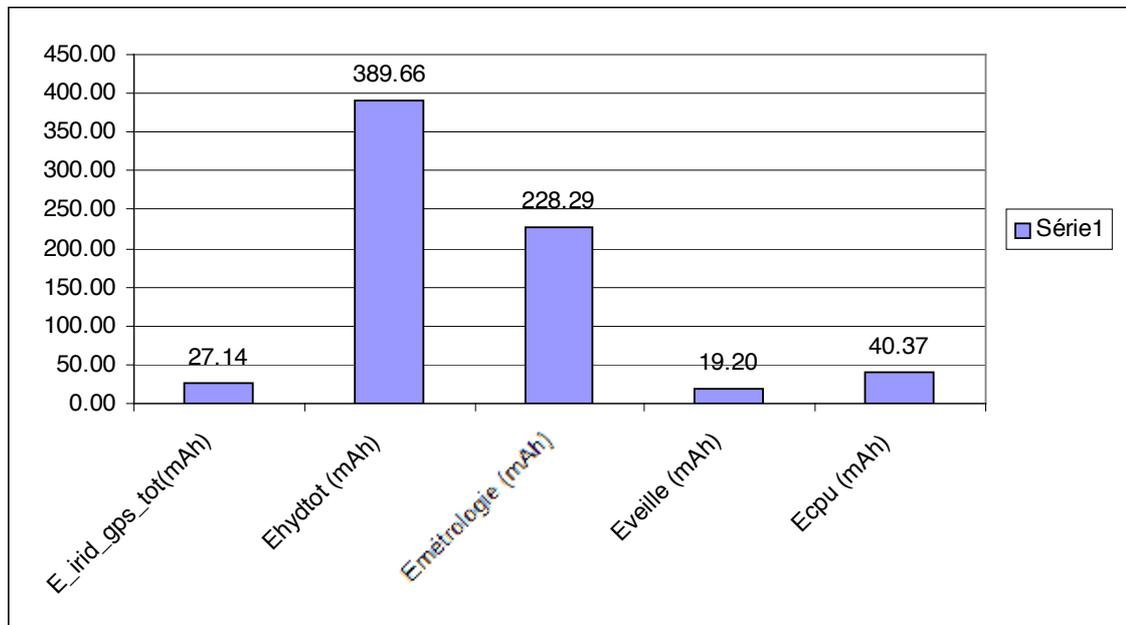


Figure 20: Coût d'un profil classique

L'énergie totale consommée à chaque cycle en mode standard est : 704,66 mAh ; l'énergie disponible est 131 Ah, soit **187** cycles. (Profil réalisé sans Satlantic et sans fluo). La consommation pour un cycle avec l'ISUS est 831,66 mAh, soit **157** cycles maximum. Cette approximation ne tient pas compte de la restitution plus faible des piles engendré par la forte demande en courant de la lampe.

4.7. Protocole préconisé

Configuration initiale de l'ISUS : 10V

Mode Continu Commuté

9600 Baud

Trame ASCII des concentrations (Trames courtes)

Protocole de mesure ISUS (60 points)

5. Conclusion

Ce rapport rédigé conjointement avec Vincent Dutreuil présente les résultats de l'étude d'intégration mécanique de l'ISUS à l'intérieur du profileur PROVOR CTS3 et sa caractérisation électrique. Cette solution de faisabilité est une alternative aux problèmes rencontrés avec le capteur « nouvelle génération » SUNA et donne des résultats très prometteurs en traitant et résolvant à la fois les problèmes de fouling biologique et de métrologie. Le peu de publications sur le SUNA nous laisse imaginer qu'il n'est pas aussi compétitif que l'ISUS en terme de précision et de répétabilité des mesures in situ.