

# Refaire l'électricité dans son First 30

## 1 Quelques rappels de base

L'alimentation électrique de nos bateaux est construite à partir de batteries plus ou moins sophistiquées qui assurent le stockage de l'énergie que nos appareils électriques vont utiliser pendant nos traversées.

La tension est de type continue c'est à dire qu'il faut respecter la polarité des bornes des appareils électriques lors de leurs branchements sur la génération de bord.

Les batteries sont caractérisées par leur tension, en général 12V, et leur capacité en Ampère x heure. Dans le cas d'une batterie de 70 A.h, cette capacité exprime qu'elle peut fournir 70 Ampères pendant 1 heure ou 10 Ampères pendant 7 heures, etc. Il est possible de surveiller correctement le taux de charge de sa batterie en mesurant la tension à ses bornes. Je vous conseille la lecture du site <http://www.clubsnautiques.com/batteries/> dont est extrait le tableau suivant :

État de charge de la batterie selon son voltage au repos		
Charge	Voltage batterie à électrolyte liquide	Voltage batterie à électrolyte gélifiée
100%	12,7V	12,80V
90%	12,6V	12,72V
80%	12,5V	12,64V
70%	12,4V	12,56V
60%	12,3V	12,48V
50%	12,2V	12,40V
40%	12,1V	12,32V

Il est donc relativement facile de contrôler ses batteries avec un modeste voltmètre. Personnellement, j'utilise un voltmètre auto-alimenté et un commutateur rotatif à quatre positions qui permet de sélectionner la batterie dont je veux mesurer la tension.

### 1.1 Quelques formules

$P = UI$  ce qui se traduit par la puissance est le produit de la tension par le courant. Cette formule est intéressante pour calculer le courant consommé par les différents appareils électriques du bord

$U = RI$  la tension est le produit de la résistance par le courant. Cela permet de comprendre qu'un fil électrique de forte résistance va faire chuter la tension aux bornes de l'appareil électrique qu'il alimente.

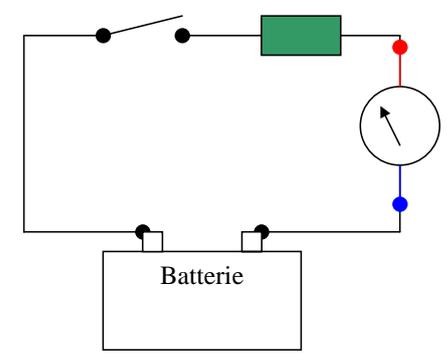
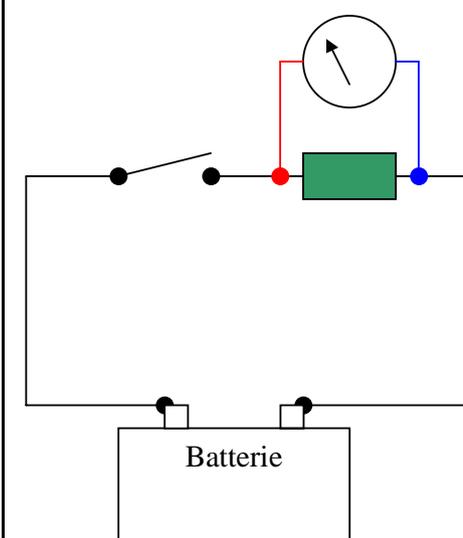
Pour mémoire, la résistance d'un fil s'écrit sous la forme  $R = \rho \cdot \text{longueur} / \text{section}$ . Pour résumé :

- 1) plus le fil est long, plus il doit être gros
- 2) plus le courant à distribuer est important, plus le fil est gros

$\rho$  est la résistivité du cuivre.

## 1.2 Mesure des grandeurs électriques

Pour faire les mesures nécessaires et suffisantes sur le faisceau électrique d'un bateau, il faut posséder un multimètre, numérique de préférence, on en trouve maintenant à moins de 15€ qui sont amplement suffisants pour nos besoins. Les fonctions de base que nous allons utiliser sont le voltmètre et l'ampèremètre. La fonction ohmmètre, n'est utilisé que pour s'assurer de la continuité d'un fil.

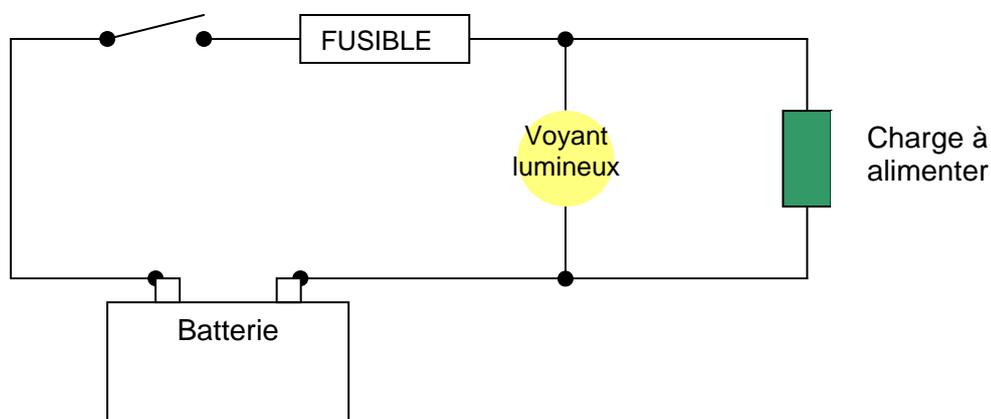
	ampèremètre	voltmètre
grandeur mesurée	Il mesure l' <b>intensité en 1 point</b>	Il mesure la <b>tension entre 2 points</b>
montage	<p><b>en série</b> dans le circuit (le montage nécessite une coupure du circuit au point considéré)</p> 	<p><b>en dérivation</b> entre les 2 points considérés. (pas de coupure du circuit)</p> 
résistance	La résistance électrique de l'ampèremètre doit être <b>la plus faible possible</b> pour que l'appareil ne freine pas de manière sensible le courant dans le circuit.	La résistance du voltmètre doit être <b>la plus grande possible</b> pour que le courant dérivé dans l'appareil soit négligeable.
appareil analogique	Il est réalisé le plus souvent à partir d'un <b>galvanomètre</b> en ajoutant des <b>résistances de faible valeur en dérivation (shunts)</b> .	Il est réalisé le plus souvent à partir d'un <b>galvanomètre</b> en ajoutant des <b>résistances de forte valeur en série</b> .
appareil électronique	Il est réalisé à partir du voltmètre par mesure de la tension aux bornes d'une résistance de faible valeur parcourue par le courant (shunt).	.Appareil de base doté d'un amplificateur lui permettant d'avoir une résistance interne très grande.

## 2 Principe de réalisation d'un faisceau électrique

Contrairement aux automobiles dont nous allons nous inspirer pour refaire le câblage électrique de nos chers bateaux, il n'est pas question d'utiliser la coque comme pôle négatif de l'alimentation. Non seulement cela n'est pas possible, nos yachts sont fabriqués dans une matière isolante mais cela est **fortement DOMMAGEABLE** pour tous les bateaux construits en métal acier ou aluminium, par exemple. Cela induit des phénomènes d'électrolyse qui peuvent détruire la coque d'un navire ainsi câblé !!!

**CHAQUE** appareil branché sur notre réseau électrique le sera par **deux fils identifiés et partant du tableau électrique**, l'un le reliant au pôle positif, l'autre au pôle négatif de la batterie.

Dans le long cheminement qu'un fil électrique parcourt dans nos bateaux, il peut subir différents outrages : pincement, coupe, court circuit avec un autre, etc. Cela nécessite une protection **INDEPENDANTE** de chaque circuit d'alimentation suivant le schéma suivant :

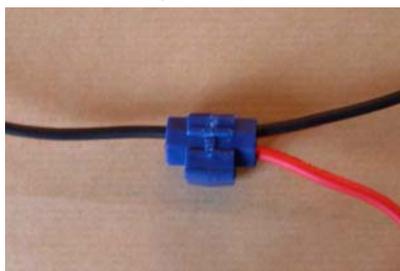


Le fusible est calibré en fonction de la charge à alimenter. Il faut veiller à ce que le voyant lumineux soit installé derrière le fusible, ainsi il indique aisément que le circuit est sous tension et que le fusible est bon.

Cette protection est souvent oubliée aux bornes des batteries, c'est pourtant là que le maximum d'énergie est disponible et peut conduire à des accidents aux conséquences fâcheuses voire irréversibles. Dans le schéma que je vous propose, elles y sont intégrées.

### 2.1 Ce qu'il faut éviter

- D'utiliser des fils non isolés et mal protégés. Il faut, idéalement, que, comme dans nos maisons, tous les fils passent dans des gaines, un « tir bouchonnage » dans un vague adhésif ne constitue pas une protection suffisante. N'achetez que des produits de qualité, qui ne sont pas forcément les plus chers.
- De faire des « reprises » de câblage à l'aide de cosses « voleuses »



- D'utiliser des dominos ou sucres.



- D'acheter des kits de câblage avec la pince et les cosses pré-isolées comme ci-dessous. On s'escrime à sertir le câble dans une cosse avec la pince en acier à ferrer les ânes et en plus le résultat est caché par l'isolant...



- De brancher un nouveau consommateur sur un réseau en changeant simplement le fusible de protection et sans s'assurer que la section des fils est correcte vis à vis de la préconisation suivante, valable pour des longueurs ne dépassant les 5 mètres : **1 mm<sup>2</sup> pour 5 A, 2 mm<sup>2</sup> pour 10 A, 3 mm<sup>2</sup> pour 15 A**, etc.
- De penser que des connecteurs étanches sont la panacée universelle.... L'expérience montre, en effet, que l'eau finit toujours par entrer et que l'étanchéité prévue par le fabricant ne la laisse pas sortir....Donc, elle oxyde en toute tranquillité les connexions à l'intérieur du connecteur, comme cela on ne voit rien.

## 2.2 Brasure ou sertissage that's the question !

Une brasure est le résultat d'une soudure à l'aide d'un métal d'apport (étain/plomb) entre deux conducteurs de même nature, en cuivre, à priori dans notre cas. Le sertissage est le résultat d'une action mécanique réunissant un fil conducteur et une cosse qui peuvent être en métaux différents. C'est là que peut résider le problème. En effet, n'oubliez pas, que si vous mettez en contact deux métaux différents dans le milieu marin, vous avez réalisé une magnifique pile électrique. L'échelle suivante, issue de vieux cours de chimie classe les métaux suivant leur « **noblesse** ».

<b>Plus noble</b>	Platine
	Or
	Argent
	<b>Inox 316</b>
	Nickel
	<b>Bronze</b>
	<b>Cuivre</b>
	Laiton
	Plomb
	Fer
	<b>Aluminium</b>
<b>Moins noble</b>	Zinc
	Magnésium

Plus les métaux constituant les deux « électrodes » sont espacés sur notre échelle, plus le métal le moins noble aura de facilité à abandonner ses ions au profit du métal le plus noble. **Par exemple, l'aluminium va se corroder au profit du cuivre, mais le zinc va se corroder au profit de l'aluminium.** C'est pour cela que les électrodes qui protègent les pièces métalliques immergées de nos bateaux sont en zinc.

De mon point de vue, il faut réserver l'usage de cosses serties à l'intérieur du bateau. En faisant attention au revêtement de la cosse.

## 2.3 L'outillage nécessaire et les fournitures de base

La liste n'est pas énorme et pourra, à de rares exceptions près, intégrer ensuite la caisse à outils du bord :

- Un bon fer à souder 60 W que l'on pourra choisir alimenté en 12 V pour pouvoir l'utiliser facilement à bord par la suite.
- Un contrôleur universel. Le choisir avec un buzzer pour réaliser des tests de continuité
- Une paire de pinces coupantes : une de taille moyenne pour couper les fils de forte section, une plus petite dite « d'électronicien », pour les cas d'accès difficile et si vous souhaitez réaliser votre tableau électrique.
- Un pistolet à air chaud pour les gaines thermo-rétractables.
- Quelques tournevis de tailles variées
- Une petite pince

Les fournitures de base :

- Bobine de soudure électronique à flux de décapage incorporé.
- Gains thermo-rétractables de différents diamètres. Avec ou sans colle interne.
- Graisse « marine »
- Graisse Hampton (en rayon plomberie)
- Scotch papier

## 2.4 Les recettes de cuisine

### 2.4.1 Comment récupérer un fil oxydé !

L'oxydation en surface du cuivre des fils, ne gêne pas le passage des électrons mais induit une résistance de contact incompatible d'un réseau électrique de bonne qualité. Les fils les plus oxydés se trouvent à l'extérieur (pied et feux de mât, feux avants ou dans les coffres comme le feu de poupe où la prise pour le pilote automatique. Il s'agit, plutôt, d'éviter de remplacer des fils inaccessibles comme ceux qui passent dans une goulotte noyée dans la stratification du roof.

Le matériel nécessaire : fer à souder, graisse Hampton, pince à dénuder, soudure.

La méthode consiste à étamer le fil. Pour cela, il faut

1. dénuder le fil sur 1 cm environ
2. tremper l'extrémité dénudée dans le tube de graisse Hampton
3. chauffer le fil et la graisse avec le fer à souder.

Répétez les opérations 2 et 3 plusieurs fois, la graisse fond sur le fil et le décape. Avant de reprendre le cycle de décapage, présentez la soudure. Elle doit se répartir par capillarité sur la zone dénudée du fil. Si le métal d'apport reste en boule, répétez les étapes 2 et 3, et ainsi de suite jusqu'à l'étamage complet qui doit être brillant. Cela peut être long ! Attention, une partie de l'isolant peut fondre pendant l'opération. Pour éviter le phénomène, procédez en plusieurs étapes entre lesquelles le fil pourra refroidir ou plus simplement, tenir le fil avec une pince.

Cette partie étamée permet de reprendre le faisceau de manière convenable. En effet, on pourra souder un bout de fil neuf à partir de cette partie étamée. Une gaine thermo-rétractable si possible avec colle protégera cette jonction.

## 2.4.2 La graisse comme substitut d'étanchéité ?

Je l'ai évoqué les problèmes d'étanchéité dans les connecteurs. Vous avez certainement compris que je n'y croyais pas. Comme alternative, je vous propose d'utiliser de la graisse, la meilleure est au silicone, mais une graisse à winch convient aussi.

Voici le mode opératoire, après avoir fixé les fils dans les contacts du connecteurs soit par soudure soit par sertissage, remplissez l'espace entre le capot protecteur et les contacts avec de la graisse. Elle doit bien « dégueuler » après le serrage du capot . Normalement, si vous en avez mis suffisamment, vous aurez plein de graisse sur les doigts !!!

J'utilise avec bonheur cette même recette au moment d'insérer les contacts mâles dans les femelles. L'hiver, j'enduis de graisse les deux parties des connecteurs de pied de mât. De même, n'hésitez pas à en mettre sur les culots des ampoules dans différents feux ou luminaires de votre embarcation

## 2.4.3 Dimensionnement des fusibles

Vous savez dimensionner la section du fil en fonction de la consommation en ampère de l'appareil à alimenter. Par contre, je n'ai pas fait de préconisation en ce qui concerne les fusibles !

Dans un faisceau électrique, le rôle d'un fusible est de le protéger contre des courts circuits. Ce n'est pas lui qui protège l'appareil ! Par contre, beaucoup de consommateurs présentent une forte consommation au démarrage puis elle revient à niveau plus normale. Les fabricants n'indiquent que rarement cette consommation, il faut donc appliquer une majoration à celle donnée qui représente le fonctionnement en phase stabilisée. Une solution est d'utiliser des fusibles temporisés, outre qu'ils sont plus chers, ils sont moins disponibles en magasin. C'est pour cela que je préconise de calibrer le fusible 20% au-dessus de la consommation de l'appareil dont il protège le circuit d'alimentation, arrondi au calibre supérieur le plus fréquent.

## 3 Application au FIRST 30

En revenant d'un salon nautique, on est frappé par l'indigence d'un tableau électrique d'un First 30, non modernisé..... Seulement 5 disjoncteurs sur un tableau qui fait à peine 10X15 cm...C'est bien maigre par rapport aux dizaine ou vingtaine d'interrupteurs et cadrans que l'on trouve sur les tableaux électriques de certaines unités.



C'est vrai qu'à l'époque de la création du First 30, il n'y avait pas de GPS, peu de centrales électroniques et encore moins de lecteurs de cartes marines. Ceci explique pourquoi, nous pouvons trouver, dans certains First 30, une installation électrique dans un état pitoyable... !!! Il faut donc reprendre tout pratiquement à zéro.

### 3.1 Inventaire de la situation actuelle

Faire la liste de tous les appareils électriques qui fonctionnent à partir du réseau embarqué. A partir du tableau électrique installé, il faut faire l'inventaire de tous les fils y arrivant et les marquer à l'aide d'une étiquette que vous pouvez réaliser avec le ruban adhésif papier.

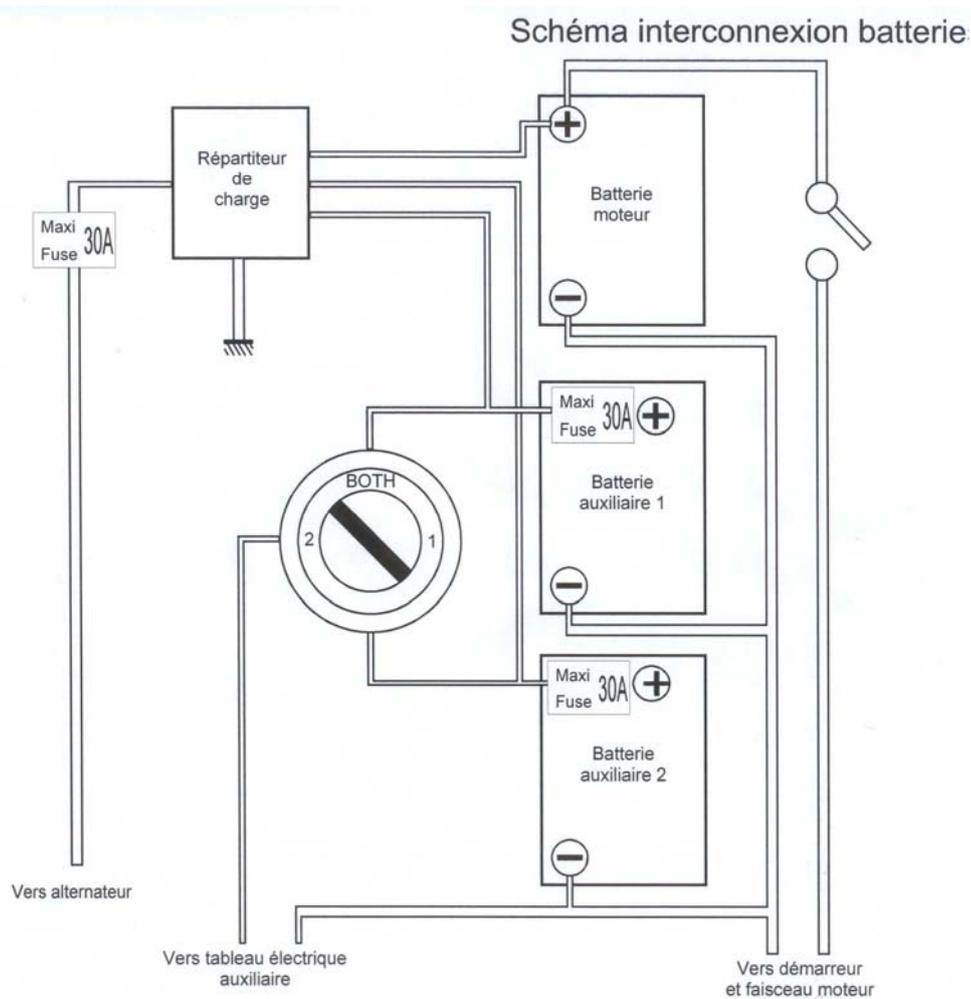
Après, vous allez rechercher tous les bricolages qui ont mis à mal la fiabilité de l'installation en général. Un appareil photo numérique peut être d'une aide précieuse pour voir à votre place dans les endroits difficiles d'accès !!! C'est très instructif.....

## 3.2 Réalisation du schéma de câblage

Vous allez passer maintenant à une phase plus constructive. Tout d'abord vous allez préparer le schéma de câblage en fonction de la position de chaque consommateur et en ménageant des arrivées d'alimentation en fonction de votre estimation des futurs besoins. On tiendra compte, bien entendu, du rassemblement de tous les fils au dessus de la première marche de la descente. C'est pour cela que je conseille de conserver le même emplacement pour le futur tableau.

### 3.2.1 Câblage des batteries

La batterie se situe sous la couchette du carré sur tribord. Souvent, une deuxième batterie a été ajoutée. Comme précédemment, il faut faire un état des lieux pour estimer le travail nécessaire. Vous connaissez le robinet coupe batterie situé sous les pieds de la couchette tribord. Au minimum, deux gros fils arrivent du compartiment moteur et servent à l'alimentation de son tableau électrique, du démarreur et renvoient le courant de charge de l'alternateur. Je vous propose le schéma de câblage suivant :



En ce qui concerne le coupleur de batteries, j'ai utilisé un répartiteur de marque Scheiber ([www.scheiber.fr](http://www.scheiber.fr)). Malheureusement, il consomme un peu trop à mon goût. J'ai donc intercalé un relais, commandé par le +12V après contact du moteur, dans son circuit de masse.

Dans mon cahier des charges, j'ai intégré les spécifications suivantes :

- Une batterie est réservée pour le moteur, elle possède son propre coupe batterie. Elle sera appelée batterie moteur.
- Une autre voire deux autres batteries sont dédiées au reste de l'installation électrique. Elles seront appelées batteries servitude 1 et 2. Leur couplage est différencié et se fait par un coupleur mécanique duquel part les fils de grosse section qui alimenteront le nouveau tableau électrique.
- Les pôles positifs des batteries de servitude sont protégées par un fusible.
- La distribution du courant de charge de l'alternateur se fait dans un coupleur à relais qui permet de limiter les interventions sur le circuit de charge. C'est un répartiteur une entrée trois sorties. La batterie moteur est privilégiée.

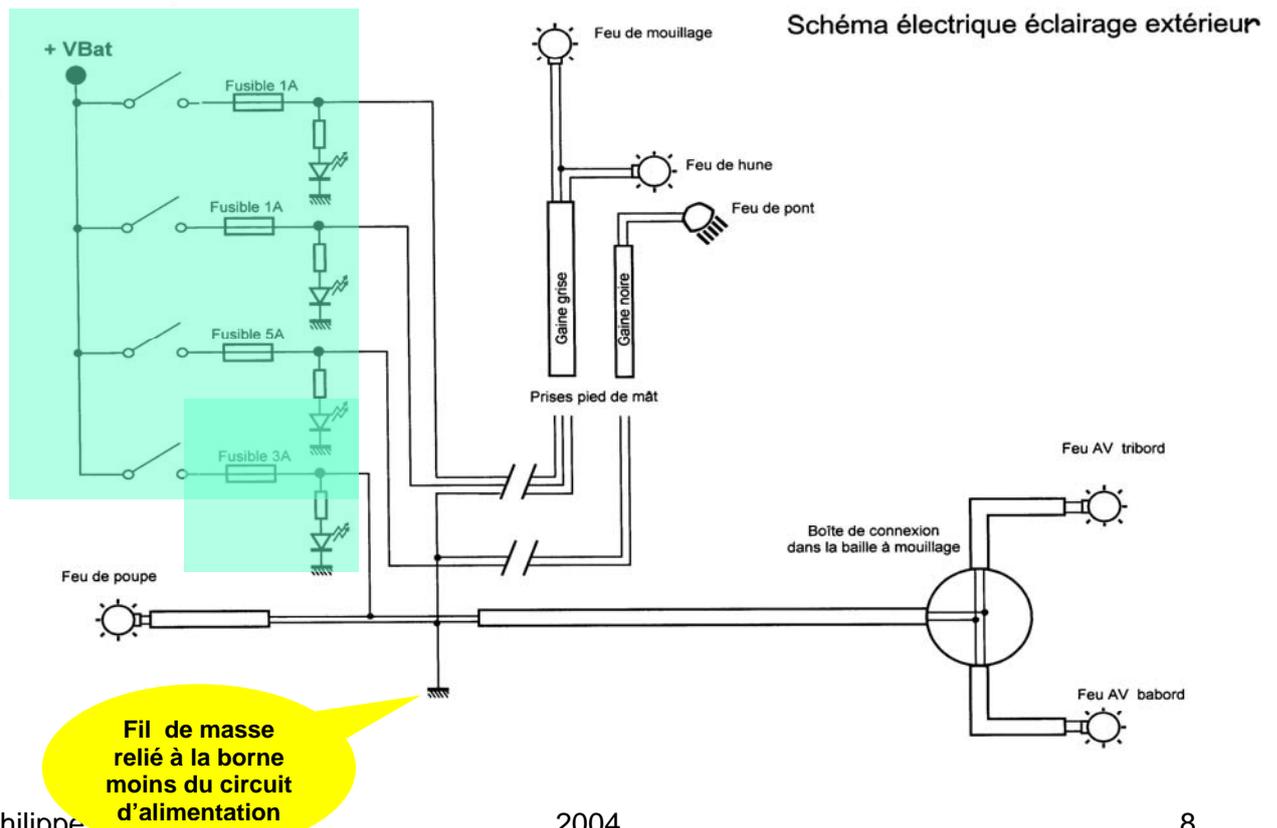
Ce schéma, une fois établi, nécessite quelques explications ! Première chose pour clarifier le tracé j'ai volontairement séparé la sortie alternateur de l'alimentation du circuit électrique du moteur. Sur mon bateau, cette séparation n'était pas faite, libre à vous de le faire ou pas. Le répartiteur de charge que j'utilise s'en accomode fort bien.

Par rapport à l'équipement d'origine, j'ai ajouté un répartiteur pour les deux batteries de servitude. J'ai conservé le robinet coupe batterie d'origine pour la batterie moteur.

J'ai protégé indépendamment chaque batterie à l'aide de Maxi Fuse. Ces fusibles de fort calibre sont de type automobile, on en trouve facilement dans les magasins de pièces automobiles sous la forme unitaire, c'est le plus pratique. Les Maxi fuses sont à dimensionner en fonction du courant de charge maxi fourni par l'alternateur et par la consommation maxi de tous les appareils électriques branchés sur le circuit de servitude. L'alternateur du YS8 qui équipe mon bateau ne délivre pas plus de 25 A. De plus, j'ai estimé le courant maxi consommé par tous appareils électriques à 20 A.

Le circuit moteur est réalisé en fils de section 16 mm<sup>2</sup> et j'ai utilisé entre le coupleur de batteries de servitude et le tableau électrique des fils de section 10 mm<sup>2</sup>, 50 Ampères admissibles.

### 3.2.2 Le circuit d'éclairage extérieur



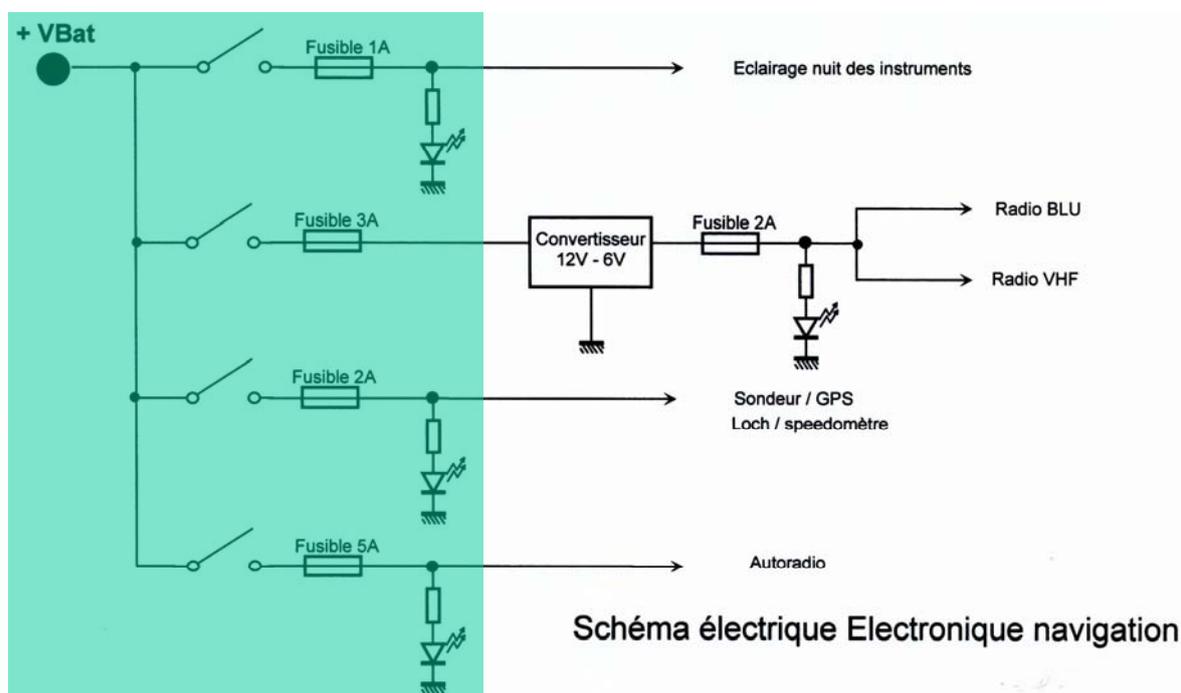
J'ai voulu réutiliser les emplacements existants de tous les feux. En faisant l'état de la situation, j'ai découvert des dominos dans le coqueron arrière et la baille à mouillage. J'ai remplacé complètement les fils d'alimentation du feu de poupe et j'ai supprimé les dominos en faisant un raccord soudé dans de la gaine thermo-rétractable à l'avant. Je n'ai pas changé les câbles d'alimentation des feux rouge et vert dans le balcon.

Dans le mât j'ai trouvé des dominos que j'ai supprimé, ils se trouvaient tout en bas, je n'ai pas compris la raison de leur existence !

Les fusibles vont vous paraître sous dimensionnés, en fait nos puisque tous les feux sont réalisés avec des diodes électroluminescentes qui permettent de diminuer sensiblement les consommations.

En pied de mât j'utilise des connecteurs disponibles chez tous les shipchandlers que je gorge de graisse.

### 3.2.3 Electronique de navigation



Il y a une grosse erreur dans ce schéma ! je n'ai pas fait figuré les fils de masse... Très important, chaque consommateur a droit à sa paire de fils ! En particulier pour la VHF et le récepteur BLU. Dans mon cas il s'agit de deux appareils portables qui doivent être alimentés en 6V. J'ai donc été amené à installer un convertisseur 12V – 6V. Mon conseil est de séparer les circuits de ces deux appareils et de sur dimensionner les fils.

Pratiquement toute l'électronique se situe aux abords de la table à cartes. Néanmoins, si vous avez, comme moi, installé des appareils dans la visière au dessus de la descente, je conseille une alimentation séparée entre ces instruments et ceux situés dans la table à cartes.

Ici aussi, la zone verte correspond au câblage interne du tableau électrique.

Dans mon bateau, les capteurs du loch et sondeur sont installés sous le plancher de la cabine avant. J'ai fait passer ces fils dans la penderie puis entre le roof et son habillage dans la partie babord, libre de tout fil, jusqu'à la visière du capot de descente. Cela assure un bon antiparasitage de cette installation.

L'autoradio doit lui aussi bénéficier d'une alimentation séparée. Certains, pour conserver les mémorisations de stations, ont besoin d'une alimentation permanente. Je n'ai pas

intégré ce besoin dans le schéma, car j'utilise un autoradio RDS qui me permet d'identifier rapidement les stations que je veux écouter.

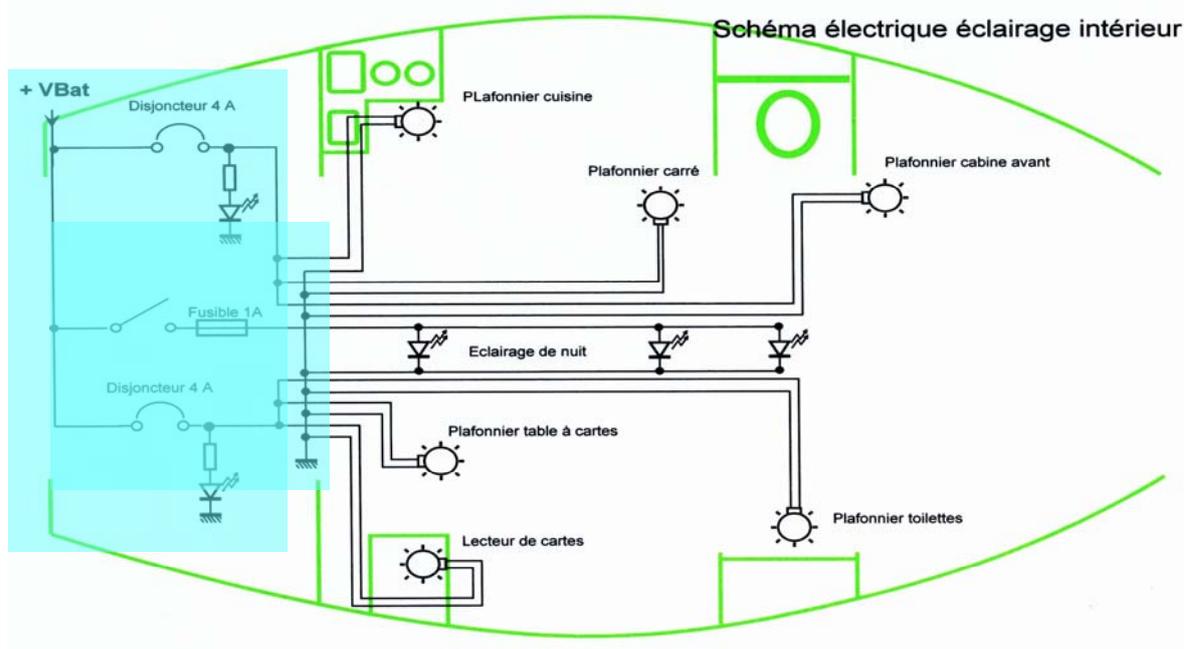
### 3.2.4 Schéma éclairage intérieur

Je n'ai ajouté aucun point lumineux supplémentaire à l'intérieur du bateau. Par contre, par rapport à la situation antérieure, j'ai créé deux réseaux différents protégés chacun par un disjoncteur de 4A, issus de l'ancien tableau.

Enfin j'ai prévu un circuit de veilleuses de couleur rouge, pour faciliter les déplacements dans le bateau par nuit noire. Ces petits luminaires, en fait des voyants rouge de matériel électrique, sont installés en partie basse de certains coffres pour éclairer le plancher.

Tous les fils passent dans une goulotte stratifiée dans le roof sur tribord.

Cela donne le schéma suivant :

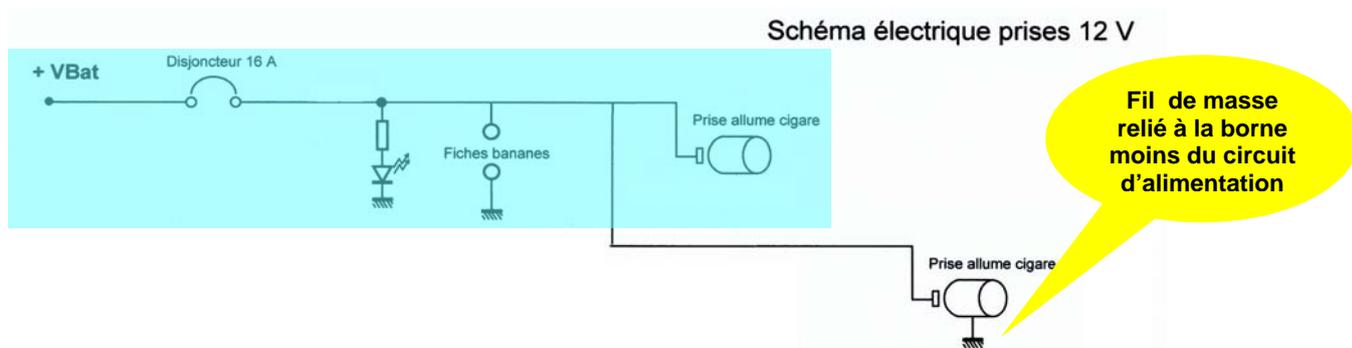


Comme d'habitude, la zone verte concerne la câblage interne du tableau électrique.

### 3.2.5 Schéma électrique prises 12V

Dans un premier temps, j'avais prévu des prises électriques directement installées sur le tableau électrique. Protégées par un disjoncteur de 16 A. Dernièrement, j'en ai ajouté une en pied de mât dans le coffre babord, câblée à l'aide de conducteurs de 3mm<sup>2</sup>.

Cela donne le schéma suivant :



Comme d'habitude la zone verte représente le câblage à l'intérieur du tableau électrique.

### 3.3 Réalisation du faisceau électrique

J'ai mixé dans ma réalisation fil simple et paire de conducteurs sous gaine. Cela dépend de l'espace libre et de la destination de ces fils. Par exemple, l'alimentation du feu de poupe a été réalisée avec une paire de conducteurs sous gaine directement du tableau au feu.

Les fils unitaires ont été, de toute manière, protégés par une gaine fendue maintenue pour éviter tout dommage.

J'ai installé une goulotte en PVC le long de l'ouverture de la descente pour laisser accessible cette partie du faisceau qui avant été masquée par le vaigrage.

**Temps passé : environ 2 jours**

### 3.4 Réalisation du faisceau électrique

J'ai mixé dans ma réalisation fil simple et paire de conducteurs sous gaine. Cela dépend de l'espace libre et de la destination de ces fils. Par exemple, l'alimentation du feu de poupe a été réalisée avec une paire de conducteurs sous gaine directement du tableau au feu.

Les fils unitaires ont été, de toute manière, protégés par une gaine fendue maintenue pour éviter tout dommage.

J'ai installé une goulotte en PVC le long de l'ouverture de la descente pour laisser accessible cette partie du faisceau qui avant été masquée par le vaigrage.

**Temps passé : environ 2 jours**

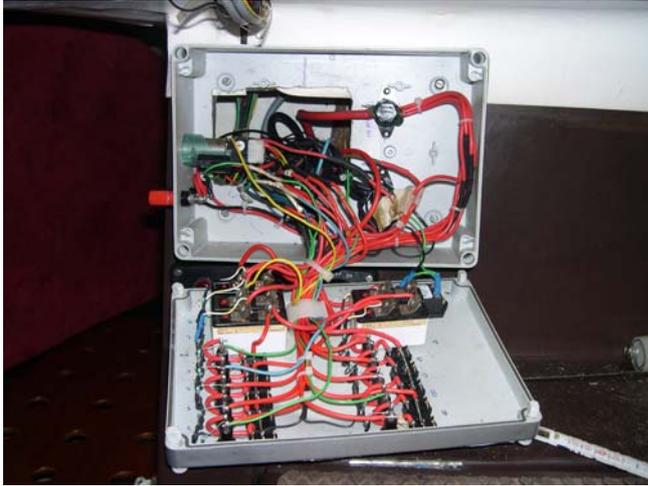
### 3.5 Réalisation du tableau électrique

Voici une photo du tableau électrique installé dans mon bateau.

J'ai utilisé une boîte plastique qui m'a permis d'obtenir le volume nécessaire pour câbler proprement tous les fils.

Sur la face avant de ce boîtier, j'ai installé tous les interrupteurs, voyants et fusibles. Je n'ai utilisé que des composants disponibles chez les détaillants d'électronique. Comme vous pouvez le constater, j'ai réutilisé les disjoncteurs du tableau précédent. A la réflexion, ce type de matériel, finalement plus facile à implanter proprement, seulement deux trous ronds sont nécessaires. Alors que mes interrupteurs carré m'ont demandé plus de travail. Bien sûr, les disjoncteurs sont plus chers et surtout leurs contacts sont moins fiables. En effet, les fils sont serrés entre deux plaques par une vis qui peut se desserrer, comme cela m'est déjà arrivé.





J'ai préparé le tableau électrique, à la maison. J'ai d'abord installé tous les disjoncteurs et les interrupteurs sur la face avant, puis j'ai réalisé la découpe du fond permettant de faire passer tous les fils, elle coïncide avec celle faite par le chantier sous la descente. On voit sur la photo que j'ai procédé à des ajustements de dernière minute. Ensuite, j'ai fixé, sur le fond du boîtier, trois bornes à vis, une pour le +12V les deux autres pour les masses, sur lesquelles j'ai réparti les différents conducteurs. La nécessité d'installer

deux bornes de masse s'est manifesté en comptant le nombre de fils à raccorder. Alors que pour le pôle positif, j'ai utilisé la technique du bus de distribution qui limite fortement le nombre de conducteurs à installer pour aller jusqu'à la face avant du boîtier. Ainsi, en utilisant un conducteur de  $3\text{mm}^2$ , j'ai pu regrouper les alimentations des feux et du projecteur de pont. Le bon sens permet ces regroupements sans jamais dépasser la capacité en ampère du conducteur, pour  $3\text{mm}^2$ , je rappelle qu'il ne faut pas dépasser 15A, dans le cas du tableau électrique, il vaut mieux tabler sur 10A.

Par contre, tous les fils sortant ont été soudés à ceux issus du faisceau du bateau en respectant le schéma électrique, bien sûr ! Se reporter aux différents schémas ci-dessus. Chaque soudure a été protégée par un manchon thermo-rétractable.

Deux prises 12V se situent sur côté du tableau vers la couchette cercueil.

Les voyants lumineux sont réalisés à l'aide de diodes électroluminescentes de 3 mm de diamètre. J'ai limité la consommation de chaque diode à 3mA à l'aide d'une résistance de 4 k $\Omega$ . La luminosité ainsi obtenue est largement suffisante et les voyants sont visibles en plein jour.

Bien sûr, il faut prévoir des emplacements libres au cas où. Enfin, j'ai profité d'un petit espace pour installer l'horamètre moteur dont était dépourvu mon bateau.

**Temps passé : 3 jours pour réaliser le tableau, 1,5 jour pour l'installer.**