



6 connectés
#####

Voilelec
Electronique et electricité à bord



Énergie du bord



Introduction

[Choix de la tension du bord](#)

[Bateau en 220 V alternatif](#)

[Pile à combustible](#)

[Chargeur de quai](#)

[Energimètre](#)

[Groupe électrogène](#)

[Générateur Stirling](#)

[Micro-générateurs](#)

[Guindeau](#)

[Tableau électrique](#)

[Section des câbles](#)

[Coupe-batteries](#)

[Les alternateurs](#)

[La pile à combustible](#)

[Les batteries](#)

[Les diodes](#)

[Les convertisseurs 12 >220 V](#)

[Propulsion électrique](#)

[Idée : générateur écologique](#)

[Bien raccorder plusieurs sources](#)

[Liens énergies](#)

Maj : 17/03/13

Abstract :

The purpose of this page is to federate the problems of energy on a sailing boat. A panorama of the various systems able to produce the electrical power. How to switch, transform and store the energy, with efficiency and security. How to manage without conflict a great number of various charging energy sources.

The choice between 12 or 24 volts, waiting next 42 V. Why not 220 V AC ? Separate pages for batteries, alternators and diodes.

The "how to do" for a fine wiring.

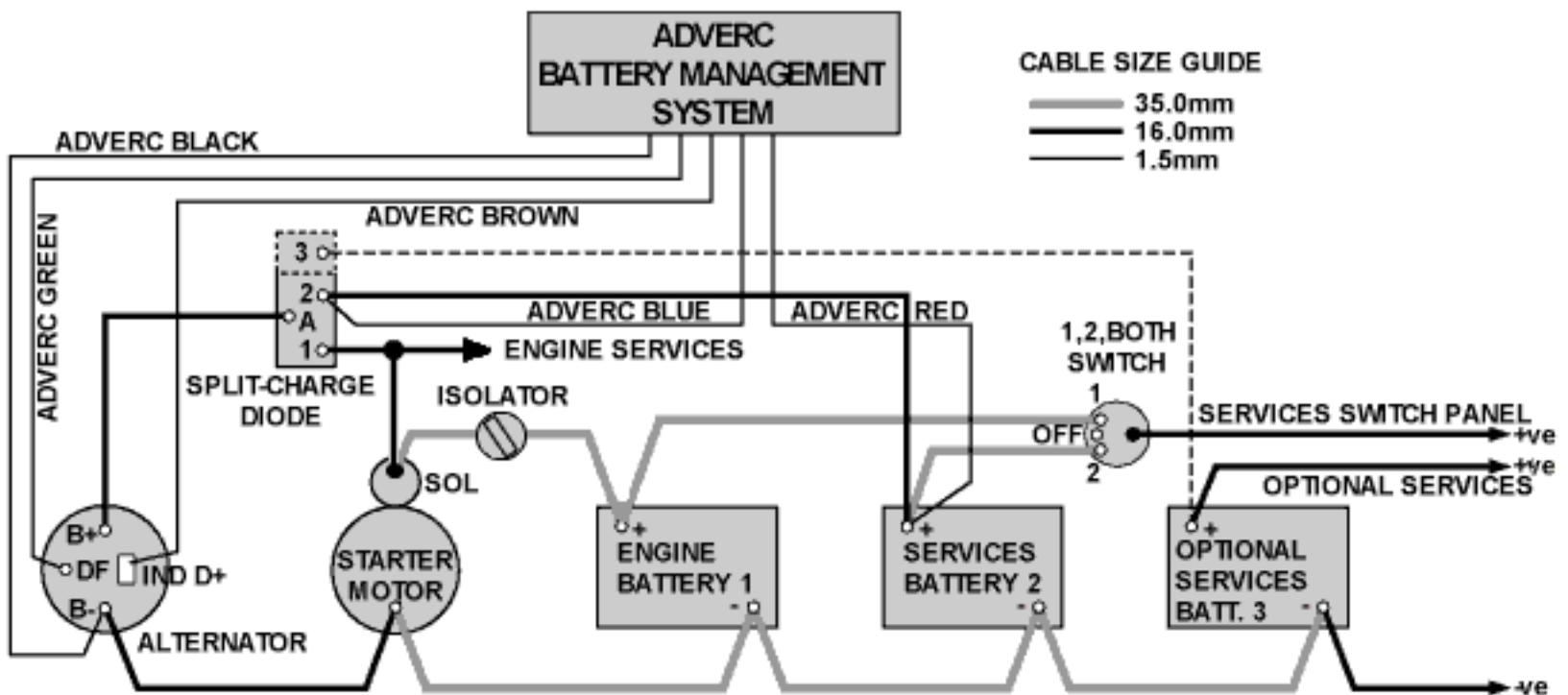
Résumé :

Le but de cette page est de fédérer les problèmes d'énergie sur un bateau à voiles. Un panorama des divers systèmes capables de produire de l'énergie électrique. Comment commuter, transformer et stocker l'énergie avec efficacité et sécurité. Comment gérer sans conflit un grand nombre de sources de charge variées.

Le choix entre 12 ou 24 volts, en attendant le futur 42 V. Pourquoi pas le 220 V AC ?

Pages séparées pour batteries, alternateurs et diodes.

Les règles de l'art pour un câblage correct.



Montage classique (voir liens Adverc)



Introduction

Cette page traite de l'énergie électrique dans le cas le plus complexe d'un bateau de voyage, équipé de plusieurs sources et de plusieurs batteries.

La première partie recensera les divers moyens pratiques de produire de l'énergie électrique à bord.

La deuxième partie parlera des batteries, seul moyen connu à ce jour pour stocker l'énergie à prix acceptable et des divers accessoires permettant de gérer, économiser et manipuler cette énergie.

Le problème de l'énergie du bord peut se résumer simplement par quelques évidences, mais les limitations de poids et de budget rendent les compromis délicats. Il faudra donc multiplier les sources d'énergie les plus performantes, les plus variées et les plus fiables possibles.

Pour produire de l'énergie, nous ne disposons de quelques de moyens à bord

Divers alternateurs (voir le chapitre : alternateurs)

C'est la source principale. Le premier est celui d'origine sur le moteur. Sur un gros bateau il y aura aussi un alternateur annexe sur le moteur en 24 V, un sur le réducteur, un alimenté par l'arbre d'hélice ou hélice traînante sous voiles, un groupe électrogène,...

Une page annexe est consacrée à toutes ces applications et liens alternateurs.

Panneaux solaires (voir la page dédiée : solaire)

Aérogénérateurs et hydrogénérateurs (ce sont aussi des alternateurs) (voir la page dédiée : vent et sillage)

Générateurs et groupes (ce sont aussi des alternateurs)

Piles à combustibles

Encore beaucoup trop chères (achat et consommables), mais les prix sont en décroissance. C'est une solution d'avenir incontournable. (voir la page dédiée)

Chargeur secteur de quai. L'énergie nucléaire est inépuisable et illimitée (à l'échelon individuel), à la différence de toutes les autres

Pour stocker cette énergie, le choix est très réduit

Une batterie démarrage moteur et guindeau (voir la page dédiée : batteries), une ou quelques batteries de servitude.

Pour utiliser et gaspiller cette énergie, le choix est immense !

Tous les consommateurs du bord, décrits dans divers chapitres (sans oublier l'autodécharge des batteries).

Convertisseurs basse tension vers 220 V AC (voir la page dédiée: convertisseurs)

La liaison des divers éléments se fait par commutateurs (de puissance) et diodes (voir la page dédiée: diodes). Les petites puissances sont commutées par le tableau électrique.

Les chapitres suivants vont développer les divers points qui ne font pas l'objet d'une page dédiée.



Les Batteries

Un gros chapitre séparé traite des capacités, du rendement, du montage, ..., et des multiples aspects des batteries.



Le choix de la tension du bord 12, 24 et bientôt 42 volts ?

L'électricité bateau est calquée sur l'automobile. Au début la tension de 6 volts était parfaite pour les petits besoins électriques d'une Citroën 2CV, mais ensuite le 12 volts s'est imposé.

Les choses changent, à moyen terme toute l'automobile doit passer en 42 volts, les constructeurs sont en train de normaliser.

Cette multiplication de la tension a de multiples avantages, les intensités baisseront d'un facteur trois, les pertes et le poids du cuivre aussi. Ces bouleversements n'affecteront le bateau qu'après de longues années. Le seul choix du moment est 12 pour les petits et 24 volts pour les gros.

Demain la tension internationale sera à 42 volts, mais cela est au sens large car les décisions sont toujours repoussées et les directives non appliquées internationalement !

Renault et Valéo ont le projet d'abandonner le 12 V et de proposer bientôt le nouveau futur standard mondial de 42 volts (qui est trois fois le 14 volts). Toute l'industrie suivra inéluctablement. Cherchez sur Google "42v", vous serez surpris. La tension de 42 Volt s'imposera partout à moyen terme, en commençant par l'automobile !

L'élément clef est l'ADIVI (Alternateur Démarreur Intégré au Volant d'Inertie) à la fois alternateur et moteur de 5 kwatts. En circulation urbaine, le moteur thermique ne sera plus sollicité réduisant grandement la pollution. Autre approche, le "Dynalto", adapté pour le "Start and Go", depuis bien longtemps dans les cartons de Citroën, qui serait un accessoire formidable. Il combine en un seul matériel le volant d'inertie, le démarreur et l'alternateur. Le démarrage du moteur est instantané, mais surtout, le plus important pour nous, est la possibilité de fournir une énorme énergie en basse tension, des centaines d'ampères pour charger très vite un gros parc de batteries et une sortie de puissance en 220 volts, plusieurs kilowatts, le rêve pour faire tourner un four à micro-ondes et le compresseur électrique pour gonfler les bouteilles de plongée, le poste à soudure pour les bateaux acier de voyage. Tous les autres constructeurs ont des dispositifs analogues dans leurs tiroirs et devraient bientôt les sortir en série.

Voir les liens en fin de page. Sur le site Citroën, la communication est médiocre, le produit pourtant révolutionnaire est très mal décrit.

Dans un véhicule hybride le moteur électrique est réversible, il récupère l'énergie au freinage et en descente, la batterie tampon est alimenté par un petit moteur à explosion d'appoint qui aide sur route et alimente un alternateur.

Les nordiques sont beaucoup plus axés sur l'écologie que nous et commencent à présenter des bateaux à moteurs électriques. C'est une très bonne initiative, découlant directement des recherches automobiles sur la bi énergie. Les avantages sont multiples :

En attendant les piles à combustible, un parc de quelques batteries, permettrait de faire les entrées-sorties du port en mode électrique, il faut très peu d'énergie pour manœuvrer lentement sans vent ni courant.

Le moteur diesel ne sert plus qu'à charger les batteries, il tourne toujours à la bonne charge et au bon régime. Il est facile de l'insonoriser en caisson car le bruit et les vibrations ne sont plus transmis par le réducteur et l'arbre d'hélice. Le poids de quelques batteries supplémentaires est compensé par le gain sur le moteur. Pour avoir la puissance maximale et charger les batteries, il suffit d'un coup de démarreur sur le groupe électrogène et vous retrouvez la puissance d'un diesel classique.

La manœuvre, passage de marche avant au point mort et arrière se fait au joystick.

Le moteur électrique est petit, monté dans un carénage étanche, l'hélice directement sur l'arbre très court, en sortie du palier peut être placée idéalement, soit comme sur les Zdrives, soit dans le voile de quille pour avoir le rendement optimal sans caviter, soit comme un moteur hors-bord avec un ascenseur électrique.

Cette disposition présente encore un autre avantage, le moteur étant réversible, il peut fonctionner en alternateur et produire quelques dizaines d'ampères à 7 nœuds. Autre avantage d'une hélice relevable est qu'elle est toujours parfaitement propre et d'un entretien très simple.

En résumé, cela commence enfin à bouger un peu du côté de l'énergie, mais l'inertie est énorme !

Les hypothèses sont à moyen terme un carburant à 4 € le litre. Passé cette frontière symbolique, de nouvelles solutions auront leur place pour remplacer les carburants fossiles.

Espérons que **la voie stupide, d'écologie politique populiste, des carburants « biologiques »** développés à grand coup d'engrais et d'OGM, avec beaucoup de pétrole, au détriment des cultures alimentaires sera abandonnée.

Le seul espoir reste dans l'avancement des recherches qui permettront bientôt d'éliminer proprement et de manière responsable les déchets nucléaires que nous gérons stupidement aujourd'hui en polluant le futur de nos enfants. La fusion sera l'énergie de demain.



Pour le moment, 12 ou 24 volts ?

Il est évident que deux batteries en série de 12 V, 75 Ah ont la même énergie (et un poids du même ordre) qu'une seule batterie 12 V de 150 Ah. Il n'y a aucun de gain de poids à espérer côté batteries, mais seulement un gain sur le poids du cuivre (ligne guindeau) et sur le rendement.

**Sur un petit bateau le 12 V est le plus simple,
sur un gros bateau le 24 V s'impose,
mais entre 35 et 45 pieds il faut choisir.**

Les matériels 24 volts se trouvent en équipement camion, démarreurs, alternateurs, ampoules... Beaucoup de matériels électroniques modernes acceptent les deux tensions car les alimentations sont faites par des convertisseurs, c'est une excellente solution. Pour les petits matériels ne fonctionnant qu'en 12 volts, il faudra prévoir des pompes de charge convertissant le 24 en 12 volts. Le rendement avoisine 90% avec les très bons produits actuels (Maxim ou Linear Technology par exemple).

Si vous définissez le cahier des charges d'un bateau neuf, ce critère est à étudier sérieusement. Le 24 V a beaucoup d'avantages, mais pensez que tous les matériels n'existent pas. Il faudra faire rebobiner tous les moteurs n'existant qu'en 12 volts.

Le 42 volts serait beaucoup plus intéressant, mais il faut l'oublier pour nos petits bateaux, aucun équipement ne serait compatible, il faudra attendre qu'il soit répandu en automobile. Les modifications liées au choix du 42 V seraient trop complexes. De même, il ne serait pas rationnel de transformer un bateau existant de 12 en 24 volts.



Bateau en 220 V alternatif

Soyons fous, pourquoi ne pas passer le bateau en 220 V AC ? Un onduleur permet de câbler le bateau en 220 V alternatif, mais cela demande réflexion.

Le "pour" :

Diminution drastique des pertes ohmiques, mais cela ne concerne que quelques appareils domestiques, la majorité des matériels du bord n'existent qu'en basse tension.

Les "contre" :

Risque majeur pour la sécurité, le circuit moyenne tension (220 V AC) est rigoureusement incompatible avec l'eau de mer dans nos petits bateaux, mais parfaitement adapté à un paquebot.

Il pourrait sembler intéressant d'utiliser l'éclairage intérieur en 220 V, les lampes halogènes basse tension consomment beaucoup trop, il faut de grosses sections de cuivre pour réduire les pertes, mais les lampes à filaments disparaissent. Avec le gain énergétique qu'apportent les leds en progrès permanent, l'argument des pertes ne tient plus.

Il serait évidemment très tentant de passer en moyenne tension les énormes consommateurs, guindeau, moteurs de winches, démarreur, de 12 V en 220, la diminution du courant serait dans le rapport des tensions soit $220/12 = 18$, ce qui entraînerait une énorme réduction de la section des câbles.

L'économie, en particulier pour le guindeau dont la longueur de câble est deux fois celle du bateau est considérable.

Malheureusement, c'est impossible pour la sécurité, l'étrave étant constamment rincée, les risques d'électrocution seraient majeurs.

Cela serait plus facile pour les winches d'écoute, le moteur pouvant être bien abrité, mais les câbles ne sont pas très longs. Pour les winches de mât, c'est impossible.

Autre problème, un onduleur a des pertes proportionnelles à sa puissance.

Il faudrait donc basculer entre quelques onduleurs de puissances petites à fortes, suivant les consommations du moment, ce qui n'est pas simple.

Oublions donc le 220 V pour nos bateaux de moins de 55 pieds.

Les gros bateaux lourds ont de l'électroménager domestique gourmand (lave linge, lave vaisselle, fours microondes, ...), l'installation de quelques gros onduleurs ne posera aucun problème.



Les alternateurs

Diverses variantes de l'alternateur sont utilisées à bord, l'alternateur moteur est le principal. Une page annexe traite de ce matériel, ainsi que des alternateurs auxiliaires, des hélices traînées. La page comprend les liens alternateurs.

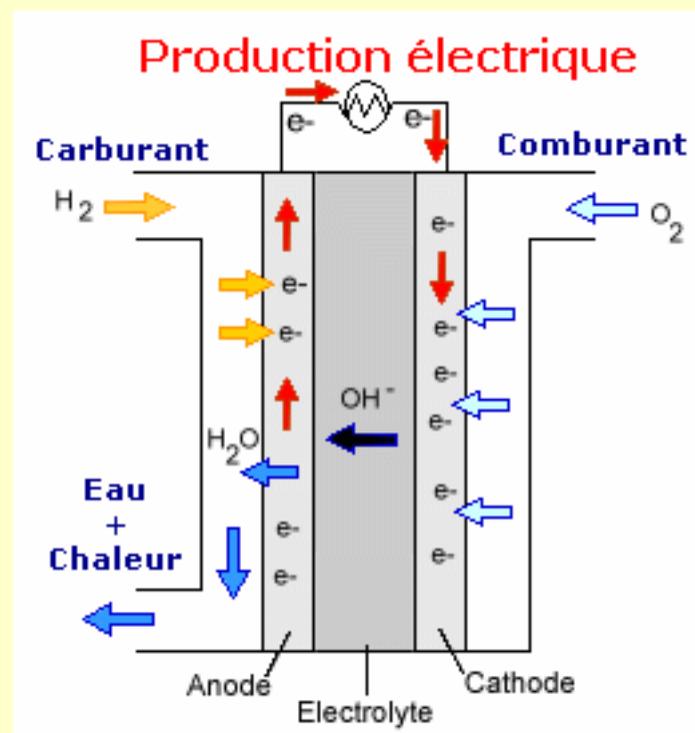
★ Annexe alternateurs ★



La pile à combustible (fuel cell)

La technologie des piles à combustible étant en évolution rapide, une page annexe y est consacrée : 

★ Annexe pile à combustible ★



Le chargeur de quai

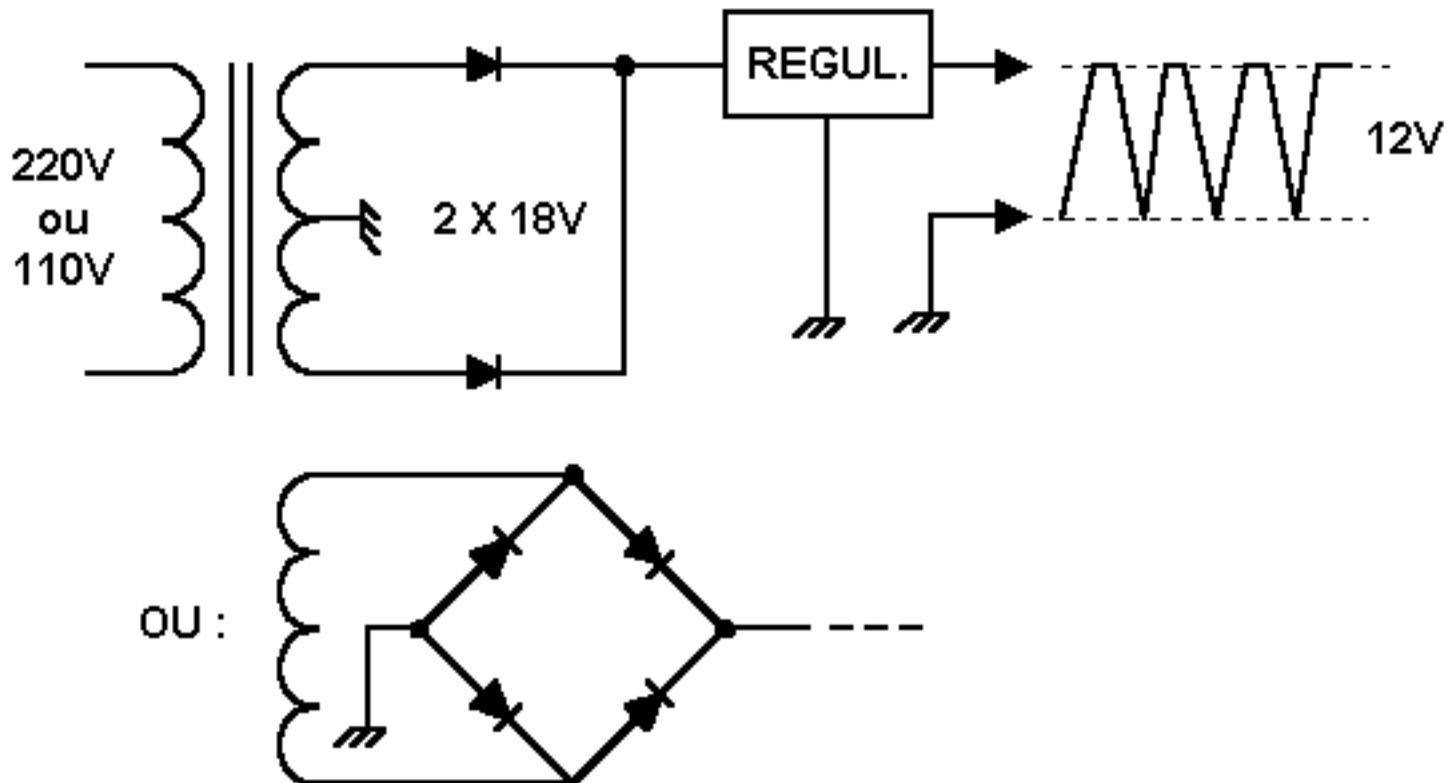
Ce dispositif semble très simple. Il faut abaisser la tension secteur de 220 V vers environ 18 V (à cause des pertes

de diodes), puis redressement et régulation. Les courants de sortie, de l'ordre des dizaines d'ampères sont très importants et imposent un câblage soigné.

La sortie se fera toujours sur des diodes en étoile, une par coupe-batterie. Comme les alternateurs, tous les modèles doivent couper la charge vers 14.3 volts. Il existe deux grandes familles de chargeurs, les modèles à gros transformateur et les modèles à découpage par triacs ou thyristors.

Les premiers sont de conception ancienne, rustiques mais très lourds à cause du gros transformateur. La tension de sortie est exempte de parasites, demi-sinusoïdes à 100 Hz.

Sur les bas de gamme les plus simples, il n'y a pas la moindre régulation, seules les pertes ohmiques limitent le courant, cela est dangereux si on les oublie.



Chargeur ancien à transformateur

Les seconds sont légers mais le découpage produit des fronts raides, difficiles à filtrer. Les parasites sont importants et perturbent les signaux radio, mais à quai cela a moins d'importance. La sortie est hachée, à fréquence élevée. Attention aux modèles à bas prix, certains sont de vraies bombes incendiaires à retardement et n'offrent aucune sécurité avec une régulation parfois catastrophique.

Voici un des principes (abaisseur Buck). La tension secteur est redressée et alimente un gros condensateur réservoir.

Attention si vous dépannez ce matériel, la tension aux bornes est de 300 volts continu ($220 \cdot \text{racine } 2$). Cette tension est mortelle et le condensateur reste longtemps chargé alimentation supprimée.

Le principe est très simple, un interrupteur hacheur (à semi-conducteur) charge le condensateur de sortie. Le circuit de régulation (comparateur) coupe la charge quand la tension de sortie de consigne est atteinte. Le découpage se fait à fréquence très rapide. Ce dispositif est magique, il permet d'obtenir en sortie n'importe quelle tension très simplement.

Vous remarquez immédiatement son premier défaut, la tension secteur se retrouve en sortie, c'est l'électrocution assurée en touchant les bornes basse tension.

Deuxième défaut, si l'interrupteur se met en court-circuit, la sortie 12 volts (par exemple) se trouve immédiatement à 300 volts. Les appareils n'aiment pas, zeners et fusibles ne peuvent éviter un désastre.

Il a donc été rajouté un transformateur d'isolement qui alimente le condensateur par impulsions au travers de la diode. Il n'y a plus aucun des risques précédents, ces systèmes parfaits sont universellement utilisés. Ce transfo est très petit, il travaille à quelques dizaines ou centaines de kilohertz, c'est un tore ferrite avec quelques tours de fils. Ouvrez par exemple une alimentation PC, vous serez surpris par la petite taille des composants (sauf radiateurs pour les diodes et switcher) pour une telle puissance. Les alimentations ou chargeurs à découpages sont très petits, certains modèles à faible puissance sont même moulés dans la prise secteur.

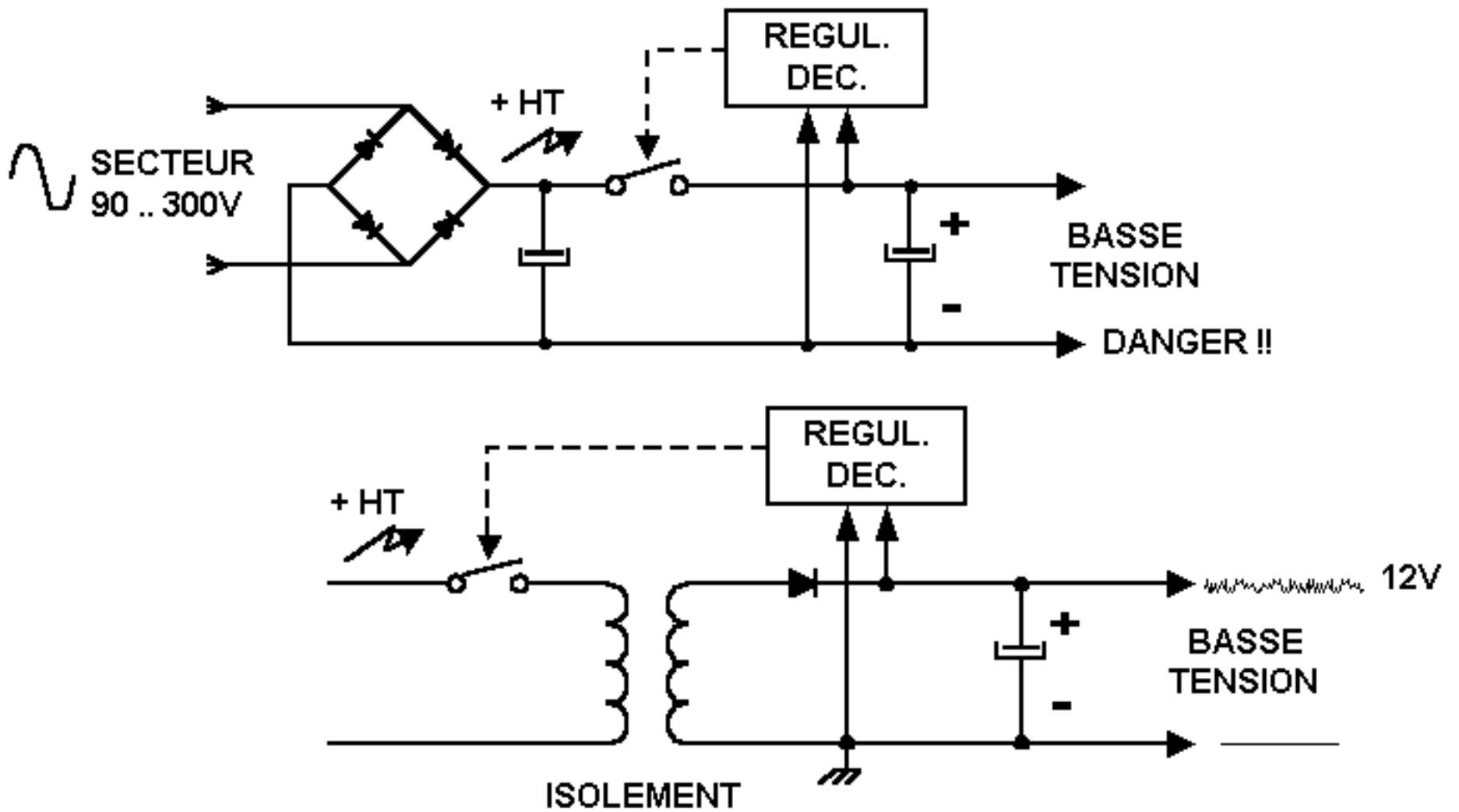


Schéma de principe et de réalisation du découpage



Nous reparlerons d'une variante de ce montage pour l'alimentation du [PC portable à bord](#) 

Alternative astucieuse au montage du chargeur

Le montage classique d'un chargeur à deux sorties sur deux batteries est de câbler directement sur les bornes des batteries, sans passer par les robinets à batteries. L'avantage est de pouvoir laisser le chargeur en flottant tout en coupant les batteries quand l'équipage n'est pas à bord. L'inconvénient est que ces chargeurs régulent sur la batterie la plus chargée. La batterie moteur étant en principe toujours très rapidement à bloc, celle de servitude ne se charge quasiment plus et perd beaucoup en capacité.

L'astuce, qui à ma connaissance n'a jamais été citée, est donc de n'utiliser qu'une seule des deux sorties et de la câbler sur la sortie de l'alternateur, avant l'ampèremètre et le commun du répartiteur à diodes. Il n'est pas bon de mettre les deux sorties en parallèle car cela double le courant de fuite hors charge. Tous les autres dispositifs de charge peuvent aussi se raccorder sur ce point stratégique.

Cette solution à deux avantages :

Les deux batteries se chargent à bloc, malgré la chute de 0,6 volt dans la diode médiocre. Cela ne change rien pour la batterie moteur mais double presque la capacité réelle de la batterie servitude. Je sais que ce point est très mal compris, essayez et mesurez, vous en serez convaincu...

Autre avantage plus marginal, la charge se voit sur l'ampèremètre moteur, ce qui permet d'installer le chargeur dans un coin perdu (mais bien aéré) du coffre arrière sans avoir besoin de voir son ampèremètre.

Remarque : Les chargeurs vibrent souvent et leur bruit est très gênant dans une cabine pour dormir. Il est souhaitable de les monter sur plaque intermédiaire et silentblocs.

Il y a toutefois un inconvénient, il faut impérativement fermer les robinets à batteries pour charger, il ne faut donc pas oublier de couper tous les équipements du bord pour l'hivernage, sinon la batterie se viderait si la prise secteur était débranchée sur le quai.

Quel chargeur choisir ?

Vous avez donc le choix de deux technologies. Les lourds chargeurs à transformateurs ont disparu, sauf pour les très bas de gamme, les dangereux chargeurs de voitures qui étaient vendus en supermarché à prix dérisoires au

siècle dernier. Préférez un bon modèle à découpage, mais attention, certains produits au catalogue des shipchandlers sont très mauvais, bruyants et s'échauffant dangereusement, et ce ne sont pas forcément les moins chers. Les intensités indiquées sont des maximum absolus, et sur un parc à batteries à plat, un petit chargeur grillera rapidement, ne pouvant encaisser longtemps ce courant maximum.

Ces matériels sont les moins fiables du bord, une panne peut être très grave car les énergies mises en jeu peuvent mettre le feu au bateau. Surveillez toujours ce matériel avec suspicion.

Exemple personnel :

Chargeur **Invac 15 A**, acheté quelques jours avant le départ en croisière. Je l'avais choisi car il n'avait pas de ventilateur et était donc discret, il était monté sur une cloison et bien ventilé sous la table à carte.

Bon fonctionnement pendant quelques tests, mais bateau neuf, avec le parc de batteries déjà bien chargé. **Il a grillé à la première vraie utilisation**, batterie servitude à plat après une traversée, au bout de 30 minutes à la valeur maximale de 15 A. Cela est inadmissible.

J'ai eu de la chance, l'Invac n'avait pas brûlé en mettant le feu au bateau; je l'ai examiné avant de le rendre, le pont de diodes d'entrée, très sous-dimensionné et mal refroidi, a claqué, ne pouvant supporter 30 minutes au courant indiqué sur l'étiquette commerciale. C'est une panne très fréquente. J'ai reçu une quantité de courriels d'autres victimes de la même panne.

J'ai dû racheter à la première escale un autre matériel en remplacement, un Tecsup 25 A mais avec un ventilateur extrêmement bruyant qu'il m'a été indispensable de monter dans le compartiment moteur pour l'insonoriser.

Pour économiser un Euro, les constructeurs ne régulent pas le ventilateur qui tourne à fond même quand il n'y a rien à refroidir (fin de charge). Ces pratiques sont lamentables au vu du prix de vente public des matériels.

Un chargeur est caractérisé par trois indications :

- **La tension de service en sortie**, de 12 ou 24 V, suivant la tension du bord, c'est évident.
- **La tension d'alimentation**, parfois seulement 220 V ou bi tension. Le 110 V est indispensable si vous voyagez loin, ne l'oubliez pas ! Pour les petits modèles, il est rare que la commutation soit automatique. Il faut souvent démonter le capot pour changer un strap. Le branchement en 220 V sur un matériel réglé en 110 est fatal. Les meilleurs modèles acceptent de 80 à 300 V en 50 ou 60 Hz.
- **L'indication de l'ampérage commercial** est une donnée beaucoup moins objective, surtout sur les matériels les plus médiocres (mais qui ne sont pas toujours les moins chers...). Prenons un modèle marqué 30 A. Il ne va pas charger longtemps votre parc de batteries vide à cette valeur ! Si le modèle dispose d'un ampèremètre (toujours optimiste), il partira en butée pendant quelques minutes puis décroîtra progressivement à faible courant (charge flottante) au bout d'une douzaine d'heures, si aucun équipement du bord ne tire de courant évidemment. Si le chargeur est sous-dimensionné pour le parc, la charge sera d'autant plus longue. Il faut considérer que le courant de service pratique d'un chargeur est toujours nettement inférieur à l'ampérage commercial indiqué sur le modèle.

Les valeurs commerciales sont calculées sur la tenue pendant quelques minutes, à la limite de la destruction par carbonisation, sur une charge résistive. Ce n'est pas très honnête commercialement, mais tout le monde le pratique. Le constructeur qui oserait afficher la courbe réelle ne vendrait qu'aux initiés.

Comment calculer le temps de charge des batteries ?

C'est impossible simplement, car si le parc ne peut être totalement vide, il faudrait modéliser chargeur et batteries. C'est simple pour le chargeur mais pas pour les batteries qui se dégradent avec le temps. Le problème est bien plus complexe qu'il n'y paraît si le parc est composé de plusieurs batteries différentes plus ou moins chargées, avec pour compliquer une consommation pendant la charge.

Il faut calculer le courant maximum du chargeur en fonction de la somme des capacités du parc afin de ne pas dépasser un courant maximum tolérable de $C/5$ correspondant au début de la charge à fort courant, la phase "Bulk".

Si toutes les batteries sont vides et de capacité égale, sans consommation, pour simplifier en négligeant les pertes, à $C/5$ la charge ajoute 20% d'énergie chaque heure.

Au bout de quelques heures, l'intensité diminuera pour passer en mode "Boost", c'est la phase d'absorption qui va compléter la charge.

Ensuite la phase flottante "Float " à courant réduit maintiendra la charge maximale.

Nous allons prendre un exemple concret pour voir que le problème est en réalité insoluble simplement.

Le bateau dispose d'une batterie démarrage de 75 Ah, une servitude principale de 135 Ah sur laquelle tire pilote, frigo, radar, disons 15 A en moyenne, et une servitude secondaire en réserve qui n'est quasiment pas sollicitée (ce qui est stupide !).

En 5 heures sous voiles, la servitude à fourni $15 \times 5 = 75$ Ah, plus de la moitié de sa capacité, il faut impérativement recharger d'urgence.

Le moteur est démarré, l'alternateur charge à fond. La batterie moteur très peu sollicitée est chargée à bloc en quelques minutes ainsi que la servitude secondaire. L'alternateur (ou le chargeur de quai) n'alimentera donc en pratique que la servitude vide.

Si le dispositif a été dimensionné pour donner un C/5 pour tout le parc, la seule batterie à charger recevra un courant 2.5 fois trop fort et se dégradera extrêmement vite ($75 + 135 + 135$) / 5 = 70 A.

Si le dimensionnement a été fait pour une seule batterie, $135/5 = 27$ A, la charge est parfaite, mais ne sera très insuffisante si tout le parc est vide.

Il faudrait évidemment une régulation séparée par batterie, mais par économie, cela n'existe pas.

Autre facteur aggravant, si la consommation de 15 A reste constante pendant la charge, il faudra charger en bulk à $27+15$ A, donc augmenter la puissance de charge.

Attention, si le bateau est à quai et laissé en charge secteur, consommations supprimées, il faudra évidemment revenir au strict C/5 nominal au début.

Nous avons évidemment supposé que toutes les batteries sont de technologie identique, car si des types démarrage automobile ou traction ou ..., liquides ou gélifiées ou ..., les tensions sont différentes et le problème encore plus complexe.

Il n'y a malheureusement aucun moyen avec nos technologies actuelles de charger vite.

Si le poids et le budget le permettent, il est donc préférable :

- ° d'augmenter le plus possible la capacité du parc
- ° de répartir les consommations sur plusieurs batteries
- ° de privilégier les batteries modernes haut de gamme qui acceptent une décharge plus profonde
- ° de séparer les circuits de charge en ne dépassant jamais C/5 sur une batterie
- ° de s'orienter vers des technologies de groupes silencieux, comme les Striling qui peuvent tourner des heures sans nuisances
- ° de piloter la charge par des moniteurs de consommation qui mémorisent l'état réel de chaque batterie
- ° de ventiler les batteries pour refroidir et éliminer les gaz (jamais dans le compartiment moteur trop chaud !)
- ° ...

J'en reparle un peu dans la page sur l'énergie dans la Mini Transat. En termes de rendement, il faut un gros chargeur, et si l'on utilise un groupe, **charger souvent, mais peu de temps** plutôt que moins souvent et plus longtemps pour rester dans la phase "Bulk" qui exploite au mieux l'énergie disponible et surabondante.

Nous avons déjà évoqué le fait qu'il faut recharger la batterie après utilisation d'un quart de sa capacité, ne l'oubliez pas si vous n'avez pas d'énergies douces en quantité suffisante pour compenser les consommations, il faudra quadrupler le résultat calculé...

Je vous invite à consulter cette autre page de référence, un document pdf de Victronenergy, bien meilleur que mon chapitre médiocre et incomplet, qui développe le sujet de la charge des batteries (voir liens).



Ampèremètre / Energiemètre, instrument magique

Sur un bateau important, la gestion de l'énergie est complexe. Il existe pourtant un moyen facile de connaître à tout instant l'état de charge des batteries du bord. Pour prendre une analogie simplificatrice, l'ampèremètre heure (coulombmètre) agit comme le ferait un compteur réversible en série sur l'unique entrée basse d'un réservoir.

Le principe est donc de mettre un très petit shunt, qui absorbe une puissance négligeable en série dans un fil au

départ de la batterie.

Un amplificateur permet d'exploiter la très faible tension produite par le passage du courant.

Les entrées et sorties sont comptabilisées, et l'instrument affiche en permanence le nombre d'Ampère*Heures fournis par la batterie. Une fois le réservoir rempli, le compteur est mis à zéro et toutes les entrées et sorties sont comptées.

Avec un vrai réservoir d'eau, ce serait bien plus simple, il suffirait de lire le niveau sur une jauge graduée en négatif pour avoir un résultat identique ! C'est évidemment impossible pour une batterie, il n'y a aucun autre moyen de connaître son état de charge en service que d'intégrer son courant.

C'est beaucoup plus compliqué que si l'on voulait connaître le volume d'une d'eau dans une baignoire en lisant la quantité d'eau entrante (charge) et la quantité d'eau sortante (décharge), en effet pour poursuivre l'analogie avec une baignoire (problèmes de certificat d'étude du siècle précédent, maintenant c'est du niveau Bac+2) :

° Plus on remplit vite, plus on perd de l'eau (les tuyaux de remplissage fuient) = Plus la charge sera forte, plus le rendement sera faible, les forts courants détruisent la batterie.

° Quand elle est pleine, on peut encore la remplir (débordement) = Au bout d'un temps long, la charge passe en mode d'entretien, l'énergie est alors perdue par échauffement (il faut limiter le courant).

° La baignoire se vide peu à peu spontanément (forte évaporation et fuites permanentes) = Autodécharge de la batterie très délicate à caractériser, dépend de l'âge et des contraintes subies précédemment..

° Plus on la vide vite, plus on perd de l'eau (les tuyaux de vidange fuient) = Pertes, entre autre par effet Joule, d'autant plus fortes que le courant augmente.

Toutes ces raisons font que ce petit matériel est très délicat à réaliser, non pas électroniquement (c'est une application simple à base de microcontrôleur) mais à cause de la mise en équations très subtile des échanges. Une prochaine page illustrant la modélisation de comportements physiques évoquera sa réalisation.

En résumé, il s'agit à la base d'un **simple Coulombmètre** qui comptabilise le produit « courant * temps » (ce qui est très facile à réaliser), mais qui se complique beaucoup car il faut introduire les **importantes pertes** difficiles à modéliser.



Les contrôleurs d'énergie

Attention ce modèle est obsolète, il est remplacé par le Xantrex LinkPro :



Sur la photo, les moteurs tournent depuis 30 minutes, la batterie bâbord est encore déchargée de 4.4 Ah, la tribord de 8.2, cela suffirait largement pour avoir quelques jours tranquilles, mais c'est le dessalinisateur et le frigoboat qui demandent de laisser tourner les moteurs plus longtemps. Avant de lancer la charge, les deux parcs

étaient vers -40 Ah.

Ces instruments se sont avérés extrêmement fiables et précis. Après quelques mois de navigation, les zéros n'ont glissé que de d'une vingtaine d'Ah et l'information reste très pertinente. Ce petit glissement est parfaitement normal, à cause de la diminution progressive de la capacité des batteries et de l'auto décharge par fuite interne que le circuit externe ne peut mesurer.

Il faut faire un reset pour mettre à zéro le total cumulé des Ampères*heures à la première mise en service des parcs à batteries et ensuite deux ou trois fois par an.

La procédure est simple : Basculer provisoirement tout le circuit de consommateurs d'un parc sur l'autre, mettre en charge et en attendant que le courant tombe presque à zéro (charge d'entretien). Sur un chargeur de quai cela peut prendre plus de 24 heures. La tension est alors maximale, c'est le moment de faire le reset. Le deuxième parc subit ensuite le même sort, puis le câblage normal est restauré.

A titre d'exemple sur [ltzamma](#) qui possède deux gros parcs en 24 V et des matériels gourmands, avec un aérogénérateur pour compenser, après une nuit au mouillage, les décharges sont de l'ordre d'une cinquantaine d'Ah par parc. Les deux moteurs mis en marche pendant 45 minutes permettent l'appareillage, la fabrication de quelques centaines de litres d'eau et la recharge du Frigoboat ainsi que la remise à niveau des batteries. Le gain en énergie est évidemment très rapide pendant les premières minutes et décroît ensuite exponentiellement.

Cet accessoire, d'un prix très raisonnable, est indispensable sur tout bateau, y compris les plus petits comme les " [Mini Transat](#)  " qui ont un pilote qui consomme beaucoup et ont à gérer avec parcimonie la consommation d'essence du groupe, seule source du bord.

La réalisation amateur serait très simple, le circuit existe chez Maxim, mais le plus délicat serait de faire un montage propre et fiable, je conseille donc de prendre un dispositif commercial éprouvé.

Ampèremètre / Energiemètre différenciant les courants d'entrée sortie

Un énergiemètre possède un afficheur et des touches pour sélectionner, courant tension et déterminer en intégrant ces valeurs en fonction du temps la capacité consommée et restante dans la batterie.

Le plaisancier rêve d'un appareil plus sophistiqué qui lui permettrait aussi à tout moment de lire sa consommation générale et séparément les courants de charge de chacune des sources entrantes. Cela n'existe pas dans le commerce. La réalisation ne poserait aucun problème, mais il faudrait impérativement **un shunt séparé par direction** pour différencier chaque courant, le point commun de tous ces shunts étant le positif batterie.

Les shunts devraient évidemment être de puissance très différentes, le guindeau et le démarreur consomment 300 A, l'alternateur principal charge en pic à 100 A, les panneaux solaires et aérogénérateurs dans la gamme 5 à 10 A...

En disposant de cette série de shunts installés proprement, il suffit alors de rajouter autant de convertisseurs courant/tension flottants, ce sont maintenant des composants à très faible coût.

Avec une seule batterie cela compliquerait le câblage, mais avec plusieurs batteries et des répartiteurs à diodes, ce serait pire encore, bien au delà des compétences de l'électricien du port et du plaisancier moyen.

Ce produit n'est pas disponible dans le commerce car la réalisation d'un tableau de shunts avec des borniers de qualité reviendrait beaucoup plus cher que l'électronique associée très simple.

Pour les bricoleurs

Utilisation du câble batterie comme shunt de mesure. Tout conducteur est résistant, il peut donc être utilisé comme shunt.

Quand le démarreur absorbe 100 A, la chute dans le bout de gros câble entre le négatif batterie et la masse du moteur est de l'ordre de 0.1 V, donc, comme $V=RI$, la résistance de ce câble est de l'ordre de $V/I = 0.1/100 =$ un millième d'Ohm.

C'est largement suffisant pour pouvoir constituer un shunt de mesure de qualité en amplifiant la tension par un circuit spécialisé comme les excellents Maxim " Precision, High-Side Current-Sense Amplifiers " 471-472.

Sur le plan pratique, il faut réaliser le shunt en soudant dans les grosses cosse le fil de puissance et fil fin vers le convertisseur, en aucun cas sur une cosse séparée, la fluctuation des résistances de contact fausserait toute mesure.

J'utilise un petit convertisseur pour alimenter en tension flottante le « moniteur » de batteries sur shunt câble.

Attention toutefois, le logiciel d'un énergiemètre est très complexe car les lois qui régissent l'énergie restituée en fonction de l'énergie de charge dépend de nombreux paramètres subtils.

Un simple algorithme qui ne prendrait en compte qu'un pourcentage de perte charge / décharge en fonction du courant et de la température serait trop médiocre.

Les bons matériels commerciaux ont un logiciel beaucoup plus subtil, c'est pour cela que dans ce cas particulier,

je n'inciterai pas à bricoler un programme de microcontrôleur maison.

Il n'y a aucune difficulté de hardware, mais l'algorithme acceptable sera très difficile à écrire. Les documents Xantrex en évoquent les grands principes.



Groupe électrogène

Les groupes électrogènes sont les moyens les plus anciens et classiques pour produire de l'énergie quand le moteur principal ne tourne pas. Le principe est très simple, un petit moteur Diesel est accouplé à un générateur monté sur le même châssis métallique. Le tout est monté sur silentblocs dans un cocon plus ou moins bien insonorisé. Le refroidissement se fait soit à l'eau de mer soit par air, nettement plus bruyant. L'échappement est évidemment une source de bruit et de pollution. Ces groupes peuvent tourner en permanence et ont une consommation acceptable de moins d'un litre de gazole par kW produit, soit une centaine d'ampères sous 12 volts.

Attention, à petit débit, la consommation est beaucoup plus grande, cela ne vaut qu'au courant nominal proche du maximum.

Ces groupes s'alimentent généralement sur le réservoir principal. La gamme des puissances est énorme, mais le choix est réduit pour les petites puissances dont nous aurions besoin sur un petit voilier. Il n'existe malheureusement pas de petits groupes diesels en cocon de un cheval qui fourniraient la puissance de charge idéale (1 CV = 736 W = 50 A sous 12 V avec les pertes) et qui trouveraient leur place dans le local moteur. Le marché des très petits diesels de 1 et 2 CV (pour groupe électrogènes et moteurs hors-bord) n'intéresse curieusement aucun constructeur à ce jour. En pratique, il faudra donc utiliser un groupe diesel de puissance surabondante ou, bien mieux, un Stirling (très cher !).

Les groupes électrogènes ont un excellent rendement car la puissance et le régime du moteur sont parfaitement adaptés à la charge, alors qu'avec l'alternateur d'origine moteur, seulement une très faible partie de la puissance moteur est utilisée.

Exemple, voilier de 34 pieds, moteur de 29 CV. Au bout de quelques minutes, sur un parc de batteries vides, la charge s'établit à une vingtaine d'ampères (puis décroît rapidement après la phase bulk), soit $20 \times 14 = 280$ VA, moins d'un demi-cheval, donc moins de 2% de la puissance moteur disponible !

Voir dans le chapitre moteur les problèmes de charge, moteur à vide.

Il ne faut jamais faire tourner le moteur au ralenti pour charger ses batteries, [voir page pannes moteur](#)



Il existe aussi sur le marché des petits groupes, 12 V 20 A, très intéressants car alimentés par la bouteille de gaz du bord. Ils sont légers, peu bruyants, ils évitent les transferts et stockages dangereux de carburants mais sont beaucoup plus chers que les groupes portables classiques. Ils doivent être envisagés non pas comme source régulière, mais en appoint occasionnel, pour regonfler le parc servitudes à plat dans un mouillage de rêve qui serait gâché s'il fallait faire tourner le moteur (Cherchez "Gasperini").

Vous trouverez une grande quantité de liens sur les groupes électrogènes (power group generator) avec les moteurs de recherche.

**Tous les groupes électrogènes ont une consommation du même ordre.
Il faut compter moins d'un litre (gazole ou essence) par kilowatt restitué.
Un groupe de 1 cheval (736 watts) restitué fournira environ
60 ampères sous 12 volts ou 30 A sous 24 v,
et consommera 0.8 litre à l'heure à pleine charge.**

Attention à l'interprétation de ces valeurs, le courant ne sera fort qu'en début de charge, le rendement de charge baisse ensuite très vite avec la puissance demandée.

De plus, quand le groupe ne fournit pas sa puissance maximale, il consomme presque autant de carburant, donc son rendement s'écroule.

Pour économiser le carburant, il faut couper le groupe dès que la charge passe en floating et le démarrer

plusieurs fois par jour peu de temps au lieu d'une seule fois longtemps.



Générateur Stirling

Un remarquable groupe électrogène est commercialisé, il utilise un moteur Stirling : Son avantage énorme est de ne pas exploiter de moteur à explosion mais un extraordinaire moteur à combustion lente. C'est un petit brûleur comme sur les réfrigérateurs à sorbtion (non ce n'est pas une faute de frappe !), qui pourrait être alimenté par n'importe quel combustible. Ces moteurs sont très anciens, ils ont deux siècles. Ils sont rustiques et très fiables et fonctionnent en circuit fermé.

Il a fallu très longtemps pour comprendre le principe, et même aujourd'hui il faut un bon niveau en thermodynamique pour se faire une idée sur cet étrange principe.

L'échappement, qui ne sert qu'à évacuer un flux de gaz chauds, est silencieux. Ce dispositif produit aussi une grande quantité d'eau chaude. Ils n'ont aucune carrière possible en propulsion automobile car ils ne peuvent avoir que des variations de vitesse très lentes et sont longs à démarrer et à arrêter. Cela est parfait pour entraîner un alternateur à sa vitesse optimale constante sur d'énormes durées. Il y a très peu de pièces mobiles, elles sont simples cela permet une très grande fiabilité.

Regardez ce petit modèle de 90 kg, moins d'un litre de gazole à l'heure par kW, ce qui est proche des petits groupes à essence très bruyants et polluants. C'est l'équipement parfait pour un bateau de voyage, il règle définitivement tous les problèmes d'énergie du bord. Le prix est son seul défaut, mais sortir 70 A en 12 V ou 35 A en 24 V, cela 24 heures sur 24, sans bruit ni vibration et quasiment sans entretien, mérite un sacrifice. Il n'y a pas d'autre équivalent ou concurrent sur le marché.



Stirling Micro Combined Heat and Power (MCHP). [Voir les liens Stirling](#)  Mais son **prix exorbitant est un défaut rédhibitoire...**

Le moteur Stirling va revenir à la mode avec le besoin d'écologie (la vraie, pas celle des bouffons de la politique !), et le développement de la propulsion électrique mixte. Très grossièrement, un Stirling peut ressembler de loin à une machine à vapeur, mais la vapeur est remplacée par de l'air (ou tout autre gaz) en circuit fermé. Le gaz est chauffé d'un côté, il pousse un piston moteur en se dilatant, il refroidit de l'autre côté, un piston déplaceur permet le mouvement astucieux du gaz.



Voici un des superbes petits jouets pédagogiques Stirling fonctionnant parfaitement.

Philips a énormément investi sur ce principe, en particulier sur sa fonction inverse de réfrigération et sur les petits groupes increvables.

Il y a un très bel avenir pour ce moteur. Il est très utilisé en spatial comme cryogénérateur, c'est la meilleure solution pour refroidir les capteurs infrarouges. Il n'y a pas mieux comme générateur non polluant sans vibrations et silencieux.

Il peut se contacter de très faibles gradients thermiques et tourne 10 ans sans maintenance, ce qui est une opportunité formidable pour les pays en voie de développement.

Je regrette vraiment que le marketing de Philips ait jugé qu'il fallait abandonner la filière Stirling car la branche était peu rentable, et que ce genre d'énergies douces n'intéresse pas le grand public. Ils avaient une énorme expérience sur ce sujet et tout leur savoir faire s'est perdu.

Il a été jugé beaucoup plus lucratif de vendre des climatiseurs à l'effet désastreux pour l'avenir de la planète, que des Stirling pour quelques illuminés au pouvoir d'achat insuffisant. L'écologie n'est qu'un argument publicitaire mais sans application pratique.

Pour faire un remarquable réfrigérateur: Un Stirling est utilisé en moteur, couplé à un autre Stirling (identique), mais monté en compresseur. Il suffit d'une source de chaleur quelconque pour faire fonctionner l'ensemble !

Utilisation d'un moteur Sterling pour produire son énergie

Le moteur Stirling étant disponible, il faut d'abord réaliser la mesure de la puissance fournie. Cela se fait

simplement au frein de Prony et au compte tours.

Le frein se bricole avec deux bouts de bois et des serre joints. Le contre poids se fait facilement avec une charge posée sur une balance, attaché par un fil souple en bout du bras de levier. Les renvois par poulies diminuent la précision de la mesure.

Faute de compte tours, un réducteur improvisé et un chronomètre font l'affaire.

On obtient la courbe donnant le couple en fonction de la vitesse.

Connaissant maintenant la puissance que peut fournir le moteur, reste à choisir le bon alternateur ou la dynamo avec le réducteur à poulies ou engrenages.

Pour un Stirling qui tourne lentement, il faudra beaucoup accélérer.

Un petit Stirling entrainera une « dynamo » de vélo, un gros un alternateur automobile.

Pour mémoire, fournir **20 A à 13.6 V** demande 272 W , avec les pertes **plus d'un demi CV** (1 CV = 736 W), cela demande un très gros moteur.

Regardez les liens, parcourez le ring des sites Stirling, et faites des recherches sur ce moteur étrange et passionnant "stirling motor", "stirling refrigerator".



Les micro-générateurs

Ce petit chapitre évoque un matériel très différent. Il n'est plus question de produire des dizaines ou centaines de watts mais de petites énergies. Il s'agit d'un très petit chargeur de batteries alimenté par une mécanique rustique convertissant les contractions de la main en rotation d'un minuscule alternateur. Ce matériel présente beaucoup d'intérêt dans les kits de survie.

Une dizaine de contractions musculaires suffit à alimenter un petit récepteur pendant une demi-heure.

Anecdotiquement, mais dans le même esprit, il existe un très bon rasoir gyroscopique purement mécanique, lancé par ficelle comme un hors-bord, qui tourne quelques minutes après traction (il se trouve sur les marchés populaires en Asie pour quelques dollars).

Aucun panneau solaire de petite taille ne peut fournir une telle énergie est serait plus difficile à utiliser sur un radeau de survie.

Ces dispositifs ne sont pas des gadgets et devraient figurer dans le bidon de survie solidaire de l'annexe, pour recharger les batteries de la VHF portable (élément de sécurité d'énorme importance) et des lampes torches. Il existe de nombreux modèles sur le marché US, vous trouverez ces appareils très intéressants en lançant un méta moteur avec "survival kit" par exemple.

Il est encore plus facile d'utiliser un alternateur à manivelle qui fournit une puissance importante, cela est très répandu maintenant en magasins de bricolage. Le petit accumulateur permet aussi de recharger ses téléphones portables à la manivelle sur les meilleurs modèles, les bas de gammes ont une tension trop faible.

Produire son énergie électrique en pédalant

De nombreuses études ont été faites sur les avions à propulsion musculaire, en particulier pour établir des records de traversée de la Manche sur des engins ultra légers à pédales. La documentation est abondante et très savante sur la performance musculaire pour tout ce qui touche le sport de haut niveau, objet de beaucoup de thèses.

Il est admis qu'un champion cycliste normalement dopé à l'EPO et aux diverses piqûres de routine peut fournir 550 W pendant 3 heures avant hospitalisation et décès.

Un individu normal, en bonne condition physique, capable de terminer un marathon en moins du double du temps du vainqueur, fournira une centaine de watts dans des conditions d'effort et de durée équivalentes et raisonnables.

Une douzaine de sportifs entraînés pédalant en tandem pendant une heure fournira donc autant qu'un petit groupe électrogène avec un demi litre d'essence.

Il est assez facile pour un bricoleur de modifier un vélo d'appartement et d'adapter un alternateur. Il y a

toutefois une difficulté pratique ! Les alternateurs courants de type automobile se trouvent en quantité dans les casses pour une dizaine d'euros.

Ils sont prévus pour tourner en régime nominal à des vitesses très élevées, jusqu'à 21000 tours/minute en produisant des courants très forts de 30 à 180 Ampères, la puissance fournie étant de l'ordre du kilowatt (15 volts * 70 ampères).

En pédalant à un tour seconde, ce qui est raisonnable, il faut adapter un multiplicateur de vitesse par 350 ($350 \times 60 = 21000$).

Les pertes par frottement dans un tel ensemble de pignons, alternateur débranché, seraient supérieures à l'énergie fournie en pédalant.

À vitesse réduite le rendement de l'alternateur est très faible, un alternateur automobile ne produira donc aucune énergie attelé à un vélo d'appartement.

Cette approche n'est pas satisfaisante, il faut trouver un alternateur dix fois moins puissant que celui d'une automobile, mais il sera beaucoup plus cher et rare.

Je n'ai pas connaissance d'un tel dispositif pratique produisant quelques ampères.

Il ne faudra donc pas espérer beaucoup améliorer son bilan énergétique en pédalant avec un vélo d'appartement modifié à bord, mais c'est très bon pour la forme et le moral car les jambes ne travaillent pas en navigation. Les vélos à production d'énergie sont utilisés dans l'espace, non pas tant pour l'énergie produite (récupérée), mais pour diminuer la perte de calcium des os pendant les vols de longue durée et lutter contre le relâchement musculaire. C'est une excellente thérapie.



Le guindeau

Comment brancher un guindeau

Le guindeau et le démarreur sont les deux énormes consommateurs d'énergie du bord, avec une très forte intensité mais sur de faibles durées. Il n'y a aucun doute sur le branchement du démarreur sur la batterie moteur, c'est la définition même de cette batterie, mais par incompetence le guindeau se retrouve souvent sur la batterie servitude. Cela est une stupidité. Après un séjour au mouillage, au moment de l'appareillage, ou au moment du mouillage, le moteur est toujours en route. L'énergie consommée par le démarreur est compensée en quelques minutes de ralenti car cette batterie reste toujours chargée à bloc. A contrario, la batterie servitude a pu être très sollicitée au mouillage ou en navigation et mettra longtemps pour se charger. Il est donc impératif que le guindeau soit câblé sur la batterie moteur, pour ne pas vider encore plus la batterie servitude et bénéficier de l'énergie maximale au moment du relevage de la chaîne. Si le moteur est coupé quelques minutes après l'appareillage, la batterie moteur sera à bloc, cela est vital pour être certain de pouvoir toujours redémarrer, alors que la batterie servitude n'aura pas eu le temps de récupérer.

Vérifiez le branchement du strap d'alimentation du guindeau de votre coupe-batterie moteur, il faut souvent le déplacer par suite d'un montage aberrant.

Le guindeau pose un problème délicat, mais insoluble, le moteur étant à l'arrière et lui à l'avant, il faut tirer deux lignes de câble énorme lourd et cher, de la longueur du bateau. Certains bateaux doublent la batterie de démarrage près du moteur par une autre identique à l'avant, pour diminuer les pertes en ligne, mais cette solution m'amène que des problèmes.

Il est bien sûr évident que les winches électriques seront eux pris sur les servitudes et pas sur le moteur. Ce ne sont pas des équipements vitaux comme le guindeau et le démarreur.

Maintenance du guindeau

Beaucoup de guindeaux ne sont jamais entretenus et sont simplement rincés. Si vous voulez éviter les pannes, il faut absolument faire des révisions après quelques saisons. Il est simple de déposer le guindeau, débrancher les deux cosses d'alimentation et dévisser les quatre boulons. La maintenance électrique consiste à vérifier les charbons et le collecteur, le dépoussiérer. Tant que vous êtes lancé, faites de même pour l'alternateur et le

démarreur...

Il faut maintenant passer à la mécanique et examiner les deux pignons. Un guindeau est vraiment très simple. Il se compose d'un gros moteur électrique, comme celui d'un démarreur. L'arbre est monté sur deux roulements, qu'il faut graisser (ou remplacer) si nécessaire. A l'opposé du collecteur, un joint (à vérifier) fait l'étanchéité du carter comportant la vis sans fin bronze en bout d'arbre. Le grand pignon bronze, engrené sur la vis, entraîne directement l'arbre portant poupée et barbotin. D'origine le graissage est souvent bâclé. La mauvaise graisse sèche, s'agglomère sur les flancs du carter et les pignons tournent à sec. Seuls certains modèles tournent dans l'huile, sur ces modèles il suffit de remplacer l'huile. Sur les modèles graissés, c'est plus compliqué. Il faut éliminer la vieille graisse à la spatule, finir au pinceau et au gazole. Il faudra ensuite bricoler au mieux avec un mélange de graisse graphitée et d'huile si vous arrivez à refaire un joint de carter étanche. Ces modèles demanderont une maintenance plus fréquente, les pignons finissent toujours par tourner à sec.



Conseils d'utilisation du guindeau

Vérifiez toujours que le barbotin patine bien, l'embrayage ne doit jamais être trop serré. Quand la chaîne se coince, le moteur ne doit jamais pouvoir se bloquer, soit les pignons casseraient, soit le moteur grillerait, soit le guindeau s'arracherait. Si le mouillage est coincé ou trop dur, il faut tout faire pour le dégager en manœuvrant et éviter la force brutale qui ne pourrait que casser.

Le guindeau et les feux de navigation présentent de problèmes spécifiques de fuites qui sont traités ici : [Boulons](#)

[de quille et corrosion](#)



Tableau électrique

Le tableau électrique ne concerne que les petites puissances du bord. Il ne doit jamais commuter des courants de plus de 10 ampères pour éviter les échauffements. Tous les gros consommateurs, en particulier le guindeau, auront leur propre commutateur au plus près des batteries. Si vous concevez un tableau neuf, vous avez le choix entre disjoncteurs thermiques et fusibles.

N'hésitez jamais, éliminez les disjoncteurs ! Ils sont chers, plus fragiles, moins fiables et plus lents que les fusibles. Multipliez les fusibles, en séparant les circuits, d'intensité bien adaptée à la charge. Il est impératif d'utiliser des porte-fusibles de qualité, graisser légèrement contacts des fusibles et filetages.

Il faut dimensionner exactement les fusibles au plus près des valeurs normalisées classiques. Les valeurs de 1, 2, 4, 6.3 et très exceptionnellement 10 A (à éviter) suffisent. Conservez des rechanges à bord, dans le tableau chaque valeur dans une boîte de film 35 mm étiquetée. Il ne faut pas surdimensionner les fusibles.

Pour les débutants : Un feu de mât à l'ancienne par exemple utilise une ampoule 4 watts. $P=V \cdot I$. Le courant consommé en 12 V sera donc de $I = P/V = 4/12 = 0.3$ A. Dimensionnez au double du nominal, dans ce cas utilisez un fusible de 1 A pour éviter de multiplier les références. Un feu à led consommera cinq fois moins.

En gros tout ce qui consomme moins de 0.5 A sera protégé par un 1 A.

Il faut parfois utiliser des matériels branchés en permanence, même coupe-batteries coupées. Ce ne doit être que très marginal. Ces exceptions doivent consommer très peu de courant, comme par exemple un récepteur Navtex. Il sera alors alimenté par un fusible dédié, au départ de la batterie, exactement calibré cette fois à deux fois le courant maximal (de quelques dizaines de milliampères). Il faudra toujours préférer un montage comportant ses propres accumulateurs NiMh, chargés sur l'alimentation générale.

Vérifiez que vous avez à bord tous les fusibles de rechange nécessaires.



Paradoxe des protections

Tous les consommateurs du bord sont protégés par fusibles ou disjoncteurs.

Les gros consommateurs, guindeau, winches électriques, sont équipés de gros fusibles barreaux spécialisés qu'il faut éviter de griller car ils sont vendus très cher.

Le plus gros consommateur est le démarreur qui n'a aucune protection !

En cas de court circuit, le courant peut monter à mille ampères et mettre le feu au bateau. Ce n'est pas un oubli mais une nécessité de prendre un tel risque. Le démarreur est un élément vital de sécurité et on ne peut se permettre un incident de fusible dans un moment critique, il faut câbler au plus rustique possible. Il est presque impossible d'implanter un fusible 1000 A de manière fiable et à des prix acceptables. En cas de court circuit fatal, un élément doit brûler, ce sera souvent le coupe batterie plutôt que les câbles, il faudra jouer de l'extincteur avant que la batterie n'explose...

Il faut donc particulièrement soigner le circuit très simple de batterie / coupe-circuit / démarreur.

Il est intéressant de doubler la protection en enfilant un tuyau sur le gros câble positif pour diminuer le risque de blessure du câble qui pourrait être au contact d'objets lourds par gros temps. J'ai vu des bateaux avec la caisse à outils métallique appuyée sur les fils de la batterie...



Section des câbles

Il faut déterminer avec soin la bonne section des câbles. Trop fins, ils chauffent et les pertes par effet Joule sont inacceptables. Trop gros (pour les forts courants) ils sont inutilement lourds et chers. La section se calcule en fonction de la chute en ligne :

$$S = r_0 * L * I / V$$

r : résistivité du cuivre = 0.021 ohms mm^2/m (16 pour le cuivre le plus pur, 17 pour le recuit, 18 pour l'écroui, 21 pour le médiocre habituel).

L : longueur totale (aller+retour) en m

I : Courant en A et V la chute de tension.

Soit pour un fil de 10 m, un courant de 10 A et une chute de 1 V : $S = 0.021 * 10 * 10 / 1 = 2.1 \text{ mm}^2$

C'est une chute importante, il ne faudrait pas dépasser 0.85 V de perte par effet Joule , nous prendrons donc :

Section minimale de 2.5 mm^2 pour 10 A et 10 m (soit 2*5m) avec perte de 0.85 V

Pour un guindeau par exemple avec deux longueurs de 10 m et 100 A, la section minimale sera $2.5 * 2 * 10$ soit **50 mm^2** (une petite fortune...).

Pour les courants faibles et fils courts, n'hésitez pas à être très surabondants. N'oubliez pas que les chutes peuvent être très fortes sur de mauvaises connexions, cosses mal serrées et fils oxydés. Ce sont de perfides causes d'incendie.

Tous les fils ne sont pas égaux, certains (qui a dit chinois ?) sont très médiocres (cuivre impur, mauvais isolant...) et s'oxydent vite, il est préférable de les éviter à bord.

Si vous avez un câble de récupération dont vous ne savez pas identifier la section, n'oubliez pas que sa section (surface) est égale au carré du rayon multiplié par Pi.

Donc si vous mesurerez au pied à coulisse un diamètre de cuivre d'environ **1.8 mm** pour un fil plein (un peu plus pour du multibrins) vous avez un câble de **2.5 mm^2** .

Sur un bateau métallique, il est impératif de toujours tout câbler en positif et négatif en ne prenant jamais la coque métallique pour retour du négatif ce qui provoquerait de gros dégâts par électrolyse !

Il ne faut jamais sous dimensionner les fils pour de forts courants. On vérifie l'absence de fuites en mesurant simultanément avec deux voltmètres précis les chutes de tension sur les fils positifs et négatifs, de la batterie au point de connexions des consommateurs.

Les deux chutes de tension doivent être strictement égales et faibles.

Si l'on trouve un volt de chute sur la ligne positive, cela montre que la ligne est de section trop faible.

Si l'on trouve une valeur différente sur la ligne négative, (elle ne peut qu'être inférieure) cela signifie qu'un

courant circule par la coque. Il faut revoir tout le câblage.



Coupe-batteries

Les catalogues offrent les choix entre de simples contacteurs à clef et de gros aiguillages circulaires commutant plusieurs batteries.

Éliminez sans aucun état d'âme ces gros gadgets qui sont sources de nombreux accidents. Ils sont souvent très mal construits, présentent des mauvais contacts et pertes en commutant de forts courants, les plots cuivre étant sous-dimensionnés. Le plus grave est qu'ils autorisent des positions intermédiaires mettant directement des batteries en parallèle. Ces matériels chauffent, les contacts s'oxydent puis charbonnent, le plastique finit par brûler. C'est un danger très réel.

Il y a sur le marché des commutateurs à clef très médiocres, sans marque d'équipementier connu. Ils ont été achetés moins d'un demi-dollar (port compris) au constructeur chinois, qui fabrique suivant les contraintes de prix imposées et revendus 20 fois le prix d'achat au consommateur final occidental. Il faut prendre un modèle à clef de qualité, pas forcément beaucoup plus cher qu'un bas de gamme, le prix ne dépend pas de la qualité mais du réseau de distribution. Avec un multiplots, il y a un risque accru d'avoir un très mauvais produit.

N'utilisez que les simples contacts à clefs à deux bornes ils sont de bien meilleure qualité et offrent toutes les possibilités pour un faible coût.

La marque d'un équipementier offre une certaine preuve de qualité.



En secours vous pouvez utiliser la batterie servitude quand celle du moteur claquera, bien qu'elle soit de technologie totalement inadaptée, mais elle risque de se détruire. Il suffit de placer deux contacteurs proches avec une seule clef, fixée à une gâchette, le commun sur le démarreur. Autre avantage de ce système, si vous fermez la vanne d'eau moteur, accrochez la clef à la vanne. Vous ne pourrez plus démarrer en oubliant que le refroidissement est fermé.

Pour économiser les coupe-batteries de secours, un par batterie servitude, qui risquent de ne jamais servir, un très gros câble à pinces suffit pour démarrer si la batterie moteur claque (un seul, les négatifs sont communs).



Les batteries

Elles font l'objet d'une note détaillée à part qui comprend : Les principes de câblage / Le types des batteries...

★ Annexe batteries ★



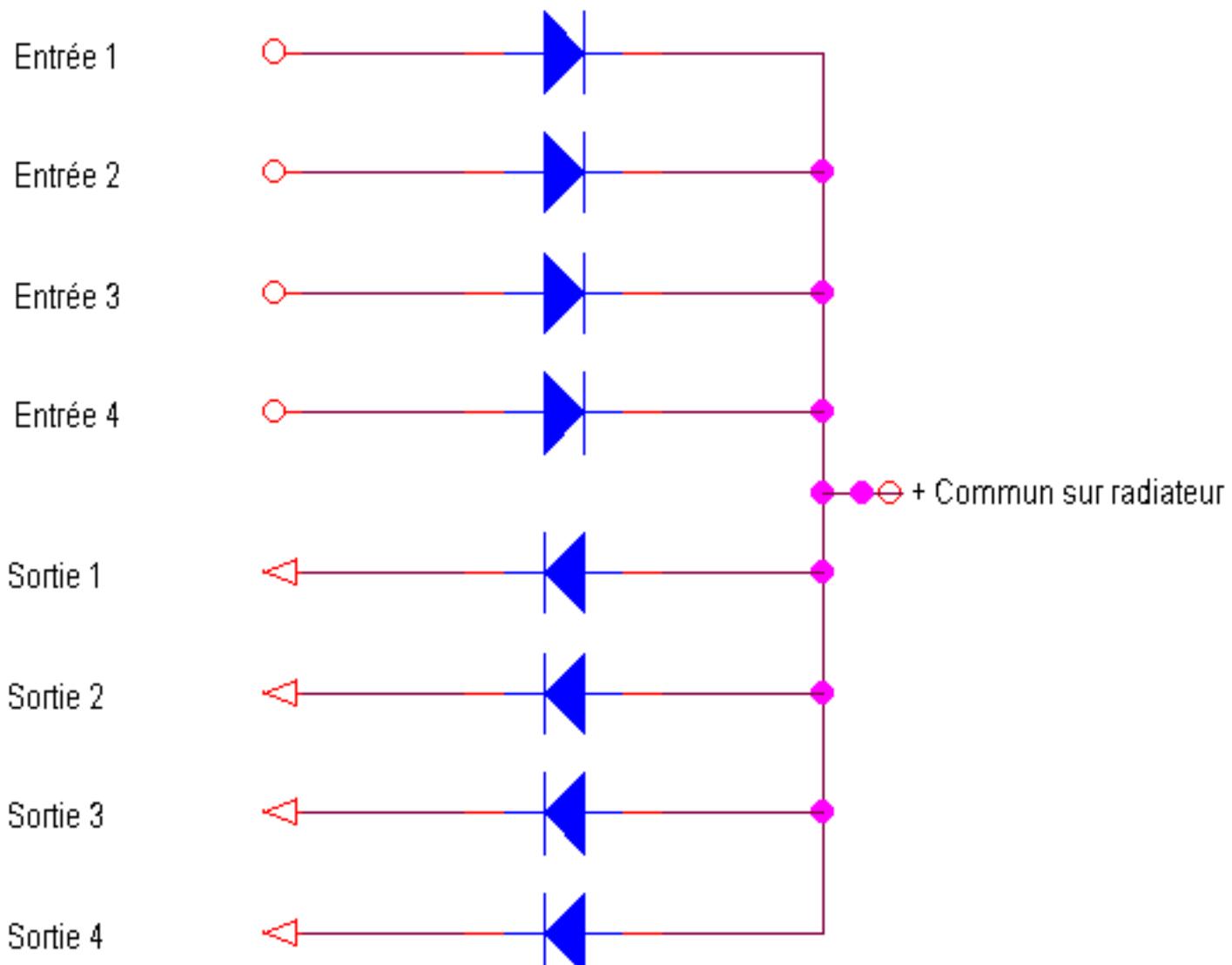
Diodes : technologie et utilisation

Les diodes de puissance sont très utilisées à bord. Les plaisanciers en ignorent souvent toutes les subtilités. Pour ne pas charger cette page une annexe sur la technologie, l'utilisation, les répartiteurs figure dans cette page annexe :

★ Annexe diodes de puissance ★



et les répartiteurs à diodes



Câblage électrique d'un catamaran

Lors de l'utilisation d'un seul moteur en route sans vent, sur une installation basique, un seul parc batterie est rechargé, cela gaspille l'énergie.

Il est indispensable de monter un répartiteur à diodes et de remonter le seuil du régulateur « intelligent » pour prendre en compte la chute d'environ 0.6 V s'il ne dispose pas d'origine de la sortie double qui évite alors de rajouter ces deux diodes externes.



Convertisseurs de tension 12/24 V DC > 220 V AC

Le convertisseur est un dispositif destiné à fournir une alimentation en courant alternatif pouvant se substituer à celle du secteur, à partir de l'énergie d'une batterie en basse tension continue et permettant de brancher des équipements secteur classiques.

Les convertisseurs sont détaillés dans cette page annexe :



La propulsion électrique

L'avenir est à l'écologie, la propulsion électrique sera bientôt très à la mode. C'est le seul moyen de gérer une grande quantité de bateaux dans des mouillages très fréquentés et fragiles comme des lagons. Aucun rejet de toilettes, évier ou refroidissement ne sera autorisé. Les bateaux n'auront aucun passe-coque. Les nordiques et les Américains vont accélérer ce mouvement. Je préparerai une page complète sur la propulsion électrique quand la réglementation évoluera, pour le moment ce sujet pointu n'intéresse que trop peu de monde. (Voir liens)



Une idée d'avenir, le générateur écologique

Non, il n'existe pas encore pour nos petits bateaux, mais ces quelques lignes activeront des neurones qui déboucheront à terme sur des prototypes, et qui sait...

Tout thermodynamicien connaît bien les turbines à très basses pressions utilisées pour exploiter les faibles écarts de température entre une source froide et une source chaude. Cela a été mis en oeuvre dans des centrales en pompant l'eau profonde froide et les eaux de surface chaudes.

Un petit jouet Stirling tourne à la chaleur de la main, c'est une bonne démonstration pédagogique. Une bonne machine de taille raisonnable produira une énergie croissant rapidement avec l'écart de température des sources.

Autres voies

L'**effet Seebeck** est l'apparition d'une tension électrique entre deux matériaux à température différente. Il est moins exploité que l'effet Peltier, phénomène dual, apparition d'une différence de température entre deux matériaux à tension différente. Il semble toutefois très difficile de tirer de la puissance en utilisant l'effet Seebeck.

La **calopile** serait une voie prometteuse si l'on arrivait à augmenter l'écart de température.

Dans cette première approche globale, nous n'introduisons pas les équations caractérisant la relation énergie fonction de l'écart. Pour un faible écart, il n'y a rien à espérer, mais pour quelques dizaines de degrés, cela commence à devenir intéressant.

Il y a un très gros marché pour un panneau noir à plat pont, chauffé par le soleil de Méditerranée ou des Antilles avec échangeur eau de mer et turbine basse pression qui donnerait une énergie électrique non polluante, silencieuse et éternelle...

Ne vous laissez pas piéger. Oui le sac à douche noir permet de chauffer fortement l'eau, mais ce ne sont que quelques litres statiques en deux heures. Pour produire une énergie appréciable il faut un courant d'eau très chaude, ce n'est pas facile à faire.



Bien raccorder plusieurs sources d'énergies douces

La question est souvent posée de raccorder plusieurs sources d'énergies douces, solaire ou éolien sur un médiocre régulateur à plusieurs entrées (parfois vendu très cher).

La première idée est qu'il ne faut pas le faire car ces entrées ne sont faites que de diodes branchées en cathode commune, la source la plus élevée en tension bloquera toutes les autres.

Si par exemple vous reliez deux panneaux solaires identiques, le mieux éclairé fournira toute l'énergie, l'autre peu, à cause de la chute du seuil de diode, mais il faut tempérer car en fournissant de l'énergie, la tension de la source s'écroule.

Pour la même raison, on ne monte pas non plus les panneaux en série, le moins éclairé bloquera les autres. Vérifiez sur votre installation avec une pince ampèremétrique (continue à effet Hall, pas à transfo), vous serez très déçu...

Tous les constructeurs utilisent le montage aberrant en parallèle car c'est le plus simple et le moins cher, et

comme le client n'y comprend rien, il est inutile de faire mieux.

Sachant que l'on ne peut monter plusieurs sources ni en série ni en parallèle, le problème semble complexe. Ce n'est pas un paradoxe, il suffit de les monter indépendamment !

Il y a deux solutions pour mélanger ses sources de tensions et puissances différentes avec un bon rendement :

° Soit utiliser un régulateur haut de gamme MMPT (Maximum Power Point Tracking), spécifiant clairement sur sa notice technique que **chaque entrée est indépendante**, à pompe de charge séparée. Ces matériels existent sur le marché américain et acceptent des tensions différentes, de 12 à 48 V et plus, sur chaque entrée, la tension et la technologie des batteries étant programmables.

Ces excellents matériels à haut rendement sont chers mais offrent de nombreux avantages, ils permettent de voir les historiques des charges par entrées, sur leur écran incorporé et avec récupération USB sur PC.

° Soit utiliser des régulateurs peu chers (sur eBay, quelques dizaines d'Euros rendus), mais un différent pour chaque entrée. Cette solution marche aussi très bien.

Je ne suis pas un boutiquier, ne me demandez pas des marques et adresses, cherchez sur le Net...



Liens

Les liens énergie, batteries, diodes, alternateurs, convertisseurs,..., étant très liés, tout est regroupé dans une seule page: [Liens énergie](#) 

Cette page ne contient aucun lien externe à maintenir



Voile

Electronique

Mouillages

Divers

© Christian Couderc 1999-2014 Toute reproduction interdite sans mon autorisation

Page vue **200392** fois IP : 80.119.12.30



Dernière retouche le 15 Juillet 2013 à 19 h



Voilelec
Electronique et electricité à bord