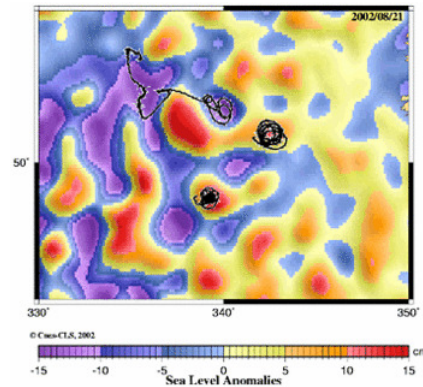
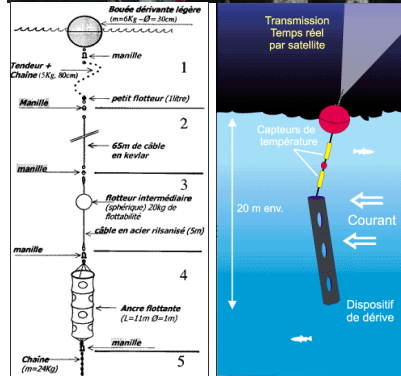


EXPLORONS LES OCEANS !



Dossier d'aide à la réalisation d'une bouée expérimentale

Novembre 2008

Ce document rassemble une série de recommandations fondées sur des rencontres avec les professionnels de l'océanographie (SHOM, IFREMER) et les organismes fournissant des outils à ces spécialistes (Océanographie spatiale : CNES, MERCATOR - Localisation par satellite : C.L.S.).

Il fait figure de base d'informations qui est destinée à évoluer en fonction des expériences de chacun. L'activité « bouée expérimentale » est naissante et a besoin de s'appuyer sur l'expérience acquise par chacun. Dans tous les cas, il convient de nous transmettre les « trucs et astuces » et les retours d'expériences qui ne pourront qu'enrichir ce document et développer cette activité.

Vous êtes les défricheurs d'un nouveau terrain d'exploration pour les jeunes, aussi bien d'exploration technique, scientifique que pédagogique.

Bonne lecture et n'hésitez pas à nous communiquer vos remarques et commentaires !

Frédéric BOUCHAR

Table des matières

Introduction	5
Conception des expériences scientifiques	6
Réalisation des expériences	6
0 - Définition de l'expérience.....	6
1 - Paramètre mesuré.....	6
2 - Gamme de mesures.....	6
3 - Choix du capteur	6
4 - Fonction conversion et adaptation	6
5 - Etalonnage	7
6 - Exploitation des données	7
7 - Résolution, précision et sensibilité du système	7
Exemples d'expériences	8
Mesure de température	8
Mesure de lumière.....	8
Principaux éléments de la chaîne de mouillage	9
Principaux éléments de la chaîne de mouillage	10
Premières études	10
Composition d'un mouillage dérivant	10
Matériel utilisé	12
Eléments souples.....	12
Eléments rigides.....	12
Eléments de liaison.....	13
Caractéristiques techniques des demi-coques	14
Mécanique	14
Recommandations de montage.....	14
Poussée d'Archimède sur la bouée	15
Schéma et calculs.....	15
Eléments de la bouée	16
Câbles porteurs	16
Passe-fils étanches et câbles expériences	17
Étanchéité	18
Ancre flottante	19
Aménagement intérieur.....	21
Le système de télémesure HERA/MARGOS	22
Description du boîtier.....	22
Intégration du système.....	23
Fonctionnement pour ARGO TECHNO	24
Principe de fonctionnement.....	24
Caractéristiques techniques :	24
Lecture des mesures	25
Description du connecteur des expériences.....	26
Alimentation des expériences de jeunes.....	27
Exemple de connexions	27
Interrupteur général de mise sous tension.....	29
Outils d'acquisition et de restitution des données	30
Qualification des expériences.....	30
Utilisation avec un ordinateur	30
Essais avec le système complet.....	34

Calendrier type d'un projet	35
A/ Connaissance des lieux de mise à l'eau	36
B/ Définition des expériences	36
C/ Mécanique de la bouée	37
D/ Etanchéité.....	37
E/ Intégration dans la bouée	38
F/ Tests finaux.....	38

Introduction

L'océanographie physique, qui étudie les phénomènes observés en mer par les marins ou les satellites, est avant tout une science expérimentale. Les premières mesures de ces phénomènes ont été réalisées au cours d'explorations à partir de navires plus ou moins spécialisés. Il est apparu que certaines de ces mesures n'étaient possibles qu'à partir d'un navire au point fixe. Aussi, dès que l'on a su fabriquer des appareils autonomes, ils ont été placés sous des bouées ancrées sur le fond. Dans d'autres cas, il s'est avéré plus intéressant de laisser l'ensemble dériver avec les courants.

Une bouée expérimentale de jeunes est une bouée dérivante ou ancrée, localisée par satellite (ARGOS ou GPS), développée par des jeunes en milieu scolaire, péri-scolaire ou extra-scolaire, dans le cadre d'une démarche de projet.

Cette bouée doit respecter des règles de construction permettant une mise en œuvre et un largage compatibles avec les règles de sécurité.

Après avoir passé avec succès les contrôles finaux, la bouée est larguée dans les grands courants, selon les opportunités et les choix de l'équipe du projet par un navire océanographique, un skipper, des pêcheurs...

Les données de suivi de la bouée sont restituées au groupe projet dans le but d'être exploitées par les jeunes.

Conception des expériences scientifiques

Réalisation des expériences

0 - Définition de l'expérience

A l'origine d'une expérience, il y a un questionnement et une volonté de trouver une réponse à une question.

Nous pouvons nous poser la question générale : « Qu'est-ce qui peut bien changer dans l'océan en fonction de la position, la profondeur, la météo, etc ? » ou « Est-ce qu'il y a une relation entre la température de l'eau et la salinité ? », etc.

Une fois le sujet d'étude trouvé, il faut se documenter afin de se faire une idée plus précise sur le ou les paramètres qui seront étudiés et trouver un moyen de les mesurer. Ces recherches nous amènent à développer les points suivants.

1 - Paramètre mesuré

Pour étudier ou mettre en évidence un élément particulier, il faut étudier parfois les variations d'un ou de plusieurs paramètres qui ne sont pas toujours directement liés au sujet mais qui sont nécessaires à l'interprétation finale des résultats.

Pour étudier tel phénomène, il faut étudier les variations de tel (ou tels) paramètre(s).

A partir de maintenant, nous considérons l'étude d'un paramètre donné.

2 - Gamme de mesures

Une fois le paramètre identifié, il faut déterminer son domaine de variation : la valeur minimale et la valeur maximale rencontrées dans les conditions de fonctionnement. Il faut parfois extrapoler avec des conditions extrêmes qui doivent cependant rester réalistes : on ne va pas mesurer des températures en dessous de zéro sur un projet mis à l'eau à l'équateur.

3 - Choix du capteur

Le choix du capteur va être déterminé par la gamme de mesures choisie mais aussi en prenant en compte les conditions de mise en œuvre (montage électronique), la dynamique (rapidité à détecter une variation brutale) et la reproductibilité de la mesure (pour les mêmes conditions physiques, des réponses du capteur identiques).

La précision de la mesure sera abordée lors de la phase d'exploitation avec des comparaisons de données

4 - Fonction conversion et adaptation

Le capteur réalise une conversion d'une grandeur physique en une grandeur électrique.

Il est important d'évaluer cette fonction de conversion de manière théorique ou de manière expérimentale. Une fois cette tâche réalisée, il faut étudier la fonction d'adaptation qui permet d'obtenir, à partir de la grandeur électrique fournie par le capteur, une tension comprise entre 0 et 5 V imposée par le système de télémessure HERA.

5 - Etalonnage

Le système de télémessure transmet les informations uniquement sous forme de tension électrique. Pour savoir ce que l'on mesure, il faut établir avant la mise en œuvre du projet, une loi de conversion qui permettra de retrouver à partir de la tension électrique, la valeur du paramètre réellement mesuré. Cette action s'appelle l'étalonnage. Elle peut être théorique (fonction mathématique : $P(\text{mesure}) = f(U)$) ou expérimentale (une série de données obtenue avec un appareil de mesure étalon et un voltmètre).

6 - Exploitation des données

De la réception des données jusqu'à la publication des résultats, l'exploitation des données comprend la phase inverse de l'étalonnage afin de retrouver les valeurs réelles du paramètre physique mesuré et la prise en compte éventuelle d'autres paramètres pour affiner les résultats et aider à l'interprétation. Cette dernière permet de proposer des explications, de formuler des hypothèses pour expliquer les phénomènes mis en évidence et ensuite d'utiliser ce travail pour finaliser le document de synthèse présentant le projet dans son ensemble.

7 - Résolution, précision et sensibilité du système

La **résolution** est la variation minimale détectable par notre système numérique d'acquisition des mesures. Elle est d'environ 5 mV. Cela veut dire que toute variation physique sur le capteur induisant une variation de tension inférieure à 5 mV au bout de la chaîne de mesure ne pourra pas être transmis par la télémessure HERA-ARGOS.

Exemple :

L'expérience choisie consiste à mesurer la température de l'air au niveau du sol.

La fonction de conversion du capteur donnée par le fabricant est : capteur linéaire, $\Delta 1\text{mV} \Leftrightarrow \Delta 1\text{K}$.

*Nous allons utiliser le système HERA-ARGOS qui, avec une **résolution** de 5mV, ne peut pas détecter une variation inférieure à 5 K.*

*Un montage amplificateur permet d'améliorer la **résolution** : En multipliant par 5 la tension fournie par le capteur, on obtient $\Delta 5\text{mV} \Leftrightarrow \Delta 1\text{K}$ ce qui permet de détecter des variations de 1K.*

La **précision** est l'erreur relative (exprimée en pourcentage) entre la valeur réelle du paramètre étudié et la valeur de la mesure réalisée. Pour améliorer la précision de la mesure, il ne suffit pas de prendre un capteur plus sensible, il faut surtout quantifier les sources d'erreur et de perturbation qui nous écartent de la valeur vraie.

Il est important de mettre en corrélation ces notions afin d'évaluer la qualité de la chaîne de mesure mais également de choisir judicieusement les capteurs.

Exemple :

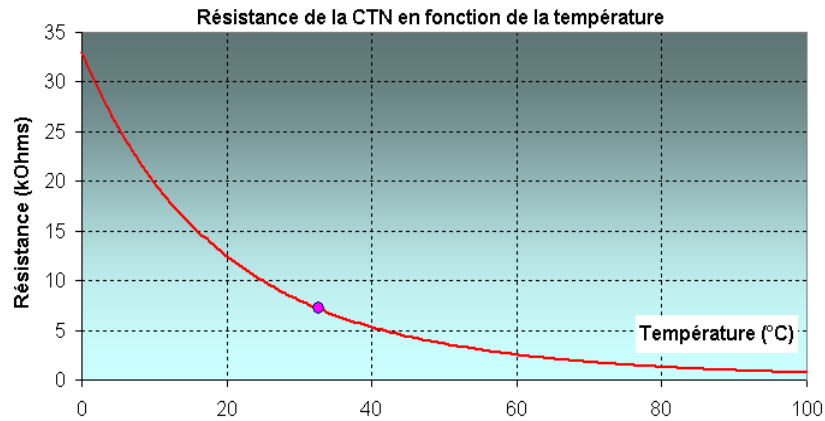
L'expérience choisie consiste à mesurer la température de l'air au niveau du sol.

*Le capteur est encapsulé dans un boîtier de plastique noir. Cette matière va s'échauffer facilement au soleil et fausser les mesures. Il convient, pour améliorer la **précision** de mesure, de le mettre à l'abri du rayonnement direct du soleil. Les météorologues utilisent des abris avec volets d'aération pour mesurer **précisément** la température de l'air. Ils affaiblissent ainsi fortement les éléments **perturbateurs** de leurs mesures.*

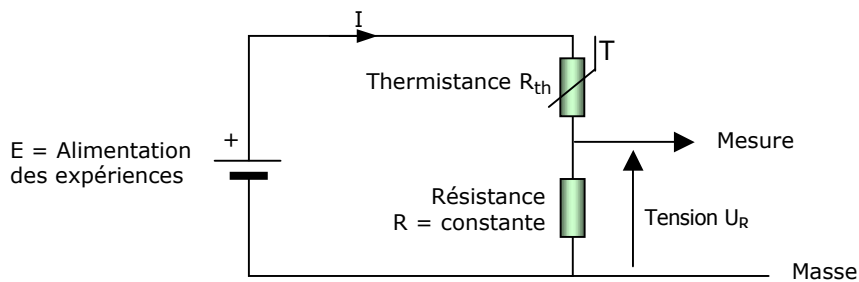
Exemples d'expériences

Mesure de température

La mesure de température est réalisable facilement avec des thermistances (résistances dont la valeur va évoluer en fonction de la température, aussi appelées CTN).



Le paramètre physique fait varier la résistance du capteur. Monter la thermistance en **pont diviseur** avec une résistance fixe permet d'obtenir une tension U_R qui varie en fonction de la température.

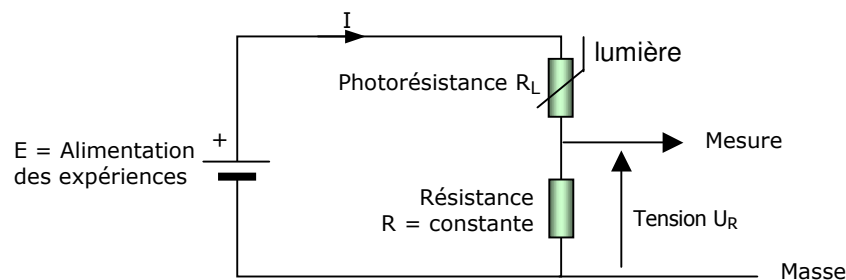


$$\text{Avec } U_R = RI \text{ et } I = \frac{E}{R_{th} + R}, \text{ on trouve } U_R = \frac{RE}{R_{th} + R}$$

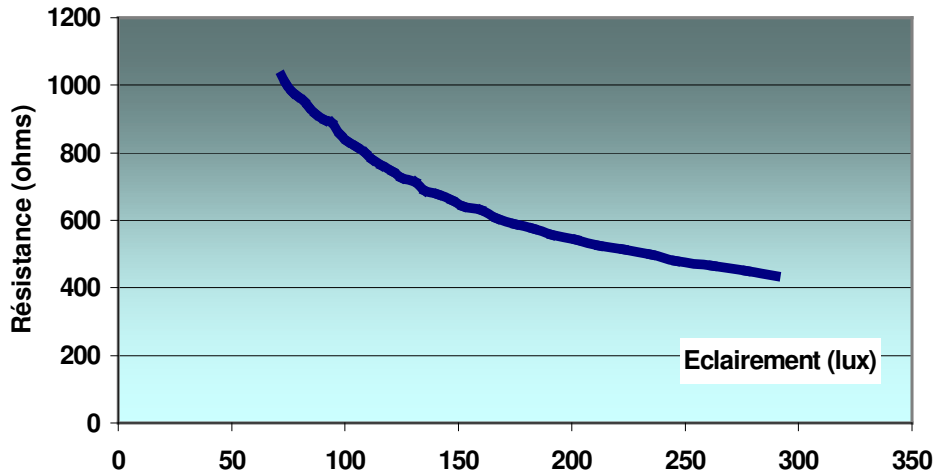
Quand la température augmente, R_{th} diminue (voir le graphique ci-dessus) donc U_R augmente mais la relation $U_R = f(R_{th})$ ou même $f(t^\circ)$ n'est pas linéaire !

Mesure de lumière

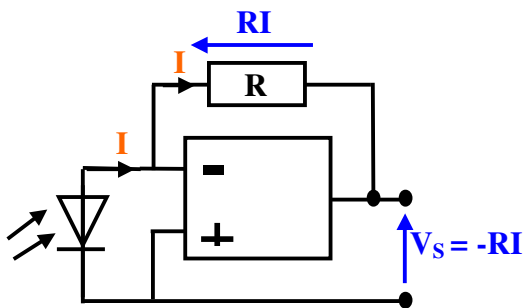
La mesure de lumière est réalisable avec une photorésistance en utilisant le même montage que dans le paragraphe précédent (il faut avoir la courbe donnant la valeur de R_L en fonction de l'éclairement).



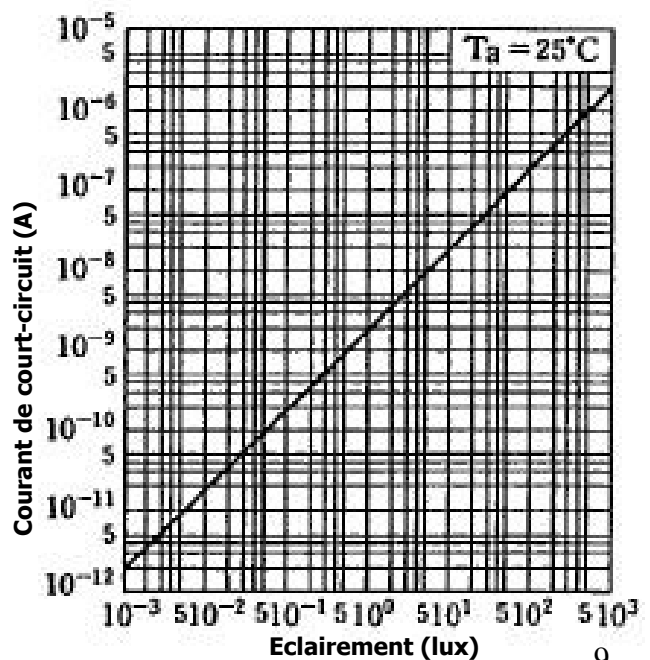
Résistance de la photorésistance en fonction de l'éclairement



La mesure de lumière est aussi réalisable avec une photodiode en utilisant le montage à amplificateur opérationnel ci-dessous (une photodiode éclairée se conduit en générateur de courant et produit un courant qui est proportionnel à l'éclairement reçu si la photodiode est en court-circuit, condition que le montage impose - l'AOP fonctionne en mode linéaire grâce à la résistance branchée entre la sortie et l'entrée « moins » ce qui impose une tension nulle entre les deux entrées).



La mesure V_s associé à la connaissance de la valeur de R permet de déterminer la valeur de I. Une courbe donnant la relation entre l'éclairement et la valeur de I en court-circuit permet de déterminer l'éclairement reçu par la photodiode. Ce type de courbe est fourni par le constructeur dans la fiche technique (datasheet) de la photodiode.

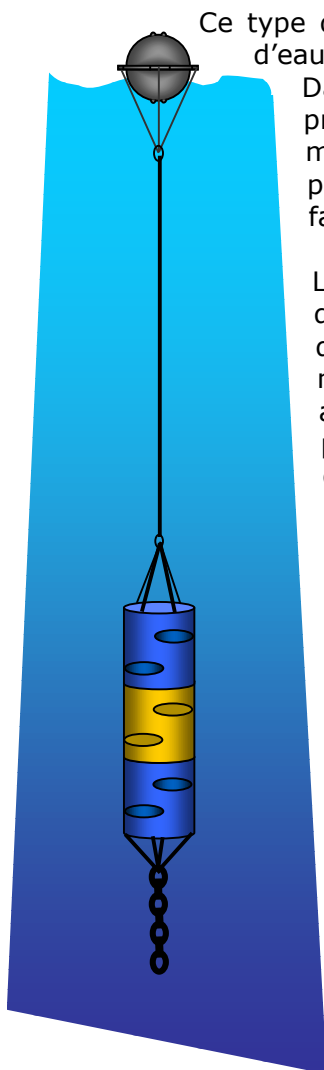


Principaux éléments de la chaîne de mouillage

Premières études

Avant de commencer quoi que ce soit, il paraît indispensable d'étudier l'environnement local de mise à l'eau de la bouée : situation géographique, conditions météorologiques (vent, houle, risque de brouillard), profondeur, nature et déclivité du fond, courants. L'objectif technique est de pouvoir réaliser des expériences in-situ, de suivre la dérive de la bouée pendant trois mois.

Composition d'un mouillage dérivant

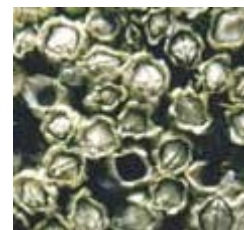


Ce type de mouillage est utilisé pour déterminer la dérive d'une masse d'eau au niveau de la surface et jusqu'à 1000 mètres de profondeur. Dans notre cas, nous conseillons fortement de se limiter à la profondeur maximale de 30 m pour des raisons de fiabilité avec les matériaux abordables pour un projet de jeunes. Une étude plus poussée (modélisation et simulation) permettra dans l'avenir de faire évoluer ce choix.

L'élément qui focalise toutes les attentions, la **bouée** proprement dite ou le flotteur en forme de sphère, contient les équipements qui nous permettront de réaliser des expériences en milieu marin. Il nous faut ensuite une structure à très forte traînée appelée **ancre flottante** qui est maintenue immergée à la profondeur choisie : on dit qu'elle est ancrée dans cette masse d'eau. Cette ancre flottante peut avoir des formes différentes : une très grande chaussette (holey sock), un paquet de filets, une forme de papillon, etc.

Afin de garder une position relativement stable par rapport à la verticale, permettre des mesures à des profondeurs relativement constantes et suivre les courants en profondeur, il convient de placer un **lest** à la base de l'ancre flottante. La partie supérieure de l'ancre flottante est reliée par un câble (appelé *orin*), au flotteur de surface constitué par notre bouée. La partie émergée doit offrir un minimum de prise au vent, de même le câble doit avoir une traînée dans l'eau la plus petite possible par rapport à la traînée de l'ancre flottante.

La bouée ainsi que la partie de l'orin proche de la surface peuvent être traitées avec un revêtement antifongique efficace afin que leurs traînées restent la plus faible possible. En effet, sans traitement, l'ensemble pourrait se charger d'une masse d'algues



et d'anatifes. Reste à valider la nécessité d'un tel traitement pour une durée de fonctionnement de trois mois.

Les bouées que nous allons réaliser seront équipées d'un émetteur ARGOS ou GIPSI nous permettant de transmettre les résultats des expériences à distance.

Cependant ainsi équipée, la bouée suit plus ou moins les mouvements verticaux de la surface alors que l'ancre flottante reste pratiquement immobile. Il en résulte une fatigue et une usure des éléments de la ligne de mouillage qui peuvent provoquer sa rupture. Dans ce cas, la bouée de surface dérive au gré des vents et des courants de surface. Il est difficile – et parfois impossible – de

savoir si la trajectoire obtenue correspond au déplacement de la masse d'eau ou à la dérive de la bouée sans son ancre flottante.

Pour diminuer les risques de rupture entre l'ancre flottante et la bouée, on utilise des câbles élastiques ou des Sandows qui absorbent les surtensions. Parfois, afin d'être sûr que l'ancre flottante est toujours en place, un ou plusieurs capteurs de températures peuvent être placés au niveau de l'ancre flottante. Les valeurs de température sont transmises par ARGOS. Lorsqu'il y a rupture entre la bouée et l'ancre flottante, la liaison électrique avec le ou les capteurs est coupée et les valeurs de température deviennent aberrantes.

En plus des forces de traînées parasites sur le câble et sur la partie immergée de la bouée, celle-ci est entraînée par la houle et sa partie émergée par le vent.

Matériel utilisé

Éléments souples

Ce sont les chaînes et les câbles métalliques ou textiles.

Qualités d'un élément souple :

Elasticité : c'est la qualité d'un objet à être déformable tout en reprenant sa forme d'origine lorsque la contrainte qu'on lui applique disparaît.

Ténacité : c'est le rapport entre la résistance à la rupture d'un câble et sa masse pour une longueur de 100 m. Elle doit être importante.

Température de fusion : elle doit être élevée.

Fluage : c'est l'allongement dans le temps d'un câble soumis à une tension constante. Il doit être faible.

Perte mouillée : certaines fibres voient leur résistance à la rupture diminuer lorsqu'elles sont mouillées.

Souplesse : nécessaire pour passer dans une poulie ou pour enrouler le câble sur une bobine pour le transport.

Résistance aux bioalissures marines : ne concerne que la partie des mouillages proche de la surface recevant de la lumière. Les organismes qui se développent sur les câbles attirent leurs prédateurs qui, en s'en nourrissant, peuvent endommager ces câbles.

Résistance aux morsures de poisson : certains poissons mordent les câbles. Il semble que les câbles de couleur bleue seraient moins souvent coupés que les blancs.

Éléments rigides

Bouées

L'enveloppe des bouées est composée de deux hémisphères assemblés l'un au dessus de l'autre. Nous parlerons de l'hémisphère nord pour la partie supérieure et de l'hémisphère sud pour la partie inférieure.

L'assemblage des deux hémisphères est assuré par une série de vis en inox. L'étanchéité est réalisée par un joint en caoutchouc.

Le lest en acier ou en fonte

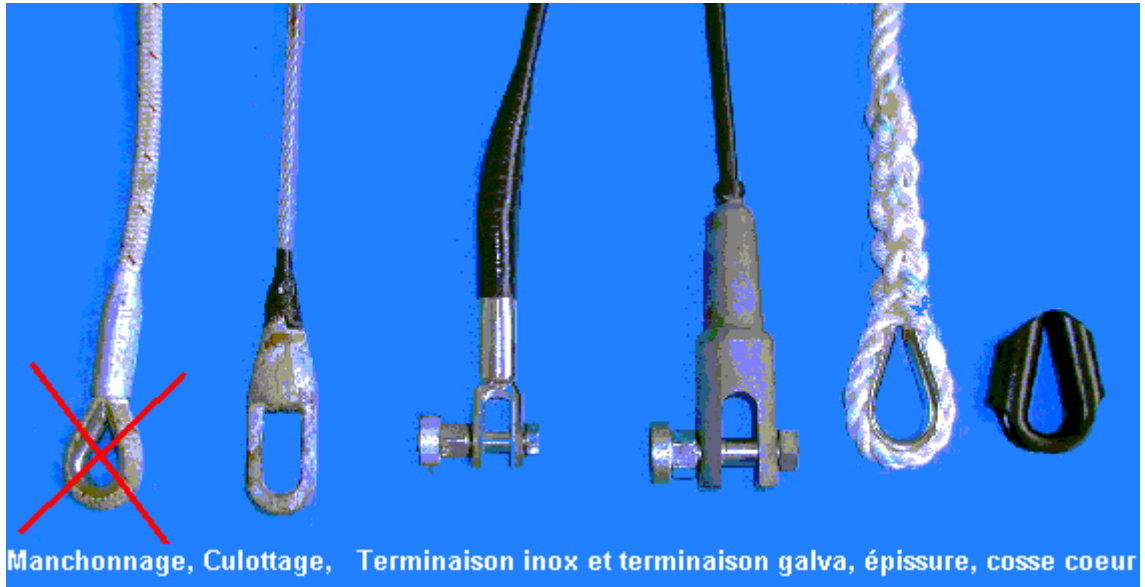
Vous pouvez utiliser de la ferraille de récupération dans les casses : la densité de la fonte ou de l'acier est supérieure à 7 ce qui fait qu'un lest réalisé dans ces matériaux a une vitesse de descente importante. Ceci nous oblige à prendre des précautions afin de ne pas blesser les opérateurs ou d'endommager les équipements lors du mouillage des bouées : gants pour manipuler le câble, harnachement de la personne qui déroule le câble dans l'eau.

Le lest en béton

Le béton est un matériau bon marché qui peut être coulé dans des coffrages de formes diverses. Sa densité est faible, le plus souvent inférieur à 2. Lorsqu'il tombe, ce faible poids dans l'eau entraîne une faible vitesse en chute libre.

Éléments de liaison

La rupture des câbles soumis à des tensions excessives se produit généralement au niveau des terminaisons. Elles doivent donc être conçues pour que la perte de résistance à la traction soit minimale. Sur la figure ci-dessous, nous présentons quelques terminaisons auxquels nous allons nous intéresser, en allant de la gauche vers la droite.



Le manchonnage : Il est à proscrire surtout sur les câbles présentant une élasticité ou pour les mouillages de plusieurs semaines. Dans le premier cas le câble en s'allongeant diminue de diamètre et il glisse dans le manchon. Dans le second cas le métal du manchon est attaqué par corrosion ou électrolyse d'où rupture à plus ou moins long terme.

Le culottage : Ne convient qu'aux câbles en acier. Il est très résistant à la traction et à l'immersion. Comme la plupart des bonnes terminaisons, il utilise le principe du coincement conique. Sa réalisation est décrite en annexe.

La terminaison du type PARAFIL à coin conique : Deux exemples sont donnés ici, une terminaison est en acier inoxydable, l'autre en acier galvanisé. Elles sont très résistantes si elles sont montées avec soin et bien conçues. Le cône femelle n'a pas exactement la même pente que le cône mâle, aussi des tentatives de copie qui n'en ont pas tenues compte ont entraîné des pertes ! Il est également fortement déconseillé de placer de la résine au silicone sur les fibres entre les deux cônes. Ceci a pour conséquence de réduire de façon importante la résistance à la tension.

L'épissure : Elle ne peut être exécutée que sur des câbles cordés. Elle est très résistante cependant, quand elle est sous tension, il arrive que certaines cosse coeur se mettent en travers et qu'elles coupent le câble. C'est pourquoi nous présentons une autre sorte de cosse qui ne présente pas ce défaut.

Liens : [Caractéristiques techniques des demi-coques](#), [Câbles](#), [Ancre flottante](#)

Caractéristiques techniques des demi-coques

Le flotteur SC 40 se présente sous la forme d'une sphère très robuste d'un diamètre de 400 mm réalisée en polypropylène moulé par injection. De couleur grise et de faible signature radar, il est particulièrement discret afin de le protéger d'éventuelles dégradations.

Mécanique

Sphère de 400 mm de diamètre

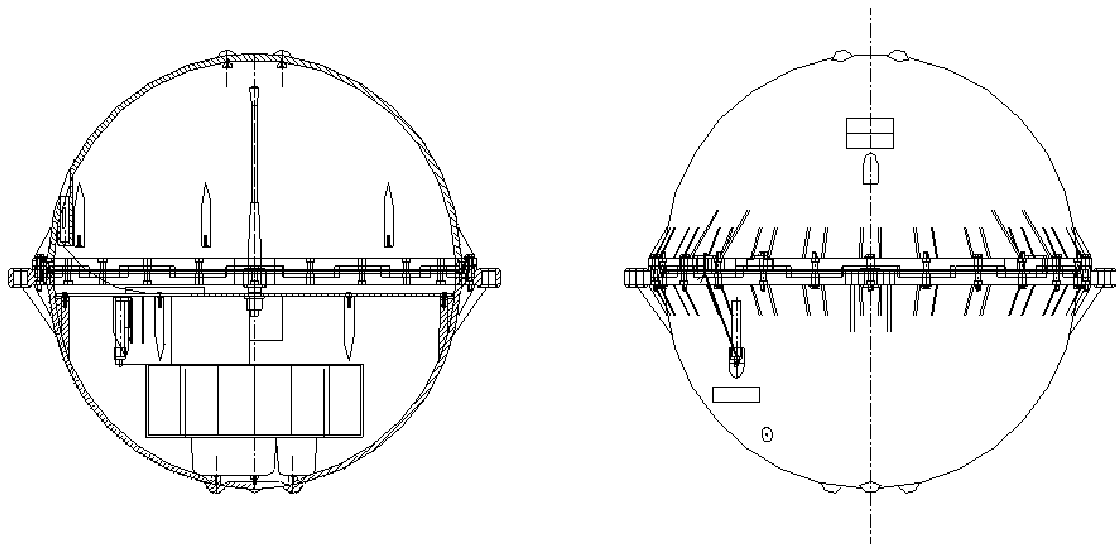
Volume : 33,5 litres

Matériau : polypropylène, moulé par injection haute pression.

Couleur grise

Poids à vide avec les vis : 3.0 kg

Étanche à l'immersion (testée à 2 mètres)



Recommandations de montage

Les deux demi-coques de la bouée sont assemblées par une série de boulons et écrous. Il faut environ 10 minutes pour fermer totalement la bouée. Très important : un joint de caoutchouc réalise l'étanchéité de l'ensemble.

Nous recommandons de bien étudier l'aménagement technique de la bouée afin de percer le moins de trous possibles dans la coque.

Poussée d'Archimède sur la bouée

Schéma et calculs

Un objet sans mouvement par rapport à l'eau de mer dans laquelle il est immergé est soumis à 2 forces :

- son poids qui est dû à l'action de la pesanteur sur sa masse. Il est appliqué au centre de gravité CG,
- la poussée d'Archimède qui est égale au poids du volume d'eau déplacé par le corps et qui est appliquée au centre de carène CC

La stabilité verticale de la bouée est un équilibre entre une augmentation de la poussée d'Archimède lorsque la bouée descend (par exemple dans la houle) et qui ralentit puis annule cette descente... et lorsque la bouée a tendance à monter. La stabilité de la bouée est supérieure si le niveau de l'eau à l'équilibre est en dessous de l'équateur.

A l'équilibre : $F = P$

ρ (en kg/m^3)
Masse volumique
de l'eau de mer

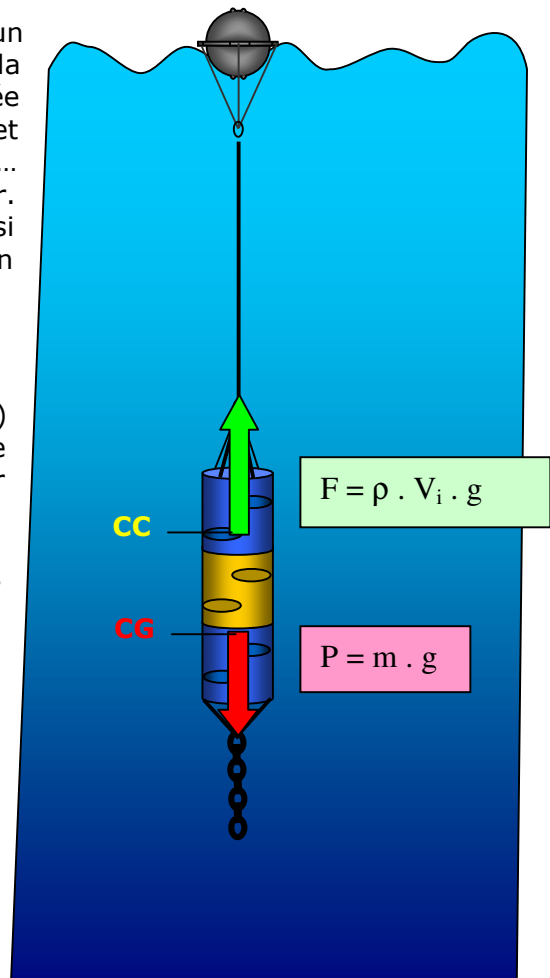
V_i (en m^3)
Volume d'eau déplacé par les
éléments immergés

g (en m/s^2)
Accélération de la pesanteur

CC = Centre de carène
CG = Centre de gravité

Pour les calculs, nous considérons que seulement la moitié inférieure de la bouée est immergée.

Pour la détermination du lest, il est recommandé de faire une évaluation par le calcul de la poussée d'Archimède et aussi de faire des tests dans l'eau de mer. On a parfois des surprises avec le poids du PVC ou de la ligne de mesures.



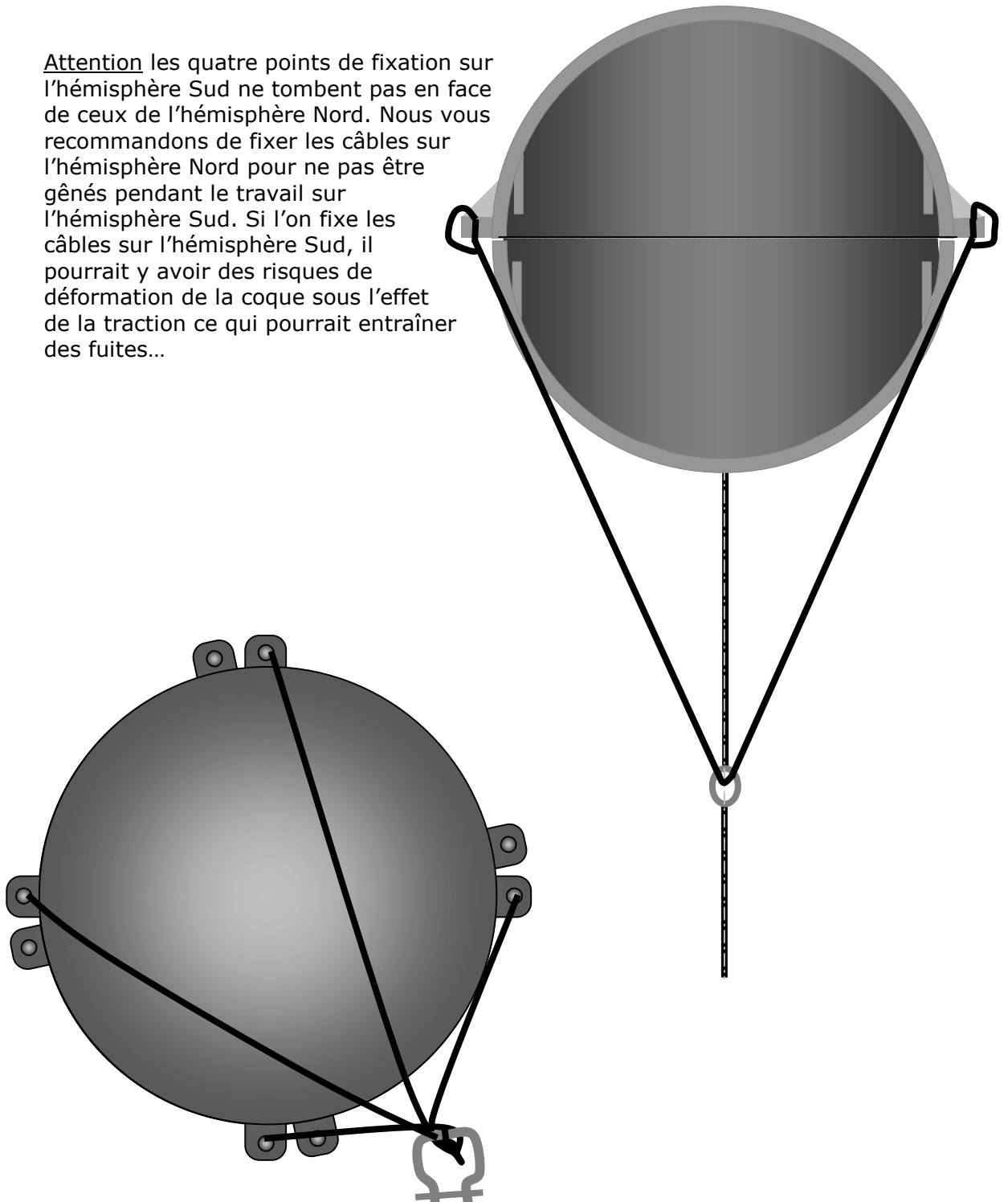
Éléments de la bouée

Câbles porteurs

Pour fixer la bouée aux câbles porteurs de l'ancre flottante, nous vous conseillons d'utiliser les aménagements prévus dans la coque grise qui vous est fournie. Quatre points de fixation sont en effet aménagés afin que l'on y fixe des câbles.

Vous pouvez utiliser deux câbles d'environ deux mètres de long qui se croisent sous la bouée et fixés à chaque extrémité sur les point d'attache de la coque grise.

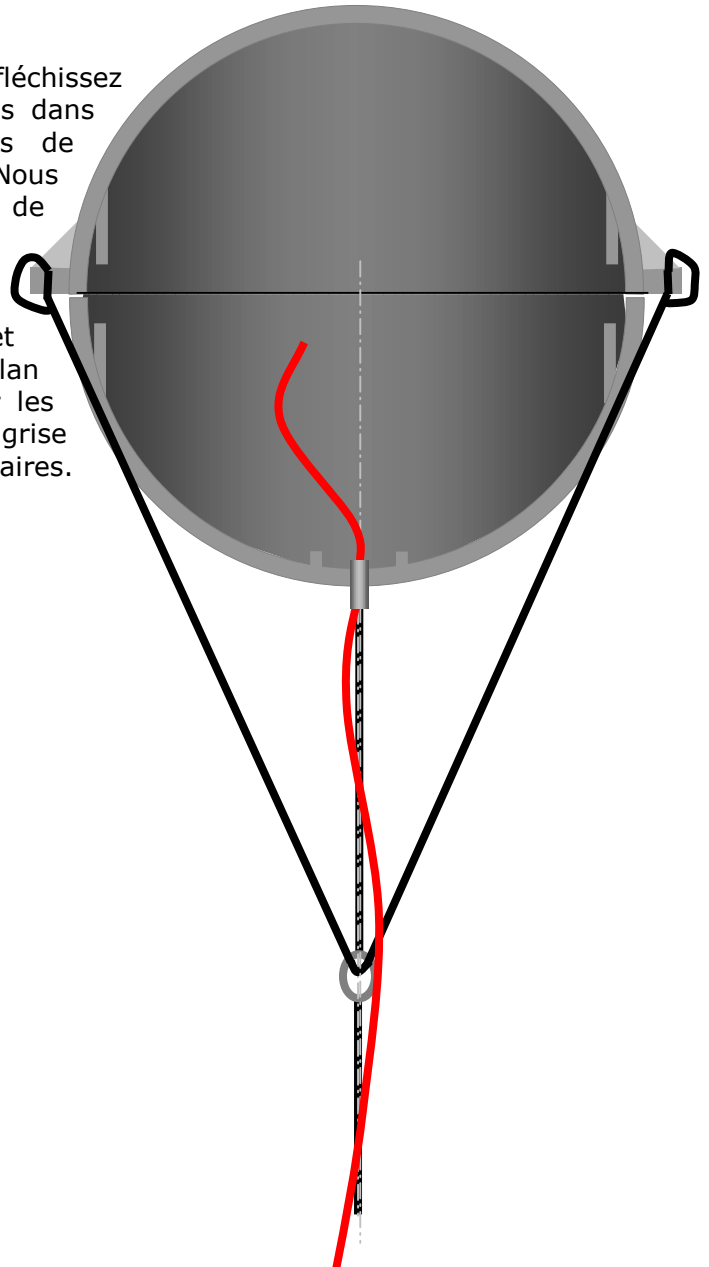
Attention les quatre points de fixation sur l'hémisphère Sud ne tombent pas en face de ceux de l'hémisphère Nord. Nous vous recommandons de fixer les câbles sur l'hémisphère Nord pour ne pas être gênés pendant le travail sur l'hémisphère Sud. Si l'on fixe les câbles sur l'hémisphère Sud, il pourrait y avoir des risques de déformation de la coque sous l'effet de la traction ce qui pourrait entraîner des fuites...



Passes-fils étanches et câbles expériences

Dans l'utilisation que l'on souhaite faire de la bouée, il est parfois nécessaire de sortir des câbles de la coque pour les connecter à des capteurs placés à différentes profondeurs. Dans ce cas, il faut concevoir un système d'étanchéité fiable et facile à mettre en œuvre. L'utilisation de passe-fils est recommandée. Attention de choisir des passe-fils résistant au milieu marin, soit en plastique adapté ou en inox marin.

Avant de saisir la perceuse, réfléchissez bien car plus il y aura de trous dans votre bouée, plus les risques de naufrage seront importants. Nous vous conseillons donc de commencer par établir un plan complet de câblage de vos expériences, de réaliser les montages électriques et électroniques pour valider ce plan et seulement après, de réaliser les aménagements de la coque grise pour en faire sortir les fils nécessaires.

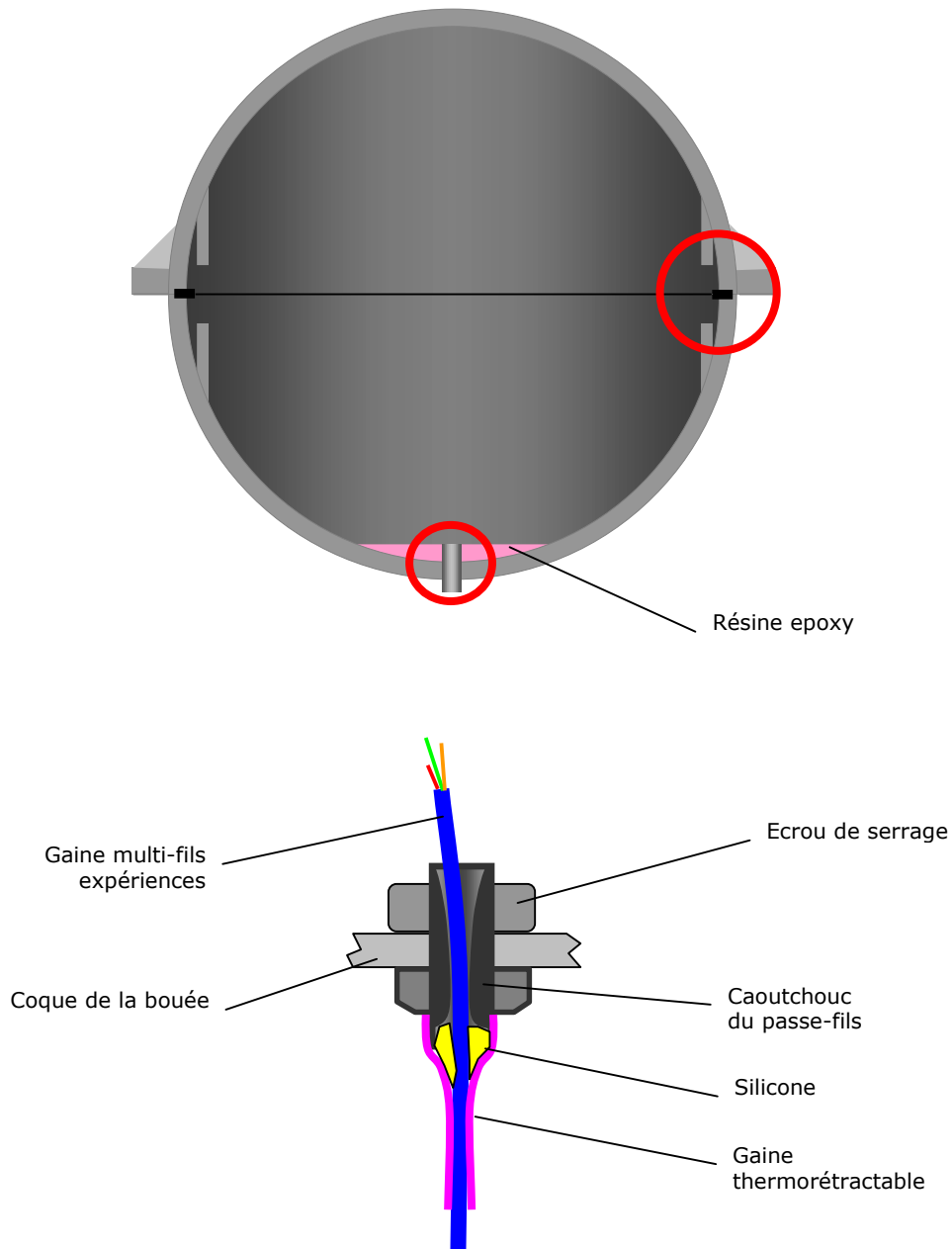


Etanchéité

La fermeture de la bouée est réalisée par une série de vis et un joint de caoutchouc noir.

Pour le passage de plusieurs fils, nous vous conseillons d'utiliser un câble multi-fils (câble informatique).

Nous proposons d'enrober les jonctions passe-fils / fils, d'une gaine type thermorétractable et du silicone.



Liens : [Caractéristiques techniques des demi-coques](#), [Câbles](#)

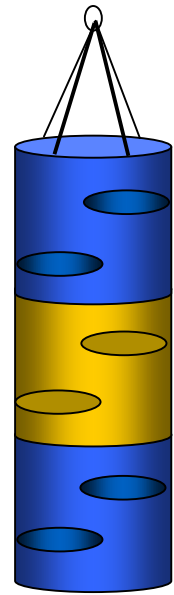
Ancre flottante

Tunnel

Nous pensons que les tunnels de jeu pour enfant peuvent faire office d'ancre flottante.

Ils sont réalisés en tissu fixé autour d'une structure en acier en forme de grand ressort. Leur diamètre est d'environ 60 cm et leur longueur de 3 m.

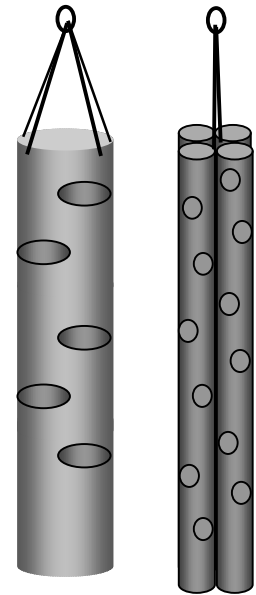
Pour le montage il convient de doubler la fixation au cas où cette structure d'acier ferait défaut après un certain temps d'immersion.



Mise à l'eau une ancre flottante réalisée avec un tunnel de tissu. Cette version ne comprenait pas de trous pour améliorer la circulation de l'eau à travers l'ancre et la rendre plus efficace.

Tubes de PVC

L'ancre flottante peut également être réalisée avec des tubes de PVC de type gouttière.



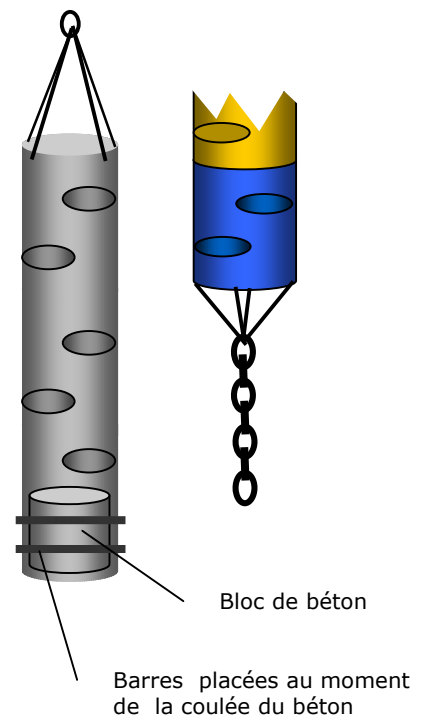
Exemples d'ancres flottantes : le tunnel de tissu et au fond le tube de PVC.

Lest

En béton ou en acier (chaîne) à adapter en fonction de l'ancre flottante choisie : le béton peut prendre une forme choisie dans un moule. Le lest en béton peut être adapté par exemple au diamètre intérieur de l'ancre flottante en tubes de PVC :

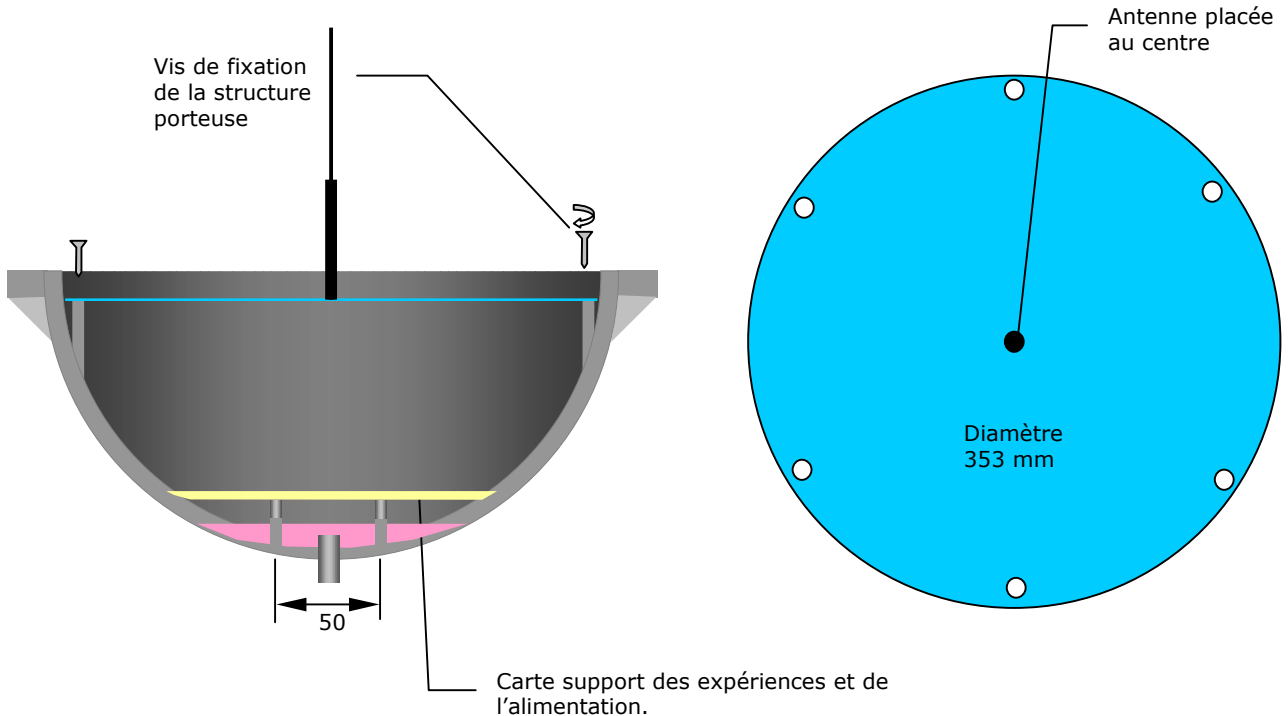


Exemple de chaîne d'acier utilisée comme lest d'une bouée. Ici la bouée Araignée réalisée par une école du Languedoc-Roussillon



Aménagement intérieur

L'intégration des équipements est faite dans l'hémisphère sud de la bouée. L'élément principal de la structure est le plan de masse.



Plan de masse

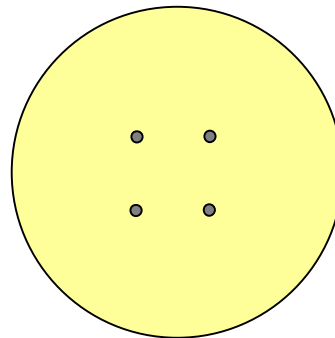
C'est un disque d'inox ou d'aluminium d'un diamètre de 353 mm et d'une épaisseur de 2mm environ

Il est percé en son centre afin d'y fixer l'antenne émettrice du système ARGOS.

Platine expériences

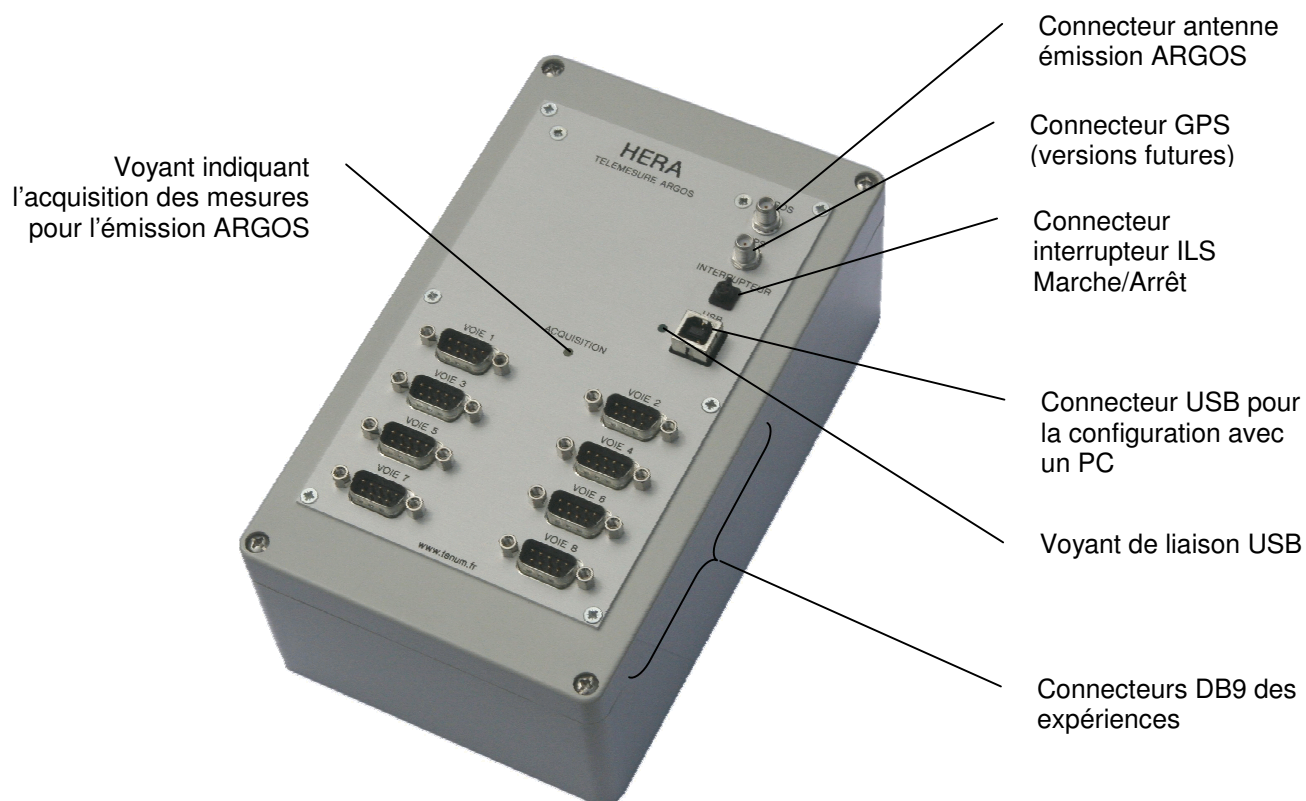
C'est la carte qui regroupe les expériences embarquées dans la bouée. Pour la conception, attention à prendre en compte la profondeur de la coque pour l'implantation des composants de grandes dimensions. Remarque : il faut travailler en trois dimensions !

Exemple de platine de 200mm de diamètre



Le système de télémétrie HERA/MARGOS

Description du boîtier



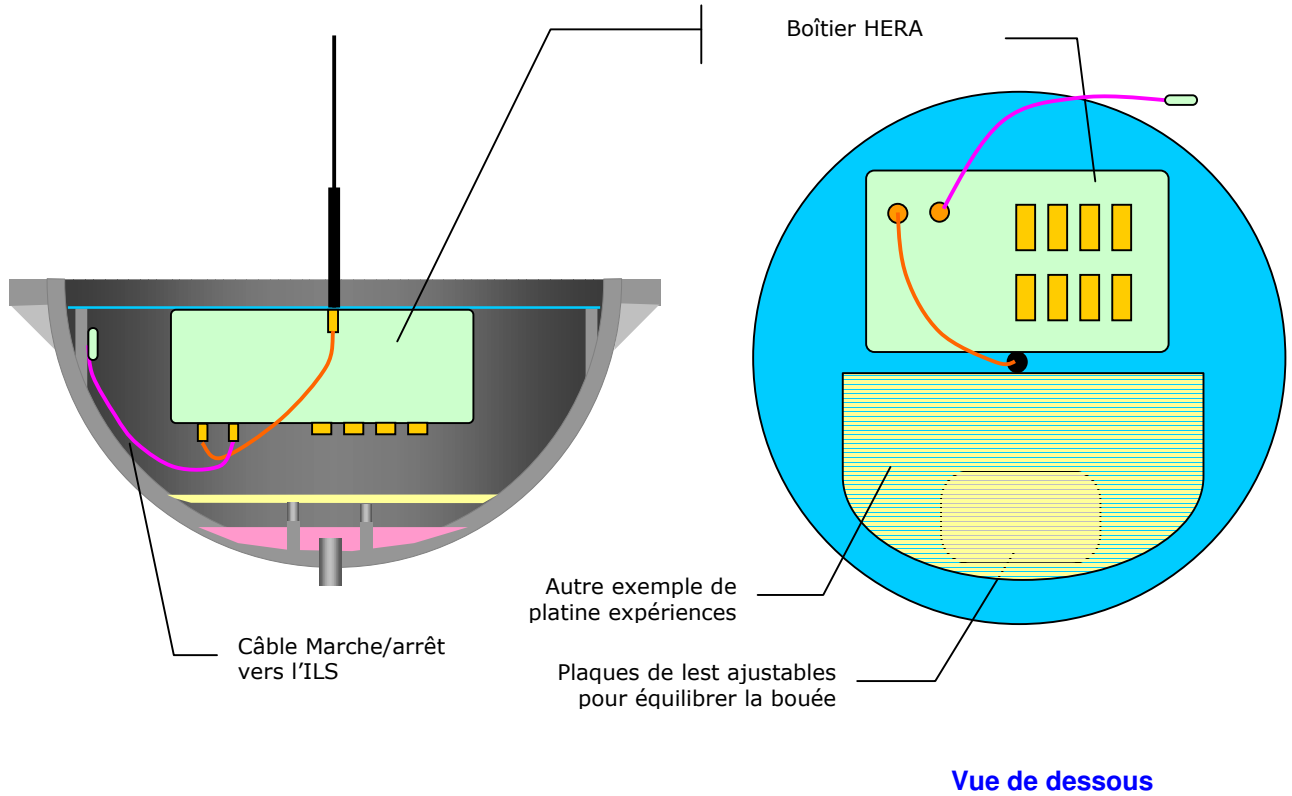
Dimensions : 200 x 120 x 80mm

Masse sans pile : 700g

Le boîtier HERA, comprend la carte HERA qui fait les mesures des capteurs et qui héberge la carte MARGOS qui elle, est chargée d'émettre les données au format ARGOS vers les satellites dédiés.

Intégration du système

Pour intégrer ce boîtier dans une bouée grise, il convient d'utiliser ses pattes de fixation pour le fixer sous le plan de masse. Outre les expériences, le câble d'antenne sera à connecter ainsi que le câble de l'interrupteur à lame souple (ILS)



Fonctionnement pour ARGO TECHNO

Principe de fonctionnement

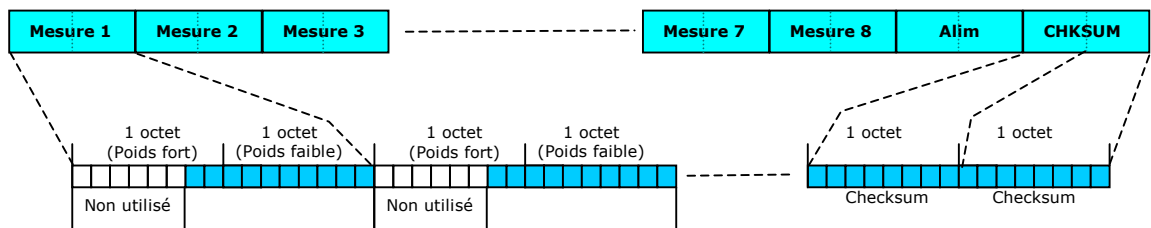
Le boîtier HERA est paramétré pour émettre un signal vers les satellites, toutes les 120 secondes. Avant d'émettre, les expériences sont mises sous tension, et les acquisitions des tensions (numérisation) sont réalisées. Une fois ce travail terminé les alimentations des expériences sont coupées, la trame de données est émise et le système se met en sommeil jusqu'à la prochaine émission.

Caractéristiques techniques :

La boîtier permet de réaliser 8 acquisitions de tensions électriques dont les valeurs sont comprises entre 0 et 5 volts. Ces tensions sont numérisées et codées sur 10 bits. La résolution est donc de $5V / 1024 = 0,0048V$ soit environ 5 mV.

Pour transmettre les 10 bits d'une mesure, nous utilisons deux octets. Le système ARGOS nous permet d'ajouter les données capteurs dans sa trame, par paquets de 4 octets.

Nous allons transmettre 8 mesures de capteurs ($8 * 2$ octets), une mesure de tension électrique d'alimentation (2 octets) et une somme de validation des données (Checksum codée sur 1 octet répété 1 fois). Nous avons ainsi un total de 20 octets soit 5 paquets de 4 octets.



Lecture des mesures

Le résultat d'une mesure est stocké octet de poids fort en premier, puis octet de poids faible.

Regardons un exemple de lecture depuis le site ArgosData :

Date Msg	SOR #10	SENSOR #11	SENSOR #12	SENSOR #13	SENSOR #14	SENSOR #15	SENSOR #16	SENSOR #17	SENSOR #18	SENSOR #19	SENSOR #20
07-oct.-2008 10:36:49	00	00	00	00	00	03	B2	03	00	B8	B8
07-oct.-2008 10:37:39	00	00	00	00	00	03	B5	03	05	C0	C0
07-oct.-2008 10:38:29	00	00	00	00	00	03	B4	03	06	C0	C0

La mesure, sur la voie n°8 est visible dans les colonnes Sensor#15 (Octet de poids fort) et Sensor#16 (Octet de poids faible) => \$03B2 pour la première ligne.

Comment obtenir la tension ?

- 1/ Transformer la valeur Hexadécimale en décimale : \$03B2 = 946
 - 2/ Transformer le nombre en tension : Appliquons la règle de Troyes ; -)
- $$U = 946/1024*5 ; U = 4,619V$$

La mesure de l'alimentation

Les données se trouvent dans les colonnes : Sensor#17 et Sensor#18

\$0300 = 768

Il faut savoir que la tension d'alimentation est divisée par deux avant d'être numérisé dans le boîtier HERA. Il suffira de multiplier le résultat obtenu pour avoir la bonne mesure :

$$U = 768/1024*5 * 2 ; U = 7,5V$$

La checkSum

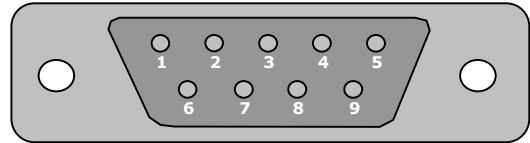
Elle permet de vérifier l'intégrité de la trame de données. Elle est stockée sur un octet et transmise deux fois : Sensor#19 et Sensor#20.

La checksum est la somme de tous les octets de la trame (du Sensor#1 au Sensor#18) modulo 256.

Description du connecteur des expériences

Les connecteurs du boîtier sont constitués de contacts mâles tandis que les expériences sont soudées aux connecteurs femelles.

Chaque connecteur comporte 9 contacts :



Les relais permettent de commuter un courant de 1 A max sous 12 V max.

Signification des broches :

br1 = PULSE

Une seconde avant de faire une acquisition, la carte HERA envoie une impulsion sur cette ligne. Elle peut être exploitée par les concepteurs des expériences pour réaliser une fonction nécessaire avant l'acquisition des mesures.

br2 = NC

br3 = NC

br4 = MESURE

Tension comprise entre 0 et 5 volts issue des capteurs. Toute tension supérieure est susceptible de détruire la carte de mesure. Il est recommandé de réaliser une protection dans vos montages si vous utilisez une tension d'alimentation de vos capteurs supérieure à 5 volts.

br5 = MASSE

L'indispensable référence de tension.

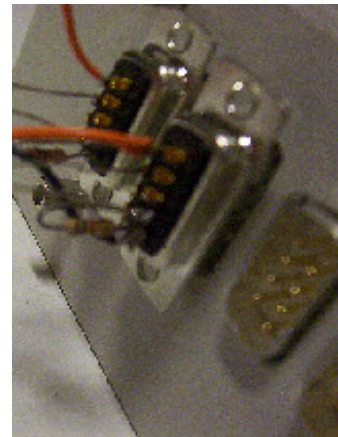
br6 = INTERRUPTEUR_1

br7 = INTERRUPTEUR_2

Ces broches sont connectées en interne sur un relais qui se ferme avant l'acquisition des mesures. Elles peuvent être utilisées pour mettre sous tension les expériences automatiquement avant chaque mesure. Après l'acquisition, les relais sont ouverts, les alimentations seront alors déconnectées. Cette méthode permet d'économiser de l'énergie pour les alimentations des expériences.

br8 = NC

br9 = NC



Alimentation des expériences de jeunes

Les expériences utilisant une tension supérieure à 24 V doivent être placées dans un boîtier isolant muni d'une étiquette indiquant « DANGER, présence de tensions supérieures à ... volts ».

Attention, si vous utilisez les relais de la carte d'acquisition pour mettre en fonction votre expérience, la tension maximale de commutation est de 12 V et le courant max de 1 A.

Dans tous les cas la tension représentative de la mesure à transmettre doit être comprise entre 0 et 5 V. Si votre alimentation dépasse cette valeur, vous devez nous démontrer que la mesure ne pourra pas dépasser 5 V (Utilisation d'un régulateur de tension de 5 V ou mise en place d'une diode Zener 5,1V).

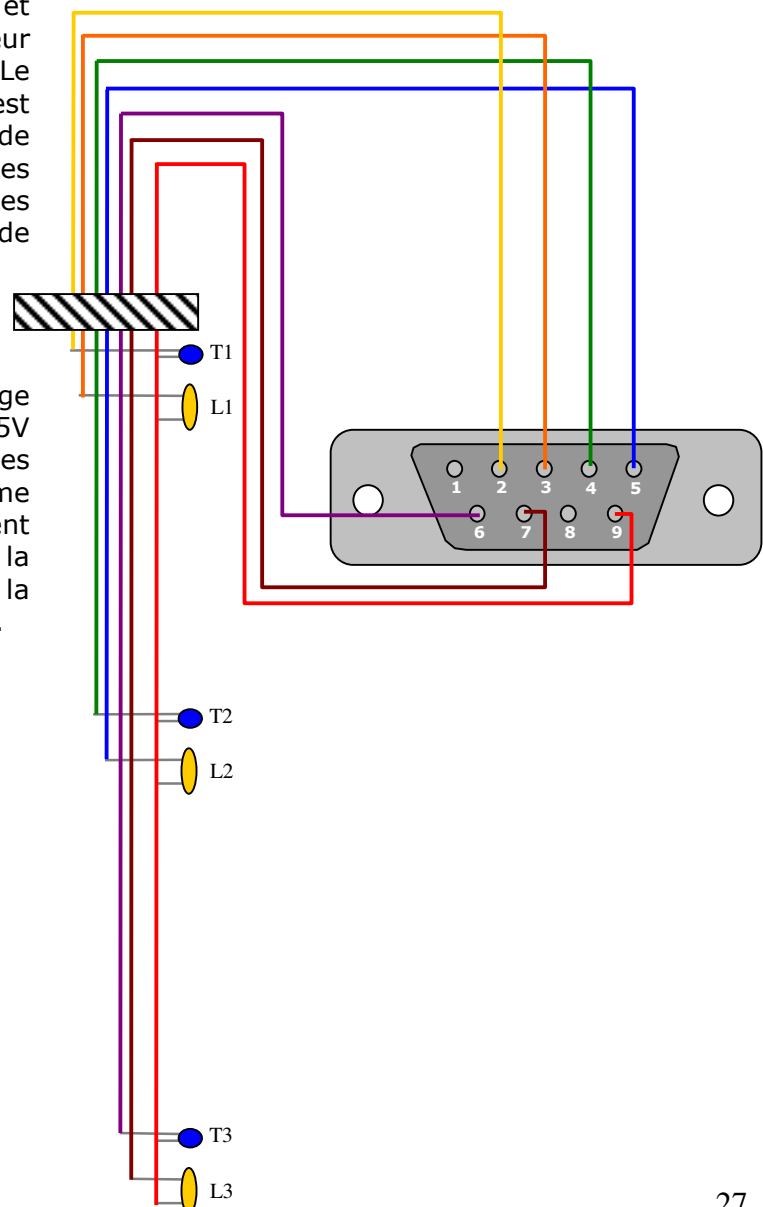
Exemple de connexions

Voici un exemple de connexions des expériences de jeunes au boîtier de télémesure HERA.

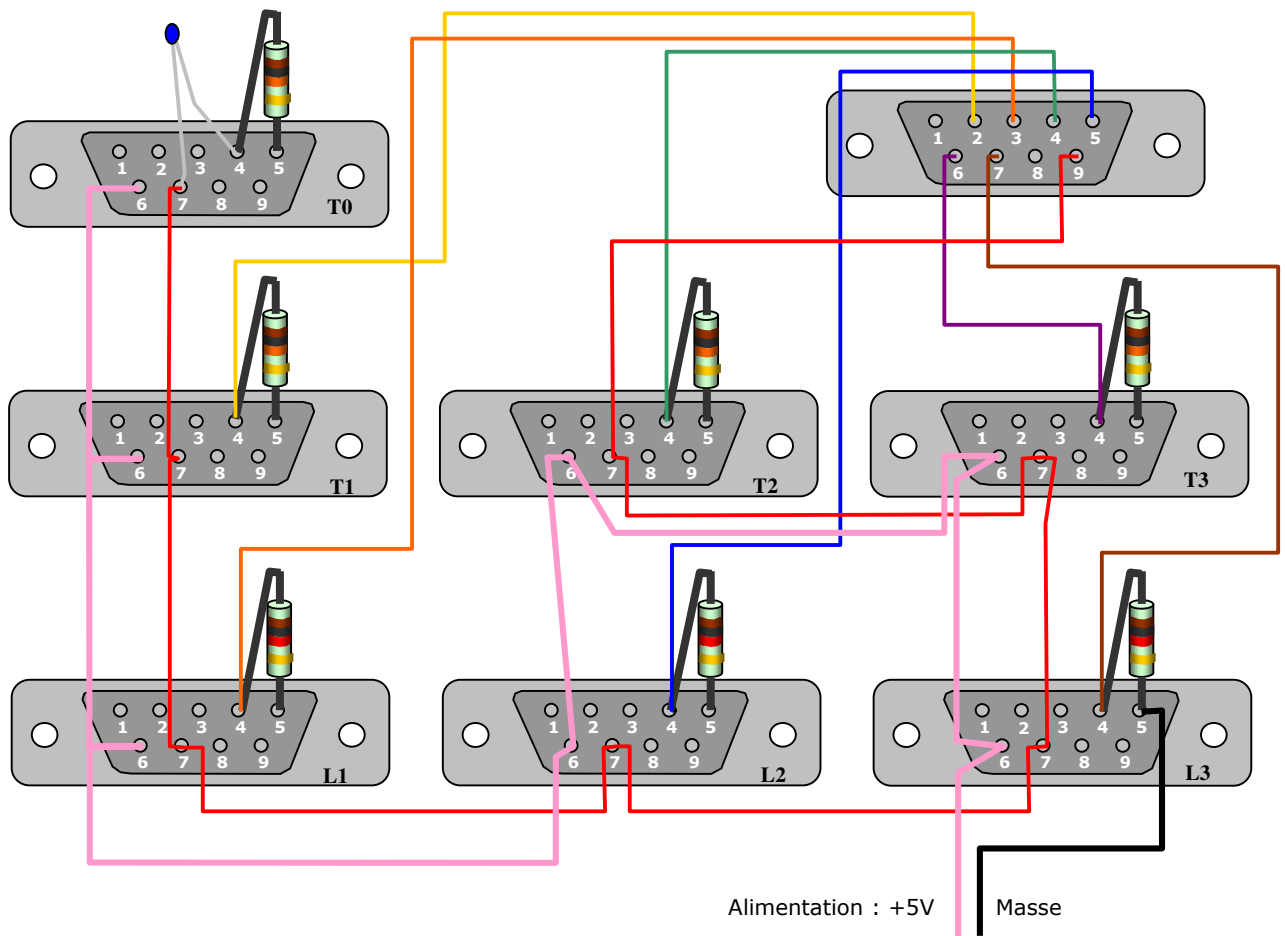
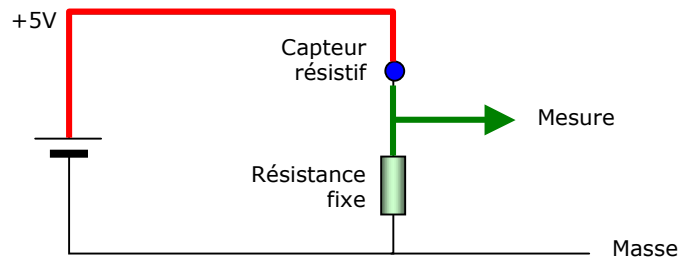
1/ Ligne de mesures de la bouée.

Six capteurs T1..T3 et L1..L3 sont à l'extérieur de la coque. Le connecteur 9 broches est à l'intérieur, il sert de liaison pratique entre les expériences et 6 des connecteurs du boîtier de télémesure.

Remarquez le fil rouge qui est l'alimentation 5V connectée à tous les capteurs. Un septième capteur est directement câblé à l'intérieur de la bouée (mesure de la température extérieure).

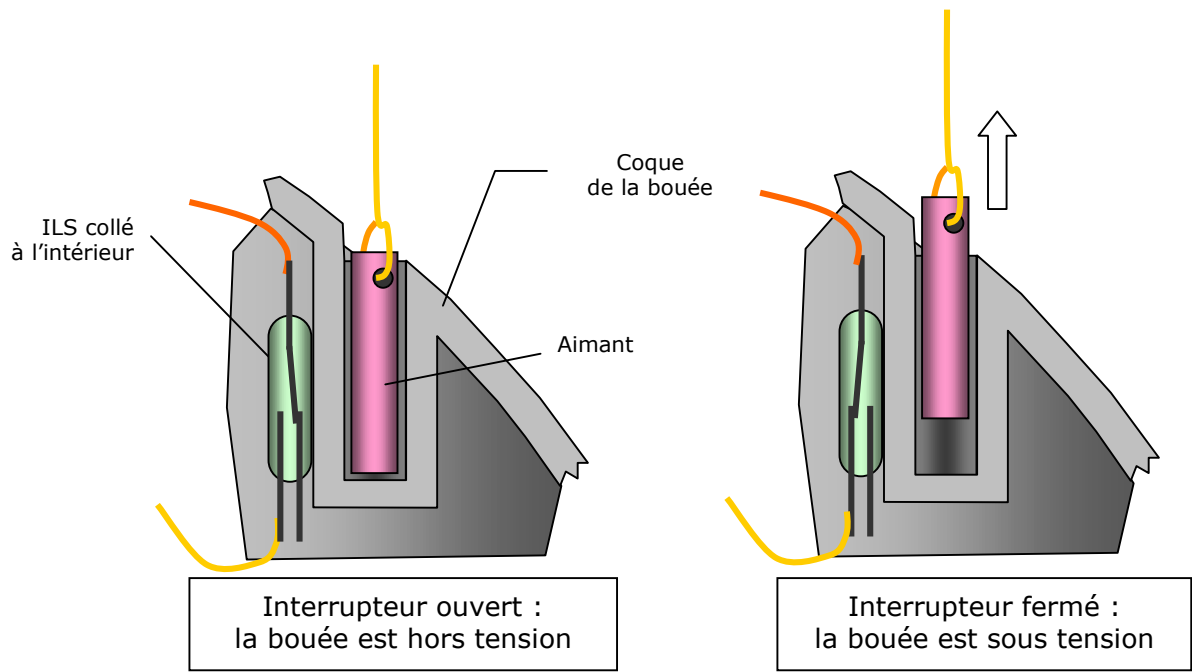


2/ Sept connecteurs d'expériences et leur câblage.



Interrupteur général de mise sous tension

La mise sous tension générale du boîtier HERA se fait grâce à un Interrupteur à Lamme Souple (ILS) qui est basculé par le retrait d'un aimant placé à l'extérieur dans un logement de la coque de PVC.



Outils d'acquisition et de restitution des données

Qualification des expériences

La chaîne complète de mesure peut être testée au sol, en deux étapes :

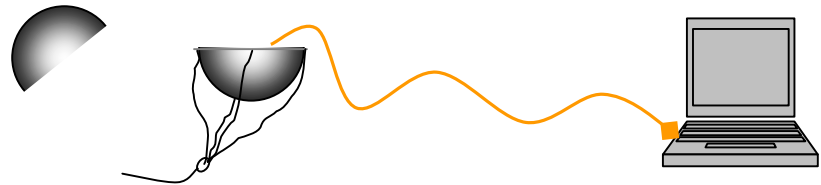
- 1/ Sans émission ARGOS avec une liaison directe par câble USB avec un ordinateur.

- 2/ Avec la carte ARGOS et l'utilisation d'un récepteur ARGOS ;

Les deux phases d'essais se font avec le même logiciel : ZEUS

Utilisation avec un ordinateur

Connexion des éléments



Un simple câble USB est utilisé entre la carte HERA et un PC équipé d'une prise USB.

Utilisation du logiciel ZEUS

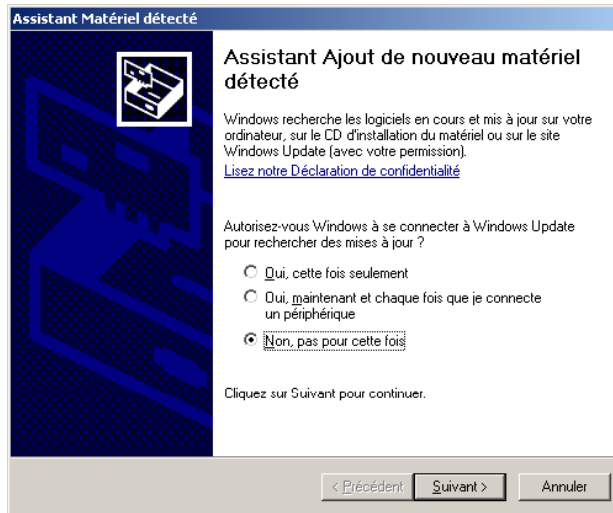
Ce logiciel est destiné à paramétrer les boîtiers HERA. Dans sa version « Spéciale Argo-Techno », il permet de faire l'acquisition des mesures des capteurs de la bouée, de visionner les courbes et d'écrire les données dans un fichier texte utilisable avec un tableur. Lors de cette utilisation, en classe ou en atelier, aucune émission ARGOS n'est effectuée.

La version « Spéciale Argo-Techno » ne permet pas de changer les paramètres ARGOS (n° identification, fréquence, etc) de la carte HERA mais uniquement de les visionner à des fins pédagogiques.

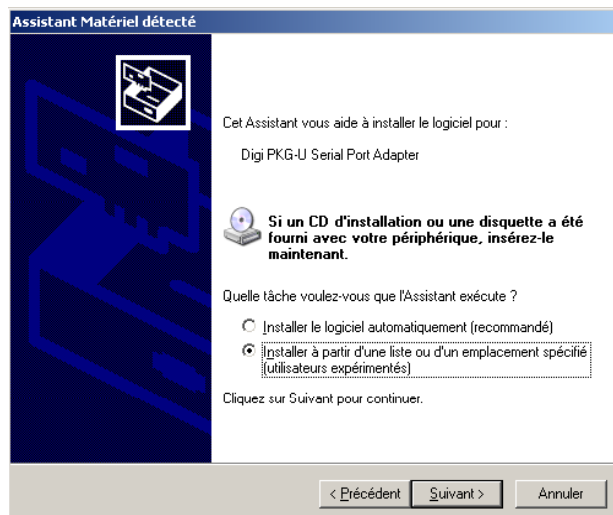
INSTALLATION ET UTILISATION DU LOGICIEL ZEUS

Installer le driver USB spécifique à HERA

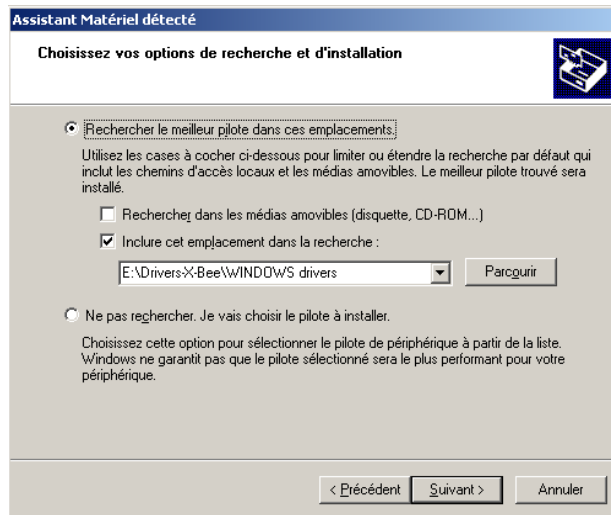
Lors du premier branchement du matériel sur le port USB de votre PC, le système va vous demander les drivers qui permettent à Windows de créer un port COM virtuel. Il faudra alors indiquer que l'on souhaite faire l'installation manuellement et donner le chemin vers le répertoire Drivers sur le CD-ROM.



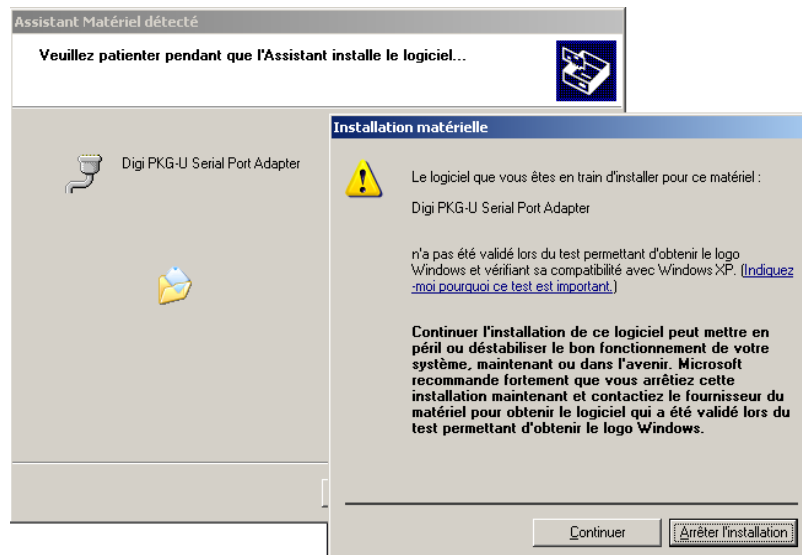
Sélectionnez : « Non, pas pour cette fois »



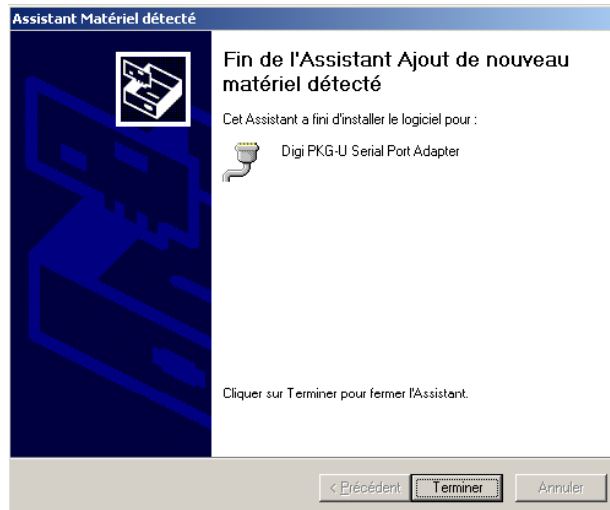
Sélectionnez : « Installer à partir d'une liste ou d'un emplacement spécifié »



Sélectionnez « Inclure cet emplacement dans la recherche » et donner le chemin d'accès au dossier Drivers du CD-ROM.



Le driver n'est pas de Microsoft , on continue quand même...



Terminé ! Cette procédure se répète souvent deux fois.

Dans ce cas, il faut absolument suivre les instructions une nouvelle fois.

Installer logiciel

Pour installer le logiciel, il suffit de démarrer le programme *Setup.exe* du dossier ***Install*** et de suivre les instructions.

Si toute fois, vous ne souhaitez pas installer le logiciel dans le menu de Windows, vous pouvez l'utiliser simplement à partir un dossier quelconque, dans lequel vous aurez pris soin de copier *zeus.exe*, *zeus.chm* et *zeus.ini*. Un double-clic sur l'exé démarre le logiciel.

Aucun autre fichier n'est installé ou copié pour son fonctionnement.

Reconnaissance du matériel

- Laisser le boîtier HERA hors tension
- Connecter le câble USB entre HERA et le PC
- Lancer le logiciel en cliquant sur son icône sur le bureau ou dans le menu Démarrer/Zeus.

La barre de base est affichée :



Pour reconnaître le matériel connecté il faut :

1/ Choisir le port série virtuel qui permet d'échanger des données avec le boîtier HERA.

Un truc pour connaître le bon port, si vous avez plusieurs ports séries : il suffit de lancer le logiciel avant de brancher la prise USB au boîtier HERA. Vous aurez ainsi la liste des ports séries déjà existants sur votre machine. Fermez le logiciel ZEUS, branchez le câble USB entre votre machine et le boîtier HERA. Lancez de nouveau le logiciel et le nouveau port série qui est apparu dans la liste est celui à utiliser.

Après une première configuration, lors des utilisations suivantes, le logiciel gardera par défaut, le port série déjà utilisé.

2/ Cliquer le bouton Connexion.

La jauge à droite du port série va s'animer.

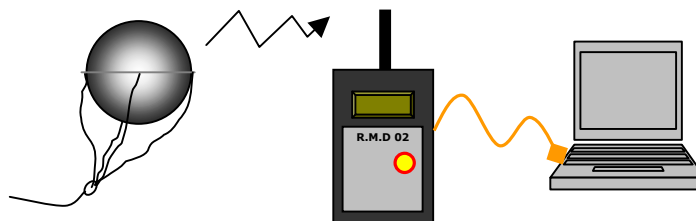
3/ Mettre sous tension le boîtier HERA. Le logiciel affiche des nouveaux boutons identifiant le matériel disponible :



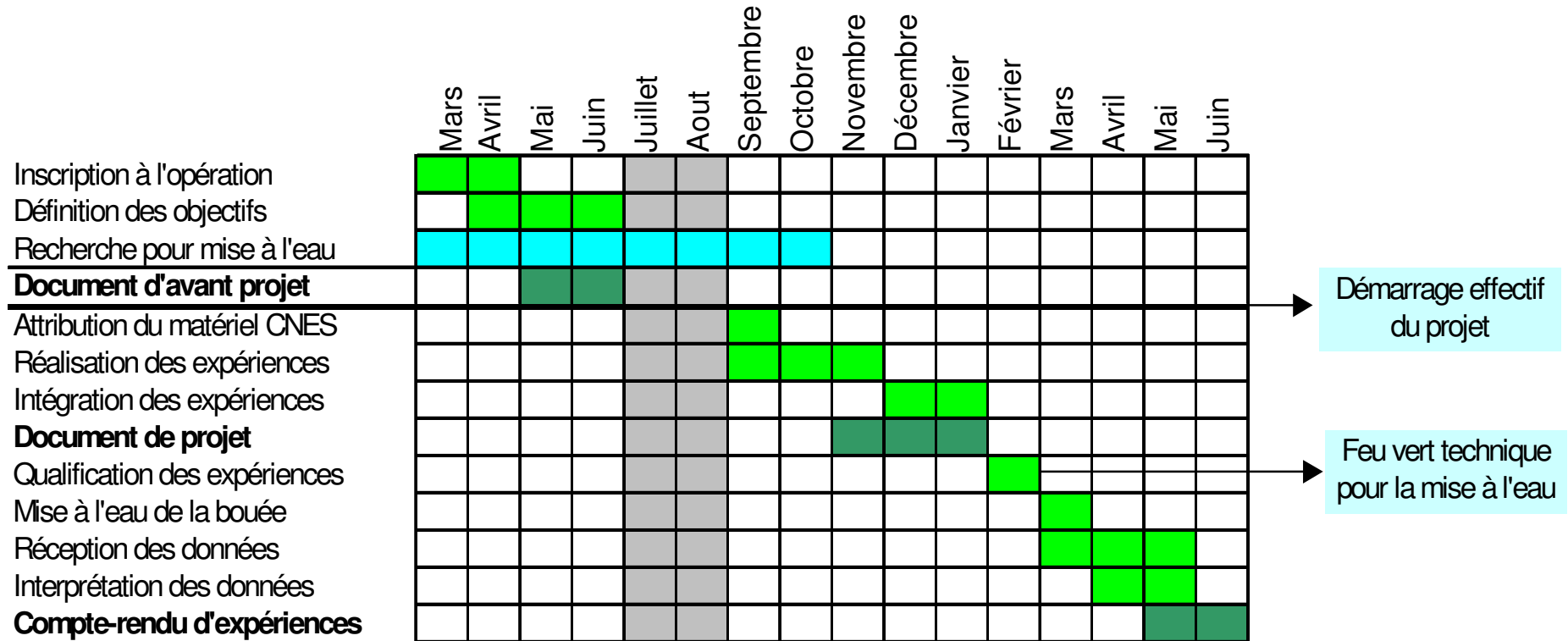
Pour le reste du fonctionnement du logiciel ZEUS, se reporter à l'aide en ligne et à la documentation spécifique livrée avec le logiciel.

Essais avec le système complet.

La bouée est mise en fonctionnement dans des conditions identiques à celles de sa mission. Les données sont reçues et restituées immédiatement par le récepteur portable mis à disposition par le CNES et Planète Sciences. Les jeunes peuvent ainsi vérifier rapidement le fonctionnement de leurs expériences et valider les résultats de leurs étalonnages.



Calendrier type d'un projet



Fiche de qualification

Visite n° :	Date :	Lieux :
Nom du projet :		
Nom de l'établissement :		
Nom de l'enseignant :		

A/ Connaissance des lieux de mise à l'eau

Carte des lieux, profondeur, température, circulation maritime, courants principaux, distance des côtes.

Documents joints

Remarques :

OK

B/ Définition des expériences

1/ Explication des objectifs des expériences ; formulation d'hypothèses

2/ Pour chaque type de capteur utilisé, définir les points suivants (sur une feuille annexe) :

- a/ Paramètre physique effectivement mesuré
- b/ Gamme de mesures
- c/ Choix du capteur
- d/ Montage adaptateur
- e/ Etalonnage du capteur (méthode et courbes)

Document « expériences – feuille annexe » reprenant ces 5 points pour chaque type de capteurs

Remarques :

OK

C/ Mécanique de la bouée

1/ L'ensemble de ce qui sera mis à l'eau dans le cadre du projet ne doit en aucun cas présenter un danger pour les véhicules et l'environnement marin, de même que pour toute personne qui viendrait à les manipuler.

Sont donc interdits :

- Les surfaces coupantes ou pointues.
- Les expériences dangereuses (pyrotechnie, pression ,...).
- Les systèmes électriques générant des tensions supérieures à 24 V.
- Les produits toxiques et/ou polluants.
- L'embarquement d'animaux morts ou vifs.
- Des éléments détachables.

Vérifier visuellement

2/ Attache des câbles porteurs

Vérifier visuellement

3/ Dispositif d'ancre flottante – Fixation au câble porteur

Vérifier visuellement

4/ Lest choisi – Fixation au câble porteur

**Calculs écrits de la masse du lest
Pesée du lest
Vérifier l'attache visuellement**

Remarques :

OK

D/ Etanchéité

Câble mesures / bouée

Câble mesures / capteurs

Tests de fonctionnement dans bassin

Remarques :

OK

E/ Intégration dans la bouée

Plan général de l'intégration mécanique

Document fourni

Plan de câblage électrique des capteurs à la télémessure

Document fourni

Fixation de tous les éléments dans la bouée

Retournement de la bouée

Remarques :

OK

F/ Tests finaux

Connexion de l'interrupteur général magnétique

Essais avec connexion avec un ordinateur

Tests sur table

Essais avec boîtier HERA

Remarques :

OK
[Tests sur table](#)

N° attribué au boîtier HERA :

Nom donné à la bouée :

Remarques complémentaires :