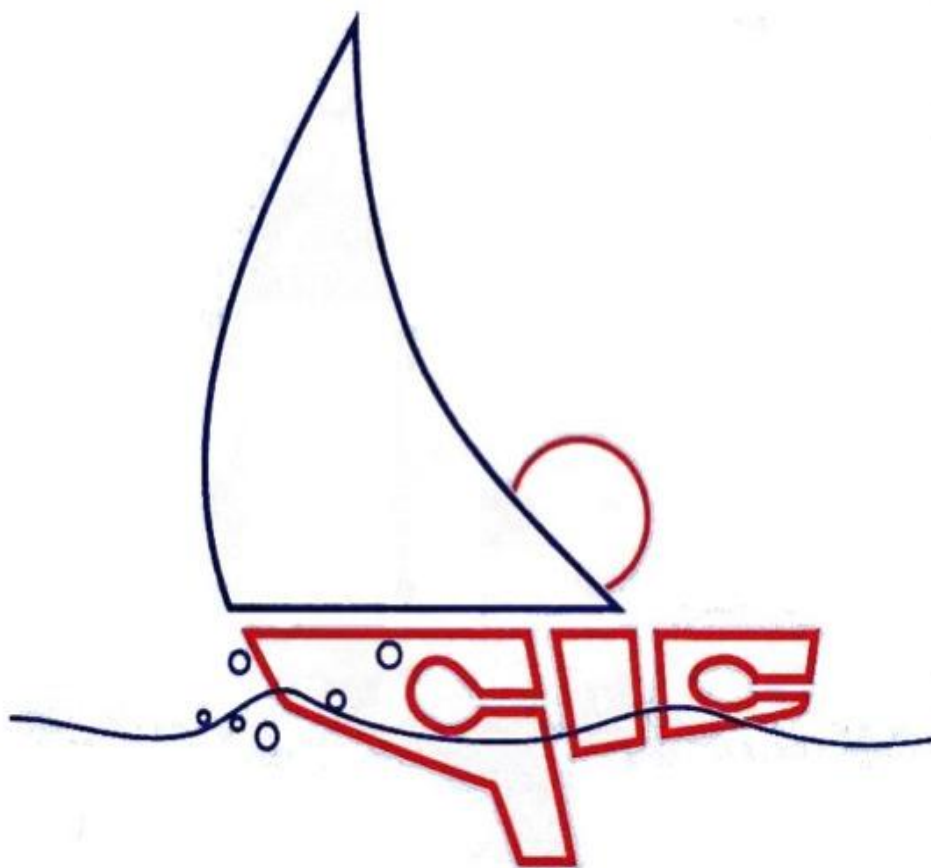


L'ELECTRICITE A BORD

GEREZ VOS CONSOMMATIONS



Jean-Pierre Paraire
Février 2017

SOMMAIRE

Chapitre

page

1.	LES CARACTERISTIQUES D'UN APPAREIL ELECTRIQUE	4
1.1.	Puissance, Tension, Intensité	4
1.2.	L'Ampère-heure	4
2.	LES APPAREILS CONSOMMATEURS D'ENERGIE	5
2.1.	Le Démarreur	5
2.2.	Le Guindeau	5
2.3.	Les Servitudes	6
3.	LES SOURCES D'ENERGIE	7
3.1.	L'alternateur	7
3.2.	Le redresseur/chargeur	
3.3.	Les batteries	10
4.	LA CONSOMMATION	14
4.1.	Bilan d'une consommation pendant 24 heures de navigation	14
4.2.	Quand et Comment recharger les batteries	14
4.3.	Bilan d'une consommation au mouillage pendant 24h	15
5.	LA DISTRIBUTION DE L'ENERGIE	
5.1.	Principe de la distribution	17
5.2.	Constitution des circuits	17
5.3.	Les défauts de la distribution	18
5.4.	Le réseau 220 Volts	19
5.5.	La qualité des contacts électriques	19
6.	L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE	20
6.1.	Coupe batterie	20
6.2.	Répartiteur de batteries	20
6.3.	Interrupteur	
6.4.	Fusibles	
6.5.	Disjoncteur	
6.6.	Relais	
6.7.	Ampoules LED	22
7.	QUELQUES RECOMMANDATIONS	23
8.	L'ELECTRICITE A BORD DE CLEA II	24

1. LES CARACTERISTIQUES D'UN APPAREIL ELECTRIQUE

1.1. Puissance, Tension, Intensité

Tout appareil électrique,
qu'il soit producteur (alternateur, éolienne, panneau solaire, hydro générateur,...),
qu'il soit consommateur (démarreur, guindeau, feux de navigation, pompe, instru-
ments,...),
qu'il soit convertisseur (redresseur/chargeur, onduleur,...),
est caractérisé par :

- Sa **puissance** en watts (W).
- Sa **tension** d'alimentation en volts (V) (en voilier de plaisance : 12 volts continu).
- Son **intensité** en Ampères (A).

Loi physique en électricité

$$P = U \times I$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

$$W = V \times A$$

D'où

$$I = P / U$$

Tension, ampérage, et puissance sont des valeurs instantanées.

Exemple : Une ampoule à filament, de feu de navigation demande une puissance de 25 W,

Son intensité pour 12 V : $25 / 12 = 2,08 \text{ A}$.

Toute intensité peut être mesurée avec l'ampèremètre ou le gestionnaire de batteries, disponibles sur le panneau de distribution électrique. De préférence ces appareils doivent être numériques. Le multimètre numérique, à pince ampèremétrique intégrée à induction, est l'instrument indispensable dans le suivi du réseau électrique et les dépannages.

1.2. L'Ampère-heure

Toute puissance consommée pendant un certain temps, s'exprime en :

Watt x heures = Wh

Pour la suite de l'exposé, quand l'énergie est restituée par les batteries, leur capacité étant annoncée en Ah, nous comparerons nos consommations en **Ah**, par rapport à la capacité disponible des batteries du bateau.

Exemple : Durant 10 heures de navigation de nuit :

le feu de navigation à filament ci-dessus, exige de la batterie

$$2,08 \text{ A} \times 10 \text{ heures} = 20,8 \text{ Ah}$$

Si solution de 3 feux de balcon : $20,8 \text{ Ah} \times 3 = 62,4 \text{ Ah}$

Si solution de 1 feu tricolore en tête de mât (3 feux en 1) = **20,8 Ah**

Les ampoules à LED consommant 8 à 10 fois moins d'intensité, d'où l'intérêt de n'avoir que des feux ou points lumineux à LED, solution que nous allons appliquer dans la suite de ce cours.

Exemple : Durant 24 h de navigation, GPS traceur, anémomètre/girouette, sondeur, utilisés en permanence consomment :

$$1,5 \text{ A} \times 24\text{h} = 36 \text{ Ah}$$

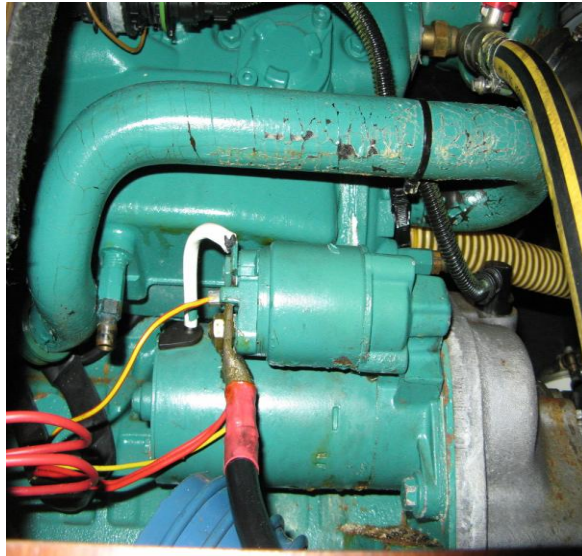
2. LES APPAREILS CONSOMMATEURS D'ENERGIE

2.1. Le Démarreur

C'est un moteur électrique qui doit vaincre les résistances mécaniques considérables engendrées par la compression, le frottement des pistons, bielles et vilebrequin. L'intensité d'appel est comprise entre 200 et 250 ampères pendant 3 à 4 secondes, voire plus.

Le temps d'utilisation d'un démarreur est relativement faible. Pour CLEA II, à raison de 3 à 4 démarrages par jour, d'une durée moyenne de 3 secondes par démarrage et de 160 jours de navigation par an, la durée annuelle de fonctionnement du démarreur est de :

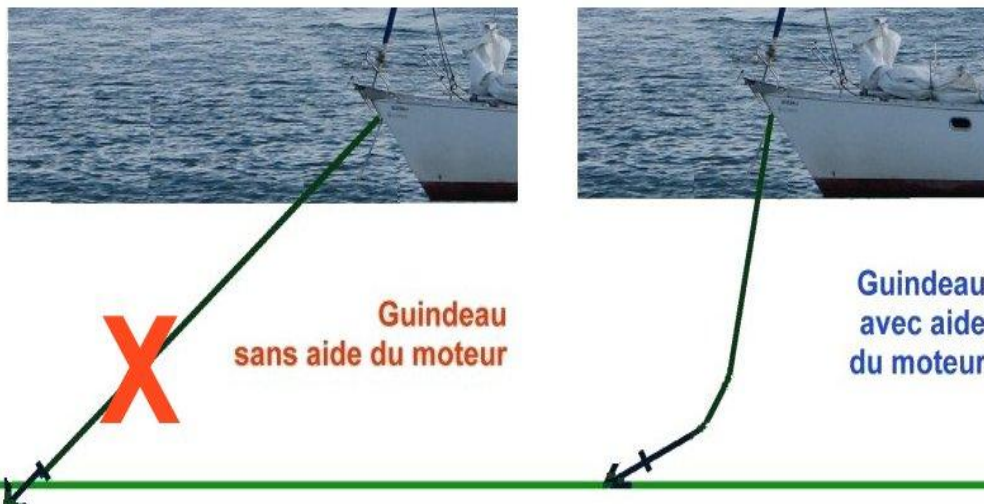
$$4 \text{ dém.} \times 3 \text{ sec} \times 160 \text{ j} = 1920 \text{ sec} = \mathbf{32 \text{ minutes}} (< 1 \text{ heure}).$$



2.2. Le Guindeau

Equipé d'un moteur électrique, la vitesse de remontée est de : 12 à 18 mètres par minute. Le moteur développe une **puissance de 1.400 W**, soient **116 A** sous 12 V, pendant 3 à 4 minutes. Pour soulager la batterie d'alimentation, il faut obligatoirement faire tourner le moteur de propulsion et avancer pour soulager le travail du guindeau pendant la remontée, ce qui réduit la traction sur la chaîne et donc l'intensité. Il est indispensable de savoir sur quel réseau de batteries (servitudes ou moteur) est alimenté le guindeau.

Force d'arrachement :



2.3. Les Servitudes

Ce sont tous les appareils consommateurs d'énergie électrique contribuant à la sécurité et au confort de l'équipage. Nos exigences de confort contribuent à l'inflation de la consommation électrique. Le tableau suivant correspond à « CLEA », le bateau du Club :

Le tableau des consommations est joint en fin de ce document

La nuit est le moment où l'intensité électrique demandée est la plus forte.

Sur CLEA II, nous avons le choix de 2 types de feux de navigation :

- 1 feu à LED en tête de mât (3 feux en 1) qui se voit plus loin, dont l'intensité est de **0,2 A** ;
- 3 feux à LED de balcons, à 0,2 A chacun, soient **0,6 A**.

L'utilisation des 3 feux de balcons, recommandée en arrivant dans les ports ou mouillages, porte l'intensité maxi de nuit, du tableau à : $37,91 - 0,2 + 0,6 = \mathbf{38,31 A}$.

Cette valeur maximale permet de dimensionner l'alternateur. Pour la suite de l'exposé nous arrondissons cette valeur à **39 A**.

Le PC mentionné dans le tableau, consomme 5 A avec son écran en fonctionnement et 3A écran éteint.

Le démarreur et le guindeau électrique sont deux consommateurs particuliers d'énergie : ils consomment beaucoup pendant une très courte période. Le guindeau ne doit fonctionner que si le moteur de propulsion est en marche et que si l'alternateur charge les batteries.

Instrument	Puissance	Intensité
Démarreur :		200 / 250 A
Guindeau :	1.400 W	116 A

La généralisation des ordinateurs et appareillages électriques de bord ainsi que la multiplication des appareils individuels (téléphones, appareils photos, camera ...) exigent une augmentation permanente de la consommation électrique dont il faut tenir compte dans la capacité des batteries de servitude.

3. LES SOURCES D'ENERGIE

Nous distinguons trois types de sources d'énergie :

- **L'alternateur** : Moyen de production quand le moteur fonctionne,
- **Le redresseur-chargeur** : Moyen de production quand le bateau, à quai, est alimenté en 220 V - 50 Hz
- **Les batteries** : Conservent et restituent l'énergie qui leur a été précédemment donnée, par l'alternateur, redresseur/chargeur, éolienne, panneau solaire, hydro générateur.

3.1. L'alternateur

Cet appareil, monté sur le côté du moteur qui l'entraîne par une courroie, transforme l'énergie mécanique en énergie électrique. Il est caractérisé par :

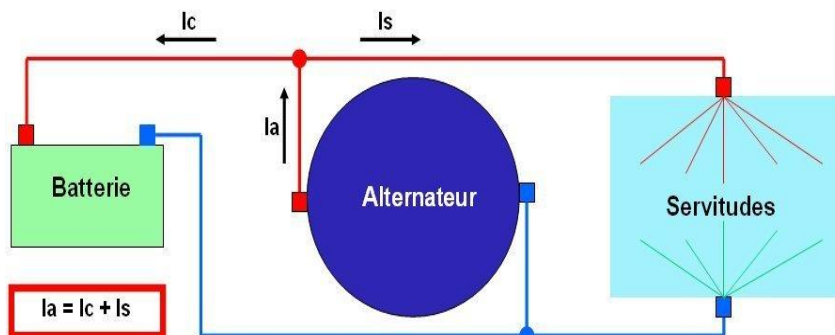
- **Sa puissance**, affichée en A ,doit recharger les batteries et alimenter les appareils du bord,
- **Sa vitesse d'amorçage**, 1.000 tours / minute, à partir de laquelle il produit de l'énergie.

Tout alternateur doit être associé à un régulateur car sa tension et son intensité sont sensibles aux variations de vitesse et aux variations de charges. Sa régulation est faite en faisant varier le courant d'excitation de l'alternateur et prend comme référence la tension batterie moteur.

Faire tourner le moteur à 1.000 tours / minute, au mouillage ou au port sans prise de 220 Volts, n'est pas la meilleure solution. Un moteur doit fonctionner à 70 % de sa puissance, sinon il s'encrasse et les cylindres se détériorent.

Répartition des charges produites par l'alternateur

Le schéma suivant montre la répartition des charges électriques fournies par l'alternateur :



Détermination de la puissance de l'alternateur

Généralement annoncé et affiché en Ampères.

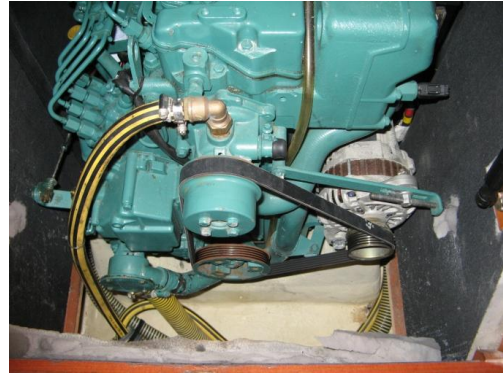
La puissance doit tenir compte :

- Du courant maximum de recharge des batteries,
- Du courant maximum consommé par les appareils électriques.

Exemple de CLEA II :

Recharge batteries :
4 batteries de 100 Ah (servitude) chacune, plus une batterie de 100 Ah (moteur), soit 500 Ah au total, d'où un courant de charge (10 %) IC de 50 A.

Consommation maximale :
L'exemple du chapitre 2.3 servitudes, avec un radar actif, un pilote automatique et 3 feux de navigation, donne IS = 39 A, soit un débit total pour l'alternateur de 89 A (50 A + 39), ce qui impose le choix d'un alternateur de 90 A minimum.



Cette puissance est prise sur le moteur et réduira d'autant la puissance propulsive disponible.

- La puissance en W fournie par l'alternateur est de : $89 \text{ A} \times 12 \text{ V} = 1068 \text{ W}$
- Avec un rendement de l'alternateur de 50 %, la puissance demandée par l'alternateur est de : $1068 : 0,5 = 2136 \text{ W}$.
- Si le rendement de la courroie est de 90 %, la puissance donnée par le moteur est : $2136 : 0,9 = 2373 \text{ W}$
soit, en chevaux (1 CH = 736 W) : $2373 : 736 = 3,22 \text{ CH}$.
- **La puissance disponible pour la propulsion est réduite de : 3,22 CH.**

Pour CLEA II, une saison de 160 jours donne 500 à 600 heures de moteur en moyenne. L'alternateur **est soumis au même temps de fonctionnement, ce qui entraîne une usure mécanique équivalente** à laquelle il faut être très attentif : roulements, charbons, ...

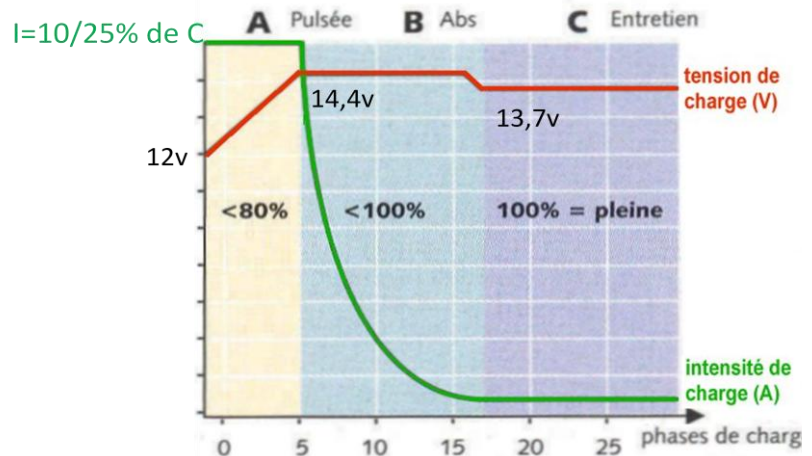
3.2 Le redresseur / chargeur

A partir de 220 volts alternatif, 50 Hz ou 60 Hz, le redresseur / chargeur redresse et régule aux environs de 14,4 volts continu.

Le chargeur doit être capable de délivrer, en ampères, au minimum 10 % de la capacité totale des batteries type ouvert voire 25 % et plus pour batterie gel ou AGM (voir notice fabricant).

Cycle de charge à 3 étapes :

- A Bulk :** la batterie est chargée rapidement jusqu'à 80 % environ,
- B Absorption :** la batterie est chargée de 80 à 100 %,
- C Float :** la charge de la batterie est maintenue à 100 %



Ces valeurs sont à titre indicatif mais doivent être confirmées par les notices des fabricants.

Batterie classique au Plomb : Absorption : 14,4 volts / Floating : 13,3 volts

Batterie au plomb/calcium : Absorption : 13/16 volts / Floating : 14,5 volts

Batterie électrolyte gélifié : Absorption : 14,4 volts / Floating : 13,5/13,7 volts

Les chargeurs modernes et performants :

- Ont 2 à 3 sorties distinctes : une par réseau de batteries avec régulation propre à chaque sortie.
- Permettent d'ajuster par commutateur interne, la charge selon le type de batterie. (Plomb étanche, Plomb calcium, Gel, AGM, ...)
- Sont isolés quand alimentés par le quai, on peut démarrer le moteur.
- Ont des phases ou étapes complémentaires, des fonctions nouvelles :
 - « *Désulfatation* » Envoi des pics de tension pour casser les cristaux de sulfate déposés sur les plaques.
 - « *Impulsion* » Surveillance de la tension de la batterie et envoi d'une impulsion en cas de décharge (hivernage).
 - « *Compensation thermique* »
 - « *Reconditionnement des batteries endommagées* »

3.3 Les batteries

Une batterie au plomb est constituée de plaques positives et plaques négatives immergées dans un liquide acide, appelé électrolyte. Au cours des séquences de charge il se produit un dégagement d'oxygène et d'hydrogène qui sont plus ou moins recombinaés dans l'électrolyte de la batterie en fonction de sa technologie. Nous n'abordons que les batteries au plomb, leur coût de revient en Ah étant nettement moins cher vis-à-vis d'autres familles de batteries.

Une batterie est définie par 4 caractéristiques :

- **Sa tension nominale de fonctionnement : 12 V**, en voilier de plaisance.
- **Sa capacité (réserve d'énergie) en Ampères-heures (Ah)**
Est égale à : (intensité) x t (temps).
Ex : une batterie de 100 Ah C20 permet un débit de 5 ampères pendant 20 h, mais 8 A pendant 10h et 10 A pendant 5 h.
- **Son aptitude aux pointes de démarrage :**
Intensité qu'elle peut délivrer pendant un court instant.
- **Le nombre de cycles charges/décharges :**
C'est un indice sur sa durée de vie qui dépend de la profondeur des décharges.
Batterie Gel : 1800 pour décharges 30%, 1200 pour décharges 40%, 700 pour décharges 50%.

Leurs performances portent sur leur technologie et qualité de fabrication, les différences étant :

- **Nature de l'électrolyte**
Liquide, AGM (Absorbe Glass Mat) ou gélifié
- **Géométrie des électrodes**
Plaques fines 2,5 mm (suffisant pour uniquement démarrage), plaques épaisses 5 mm (permettent plus d'Ah stockés) ou tubulaires (plus d'Ah stockés et forte intensité sur longue durée).
- **Matériaux des électrodes.**
Plomb antimoine (pbsb), plomb calcium (pbca), plomb calcium étain (pbcasn) alliage le mieux adapté en utilisation servitude, l'étain améliorant le nombre de cycles charges/décharges

Les contraintes des consommateurs électriques

Il existe 2 sortes de batteries pour répondre à 2 contraintes très spécifiques, voire contradictoires :

- **Les batteries de démarrage**, fournissent une intensité très importante pendant un court instant pour répondre aux besoins du démarreur, guindeau, propulseur d'étrave.
- **Les batteries de servitudes**, supportent de nombreux cycles de charge / décharge pour répondre à des débits longs tels que : feux et instruments de navigation, éclairages, appareils électroniques, radio, prises de courant 12 Volts, ...

Si ces 2 exigences sont contradictoires, les fabricants font preuve d'innovations et proposent des batteries qui concilient ces 2 exigences. Bien lire les catalogues des fabricants ou des revendeurs. Le choix des différents types de batteries est difficile. Comment apprécier les retours d'expériences disparates, sans historiques bien précis.

Les contraintes en bateau

Concilier, servitude et démarrage.

Étanchéité.

Niveau de l'électrolyte permettant aux électrodes d'être toujours immergées quelque soit la gîte.

Bonne résistance mécanique aux chocs

Dégagement gazeux le plus réduit possible

Une batterie de grande qualité est forcément lourde en poids car il faut de la matière pour garantir la tenue dans le temps. Le prix est en conséquence. Tout cela n'est pas forcément conciliable avec un budget navigation réduit et le souci d'alléger le poids du bateau.

Mégoter sur le prix d'achat des batteries, est un risque futur sur la sécurité.

Les différents types de batteries

Le marché nous propose différents types de batteries dont il faut connaître les subtilités d'appellation.

➤ **La batterie « ouverte »** ou traditionnelle :

Cette batterie, automobile à l'origine, est adaptée au démarrage et exige de l'entretien (maintien permanent du niveau de l'électrolyte) ; elle disparaît petit à petit avec l'évolution technologique, ses points faibles étant :

- ◆ Surveillance permanente du niveau de l'électrolyte.
- ◆ Un risque important de sulfatage des bornes et de dépôts conducteurs sur les couvercles ce qui peut provoquer une décharge lente, même si les coupes-batteries sont ouverts.
- ◆ Une manipulation délicate, avec le risque de brûlures (mains et œil).
- ◆ Une implantation dans le bateau qui exige beaucoup de précautions et de contraintes. Gîte et aération.

➤ **La batterie « étanche »** sans entretien, correctement adaptée pour notre utilisation plaisance.

L'évolution technologique propose des batteries fermées dont la composition des alliages utilisés et le volume d'électrolyte d'origine évitent de refaire le niveau d'électrolyte. Le dégagement gazeux, lors des recharges, étant très réduit, n'exige pas d'orifice d'aération. Cependant, une valve de sécurité est prévue par précaution. Le risque de sulfatage est également très réduit, voir supprimé.

➤ **La batterie « étanche gel »**, L'électrolyte liquide est remplacé par un gel. Cette batterie hermétique est insensible aux chocs. Résistante aux longues décharges, longue durée de vie. Proposée pour les fonctions démarrage et servitude.

➤ **La batterie « AGM »** L'électrolyte liquide emmagasiné dans des buvards en fibre de verre, permet de comprimer les plaques entre elles. Accepte la décharge profonde (80%). Proposée pour les fonctions démarrage et servitude.

➤ **La batterie « booster sèche »** Cette batterie de secours permet de démarrer le moteur si la batterie moteur est en panne. Les caractéristiques annoncées sur les catalogues varient entre :

400 A - 12V - 1600 A pointe

800 A - 12V - 2200 A pointe

Elles sont équipées d'un chargeur 220 V 50Hz/60Hz / 12 V Courant redressé.

Elles sont équipées de LED ou voltmètre indicateurs de charge.

Batterie BOOSTER sèche



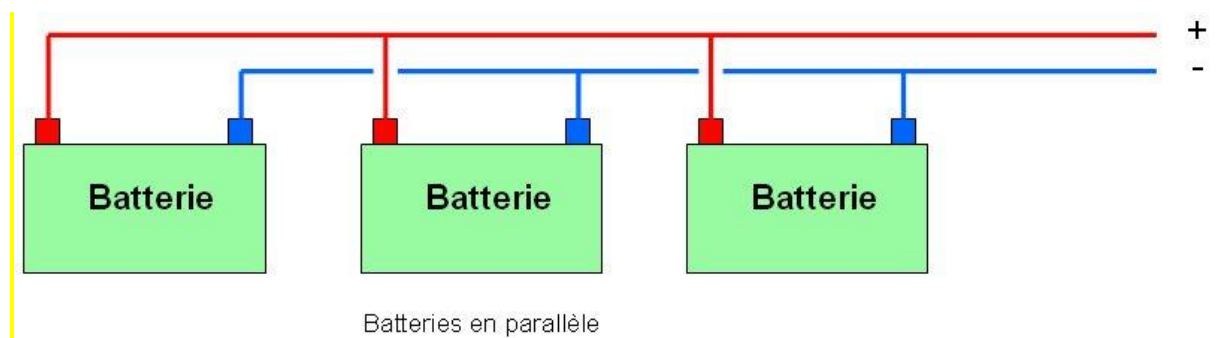
Il est conseillé de vérifier régulièrement sa charge et de la compléter en branchant le chargeur intégré sur une prise de courant.

Le couplage des batteries

L'augmentation de la puissance demandée à bord, exige de monter en capacité, en couplant en parallèle 3, voire 4 batteries de 12 v. Les bornes positives sont reliées entre elles et les bornes négatives entre elles. La capacité disponible est la somme des capacités mises en parallèle.

La tension reste équivalente à celle d'une seule batterie soit 12v.

Ne jamais installer en parallèle des batteries de caractéristiques différentes, de capacités et d'âges différents



Utilisation, Surveillance et Entretien des batteries :

La durée de vie d'une batterie varie du simple au double, en fonction de l'attention que l'utilisateur lui portera et de l'utilisation qu'il en fera selon son attention aux effets perturbants voire destructeurs.

1 – La température.

Si la capacité d'une batterie augmente avec la température sa durée de vie diminue avec l'augmentation de la température. Ne pas les installer dans le compartiment moteur.

2 – La charge d'une batterie.

Bien dimensionner l'alternateur et bien choisir le redresseur-chargeur.

3 – Le rendement de charge.

Le nombre d'Ah nécessaires pour recharger doit être supérieur de 10% à ce qui a été consommé suite au phénomène de bouillonnement.

4 – La décharge d'une batterie (influence d'une décharge profonde).

Tout dépassement du seuil de décharge donné par le constructeur accélère le vieillissement de la batterie (20% Pb ouvert, 50% AGM ou Gel). La décharge dite profonde 80% est encore plus destructive. La sulfatation ainsi générée apparaît sous forme de poudre blanche sur les cosses. La batterie se charge de plus en plus rapidement mais se décharge encore plus rapidement.

Avoir sur le panneau de distribution électrique un voltmètre, de préférence numérique, associé à un commutateur pour lecture des tensions batterie démarrage et batteries servitude est indispensable. Un gestionnaire est idéal car il donne en plus la valeur de capacité disponible.

- Une batterie « moteur » insuffisamment rechargée, ne peut pas lancer un moteur diesel. Il est donc utile d'avoir des batteries distinctes pour le démarrage du moteur et les servitudes.
- L'indicateur du voltmètre doit être regardé en décharge, sans alternateur ni chargeur.
- L'alternateur charge si la tension est comprise entre 13,6 et 14,4 Volts, quand le moteur tourne.
Le redresseur/chargeur fonctionne si la tension est comprise entre 13,6 et 14 Volts.
- Pour les batteries avec entretien de type ouvert, maintenir le niveau d'électrolyte à un centimètre au dessus des plaques avec de l'eau **déminéralisée**. Les maintenir propres pour éviter la décharge due aux saletés, toujours chargées de sel, qui peuvent s'accumuler dessus
- Débrancher les fils pour nettoyer et graisser les bornes, au moins une fois par an. Les cosses sont légèrement coniques ; **La positive est la plus grosse**, **la négative est la plus petite**.

4. LA CONSOMMATION

4.1. Bilan d'une consommation pendant 24 heures de navigation

Bilan d'une navigation du 1^{er} avril à 07⁰⁰ au 2 avril à 07⁰⁰,

	7				12						19				0					6
J																				
N																				

soit 24 heures dont 10 heures de nuit :

Instrument	Temps utilisation (en h)	Intensité (en A)	Consommation. max (en AH)
Feux de navigation (LED) *	10,00	0,20	2,00
Plafonniers carré / Cuisine	3,00	1,00	3,00
Eclairage compas	10,00	0,20	2,00
VHF (veille)	24,00	0,40	9,60
Radar (émission)	4,00	4,00	16,00
Eclairage Table à carte	10,00	0,40	4,00
Ordinateur	24,00	5,00	120,00
GPS / Traceur/anémomètre/sondeur	24,00	1,50	36,00
Navtex	24,00	0,75	18,00
Réfrigérateur	2,00	5,50	11,00
		19,15 A	221,60 Ah

* : les intensités proviennent du tableau chapitre 2.3 servitudes.

Sachant qu'une batterie ne doit pas être déchargée en delà de 50% de sa capacité, il faudrait donc une batterie de : $221,60 \times 100 / 50 = 444 \text{ Ah}$, pour tenir 24h sans recharge

Que deviendrait la consommation, si CLEA II avait seulement des feux de balcon à ampoule à filament, sans feu de navigation à LED en tête de mât ou feux de balcons à LED ?

Avec 3 feux de balcon, ampoule à filament ($25W \times 3 = 75W / 12 = 6,25 \text{ A}$) les 2 Ah deviennent 62,5 Ah.....

Les 4 batteries de servitudes en parallèle de CLEA II, ont une capacité totale de 400 Ah (100 x 4). Pour respecter la capacité de 50 % de consommation à ne pas dépasser, sans recharger les batteries, il ne faut pas consommer plus de 200 Ah. Hors, nous avons dépensé 221,60 Ah.

4.2. Quand et Comment recharger les batteries

Le manque d'électricité devient un incident majeur si les instruments de navigation indispensables (GPS, VHF, Radar, Navtex, ...) ne fonctionnent plus normalement : la situation peut devenir catastrophique !

En conséquence, la gestion de l'énergie à bord nécessite l'application de principes stricts.

La surveillance du niveau de charge des batteries doit être une préoccupation constante. La recharge doit être effectuée dès que les conditions sont favorables, sans attendre d'être acculé à l'obligation de recharger dans n'importe quelle condition, au risque de détériorer définitivement les batteries.

Les recharges doivent tenir compte des besoins ultérieurs (nuit, grandes étape sous voiles seules), de l'état de la mer et de la gîte. Il faut donc :

- Adapter la consommation aux conditions de navigation :

- ♦ Ne pas « alimenter » le réfrigérateur sous voiles seules ;
- ♦ Limiter les éclairages intérieurs, non prioritaires.
- Si la recharge peut être faite avec le moteur :
 - ♦ Ne pas utiliser le moteur quand le bateau gîte (au près) ;
 - ♦ Faire tourner le moteur à 70 % de sa puissance, donc en mer, pas au port, ni au mouillage ;
 - ♦ Respecter le confort et le sommeil de l'équipage.
- Utiliser, au maximum, les branchements à quai, même si c'est payant. La recharge par le chargeur est meilleure qu'avec l'alternateur.

En navigation, dans une attitude d'électricien, gestionnaire des batteries, il convient de les recharger avec le moteur au moment de la plus grande consommation (radar, réfrigérateur, éclairage, ...). Cependant, il faut intégrer les remarques précédentes.

Charger pendant 1 heure

C'est la recommandation habituelle, préconisée depuis toujours. Qu'en est-il ?

Pour recharger à 100%, nous devons restituer les 222 Ah (221,60 tableau p.12) aux batteries servitudes.

Pendant cette heure de marche moteur, profitant de l'obligation d'utiliser le radar nous rechargeons en froid le frigo, donc nous diminuons 1 heure de consommation de 20 Ah.

La consommation réelle de 24 h dont 1 h moteur serait : 222 Ah – 20 Ah = 202 Ah

La capacité restante serait ; 400 Ah – 202 Ah = 198 Ah

Mais nous rechargeons en plus les batteries servitudes donc 40 Ah (10% de 400 Ah)

Capacité batteries servitudes réelle après 24 h (1 h moteur) : 198 Ah + 40 Ah = 238 Ah

Est-ce suffisant pour retrouver les 400 Ah ?

4.3. Bilan d'une consommation au mouillage pendant 24h

Instrument	Temps utilisation (en h)	Intensité (en A)	Consom. max (en AH)
Feu de mouillage(LED)	10,00	0,14	1,40
Plafonniers carré /cuisine(LED)	5,00	1,00	5,00
Chargeurs des piles	10,00	1,00	10,00
VHF (veille)	24,00	0,40	9,60
Eclairage cabines (LED)	4,00	0,80	3,20
Eclairage Table à carte	3,00	0,40	1,20
Ordinateur de bord	8,00	6,00	48,00
Girouette,anémomètre	24,00	0,60	14,40
Navtex	24,00	0,35	8,40
Réfrigérateur	2,00	3,60	7,20
			108,40

Dont acte.....

Ces 2 tableaux de bilan de consommation, basés sur des consommations d'intensité en grande partie relevées à la pince ampère métrique, nous font prendre conscience de valeurs conséquentes.

Ces tableaux donnent une démarche dont il ne tient qu'à vous d'améliorer et de les remplir en fonction de votre mode de navigation. (Période de navigation, grande traversée, côtière, nuit, fréquentation conséquente ou réduite des marinas...).

2 améliorations nous facilitent la maîtrise d'une meilleure disponibilité des batteries :

Présence du 220 volts dans les marinas, permettant d'alimenter très régulièrement le chargeur-redresseur du bateau.

Existence des ampoules à LED réduisant les consommations de tous les points lumineux et feux de navigation et mouillage.

Attention, le PC du bord, plus gourmand qu'on ne le pense perturbe ces améliorations. Sa consommation en A, sous 12 volts, est 18 fois supérieure que lorsqu'il est utilisé en 220 volts.

Ne pas sous-estimer les petits gadgets individuels, plus consommateurs que l'on ne pense.

Imaginons en charge, 1 PC portable 9/10 pouces, 1 tablette et 2 tel, un total de $40+10+4+4=58$ W, soit 5 à 6 A fournis par la batterie.

Si la recharge dure 6 heures, la batterie sera déchargée de $6A \times 6 h$ soit 36 Ah, donc 18% des 200 Ah disponibles avant recharge conseillée de la batterie de 400 Ah.

Ce n'est pas négligeable.

5. LA DISTRIBUTION DE L'ENERGIE

Compte tenu de la multiplication des appareils consommateurs, le réseau électrique devient complexe et les exigences de disponibilité imposent de fractionner au maximum les circuits pour les rendre indépendants les uns des autres. L'intérêt de sources de production différentes complique les schémas.

Le courant 220 V alternatif, introduit dans les bateaux, est une tension dangereuse, pouvant provoquer l'électrocution et donc la mort.

L'installation d'appareillage électrique de protection performante et adaptée est obligatoire.

5.1. Principe de la distribution

Concentrer la distribution en un seul réseau est la solution la plus simple mais source de problèmes :

- La difficulté d'avoir une batterie qui résiste dans le temps à l'alimentation d'un démarreur (décharges très rapides) et des servitudes (décharge lente),
- La défektivité d'une source d'énergie unique, provoquant une panne totale.

Les constructeurs de bateaux, 14 mètres et moins, proposent 2 réseaux de batteries distincts :

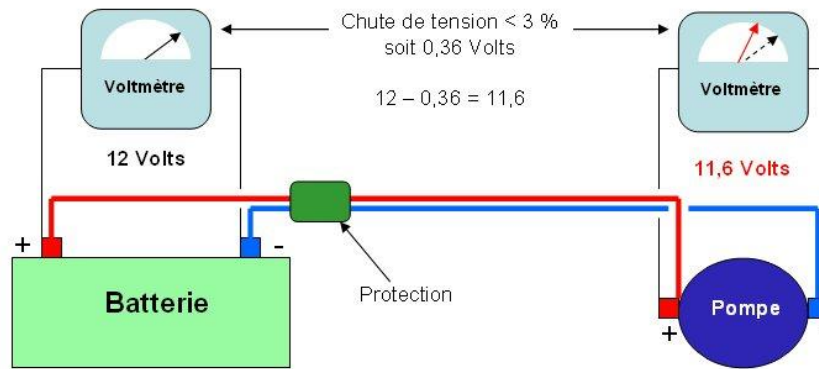
- **Un réseau démarreur**, dit prioritaire, non perturbé par d'autres consommateurs, permet le choix :
 - ◆ D'une batterie de type démarrage, mieux adaptée,
 - ◆ Des bonnes sections de câbles et de la qualité des contacts (raccords et cosses). Plus la section du câble est grande, moins les chutes de tension sont importantes.
- **Un réseau de servitudes** : une ou plusieurs batteries en parallèle pour augmenter la capacité.
 - ◆ Il permet le choix de batteries mieux adaptées au type des servitudes.
 - ◆ Chaque appareil doit avoir sa propre protection donc autant de circuits que d'appareils ou de sous-groupes de points lumineux.

La possibilité de **coupler momentanément** les 2 réseaux, démarreur et servitude, permet de secourir la batterie du démarreur. Cela impose la présence d'un « coupleur de batteries » permettant d'utiliser chaque batterie ou groupe de batteries, isolement, ou conjointement pour augmenter la puissance.

5.2. Constitution des circuits

Chaque circuit est constitué :

- **De deux câbles (polarité + et polarité -)**.
La section des câbles est déterminée en fonction de l'intensité distribuée. Si plusieurs récepteurs sont alimentés sur la même ligne, c'est le total de ceux-ci. En pratique ne pas dépasser 6 A par mm².



La tension constatée aux bornes d'un récepteur ne doit pas être inférieure à 3 % à celle mesurée aux bornes de la batterie. Pour une intensité donnée, plus la longueur est grande, entre source et récepteur, plus cette chute est grande

- **D'une coupure et d'une protection, en tête du circuit.** Il doit y avoir au minimum un interrupteur suivi d'un fusible, un disjoncteur est préférable. Cette protection est calibrée en fonction de la section du câble et non de la consommation du ou des récepteurs. Chaque équipement électronique (GPS, Radar, VHF, Fax météo, ...) doit avoir sa propre protection, en général un fusible.

5.3. Les défauts de la distribution

On rencontre 3 types de défauts électriques.

- **La surcharge lente** mais permanente : une surcharge de 20 % à 30 % de la charge nominale ou prévue provoque un échauffement de l'appareil, des câbles conducteurs ou des contacts. L'amplification de ce phénomène provoque la détérioration des isolants ce qui peut entraîner un incendie. **Seul un disjoncteur à protection thermique peut détecter ce phénomène** ; il commence à couper vers 20 % de surcharge, soit 12 A pour un calibre de 10 A. Le temps de coupure de plusieurs secondes voire minute, est inversement proportionnel à la surcharge.
- **Le court-circuit** : le contact intempestif de 2 conducteurs non isolés et de polarités différentes (+ et - en continu) provoque une très grosse surcharge, dépendant de la puissance du générateur en amont et de sa capacité à débiter sur ce court-circuit. Dans ce cas, la batterie peut fournir un courant, pouvant faire fondre les conducteurs et coller entre eux les contacts, fixes et mobiles, d'un appareil de coupure.

Deux dispositifs peuvent protéger les réseaux de ce phénomène :

- ♦ **Le fusible** : Interruption du circuit à partir de 6 à 7 fois son calibre.
Exemple : un fusible de 10 A coupe le circuit pour une intensité entre 60 et 70 A.
- ♦ **Le disjoncteur à fonction magnétique** : la technologie des disjoncteurs permet d'avoir des courbes de réponses différentes selon les besoins. En distribution, on préconise le type de courbe C, le seuil d'ouverture se situe à 4 ou 5 fois l'intensité nominale du disjoncteur.
Exemple : un disjoncteur de 10 A coupe le circuit pour une intensité entre 40 et 50 A. Le temps de coupure est instantané.

Le disjoncteur est le seul appareil qui peut cumuler les fonctions thermique et magnétique ; il est alors nommé « disjoncteur magnétothermique ».

- **Le défaut d'isolement**

Si le contact du corps humain avec un conducteur en 12 V n'est pas dangereux, **celui en 220 V est dangereux** ; Les masses d'un appareil peuvent être portées à ce potentiel dangereux, suite à un isolement incorrect. Pour détecter ce défaut, il faut installer, en amont du réseau concerné, un interrupteur différentiel ou **disjoncteur différentiel** qui détecte le courant de fuite dû à ce mauvais isolement. La législation impose 30 mA.

Il faut s'assurer que le redresseur-chargeur a, dans son circuit d'entrée, un transformateur à isolement galvanique et non un autotransformateur qui, par construction, n'a pas d'isolement galvanique.

5.4. Le réseau 220 Volts

Le réseau 220 volts, alternatif, disponible dans les ports est équipé de bornes électriques de distribution. Cette tension est encore plus dangereuse en milieu humide car les risques d'électrocution sont plus nombreux. La législation impose que ces prises de courant soient protégées par une protection différentielle

Dans le bateau ce réseau comporte généralement trois circuits :

- Un pour le redresseur / chargeur,
- Un pour le chauffe eau,
- Un pour les prises de courant alternatif 220 V : chargeurs divers, PC portable, sèche cheveux, aspirateur, outils, instruments de cuisine, ...

Néanmoins, dans le bateau, il faut avoir en tête des trois circuits précités : **une protection différentielle générale de 30 mA**, par interrupteur différentiel ou, de préférence, par disjoncteur différentiel.

5.5. La qualité des contacts électriques

Une pression insuffisante provoque un échauffement destructeur et augmente les chutes de tension.

Ces contacts se trouvent :

- Entre contacts fixes et contact mobiles de tous les appareils électriques que sont, les interrupteurs, disjoncteurs, coupe-batteries, relais, charbons sur collecteurs des moteurs électriques et alternateurs...
- Sur toutes bornes de raccordement, des câbles d'alimentation et distribution.

Une bonne pression ne peut être assurée que par des vis.

Les épissures entre 2 câbles électriques sont interdites en distribution électrique.

6. L'APPAREILLAGE ELECTRIQUE

Ce mot générique englobe tout dispositif de coupure, de protection ou de commande à distance. Nous le distinguons des appareils électriques consommateurs : moteur, éclairage, frigo, ...

6.1. Coupe batterie

Ce dispositif, obligatoire sur les bornes positives et les bornes négatives de chaque batterie ou groupe de batteries, est à commande manuelle et possède une fonction de sectionnement ou de coupure.

Ces caractéristiques doivent tenir compte du courant nominal admissible (exemple : 300 A) et du courant de surcharge instantanée (exemple : 2.500 A pendant 5 secondes).

Les coupe-batteries doivent être installés dans un endroit toujours accessible, le plus proche possible des batteries et regroupés.

Attention : Contrairement aux robinets d'eau ou de fluides, quand un coupe batterie, interrupteur, disjoncteur, ... est fermé : le courant passe ;
quand il est ouvert : le courant ne passe pas.



Poignées verticales circuit fermé :
Le courant passe



Poignées horizontales circuit ouvert :
Le courant ne passe pas

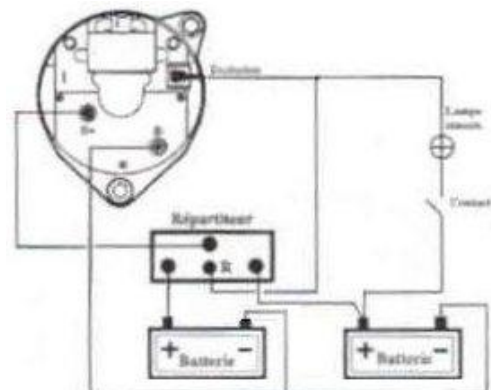
6.2. Répartiteur de batteries

Un alternateur n'a qu'une sortie de distribution. L'existence de plusieurs réseaux de batteries (au moins 2 : démarreur et servitudes) interdit des points communs.

En conséquence, il faut placer entre la sortie de l'alternateur et l'entrée des groupes de batteries un dispositif de séparation galvanique (isolement) ; le plus simple est constitué de diodes anti-retour qui provoque une petite chute de tension.

Schéma de montage (⇒) du répartiteur sur CLEA II (photo au chapitre 6).

Il existe 2 types de répartiteurs :



- à diodes, avec une chute de tension de 0,6 V,
- à transistors MOS, sans chute de tension.

6.3. Interrupteur

Un dispositif de coupure en charge doit être placé en tête de chaque circuit. Il peut être unipolaire (coupure d'une seule polarité, **positive**) ou bipolaire (coupure des 2 polarités en même temps).

Ce dispositif, seul, possède une fonction de coupure et de sectionnement, sans protection. Il est généralement calibré en fonction de l'intensité admissible du câble correspondant.

Exemple : éclairage : câble de 2,5 mm² - 16 A permanent
 guindeau : câble 50 / 100 mm² - 250 A / 300 A

6.4. Fusibles

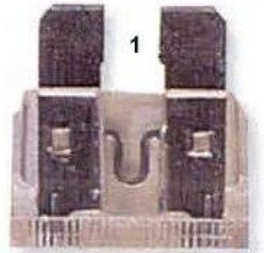
Ce sont des fils métalliques dans un matériau susceptible de fondre au-delà d'une certaine intensité, de 6 à 7 fois son calibre.

Exemple : 10 A, soit 60 à 70 A.

Le marché propose deux types de fusibles :

- **des ampoules de verre** installées dans un support puits ou porte fusible en ligne.
- **des modèles enfichables**, type automobile, plus adaptés et robustes que ceux en verre. Ils sont bien adaptés pour les petits calibres (appareils électroniques entre autres) : 1 A ou moins.
- **des fusibles à couteaux**, de fortes puissances 80A à 120A.

Fusibles
 1. Enfichable
 2. Ampoule de verre



Les fusibles sont toujours placés en aval d'un interrupteur et ce en tête de chaque circuit.

Note : Des fusibles ultrasensibles sont indispensables pour protéger des appareils électroniques. Plus rapides que les disjoncteurs, ils sont placés dans les appareils ou dans des porte-fusibles dits « en ligne ».



Porte fusible à puits
Fusible 5 x 20



Porte fusible à puits
Fusible 6,3 x 32



Porte fusible à couteaux
Fusible 100 A

6.5. Disjoncteur

C'est un appareil à ouverture manuelle et à coupure automatique sur détection d'un défaut. Il peut être unipolaire ou bipolaire et avoir une, deux ou trois fonctions cumulées :

- Thermique : surcharge à plus de 20 % à 30 %
- Magnétique : court-circuit
- Différentiel : courant de fuite

C'est le dispositif le plus adapté et le plus performant dont on ne peut pas frauder les seuils de déclenchement (qui n'a pas mis un trombone pour remplacer un fusible ?).

Note : Sur CLEA II, un disjoncteur pour protéger le guindeau est installé dans le tableau électrique, derrière le panneau support VHF, NAVTEX, ainsi qu'un différentiel sur le 220 V alternatif.



Unipolaire



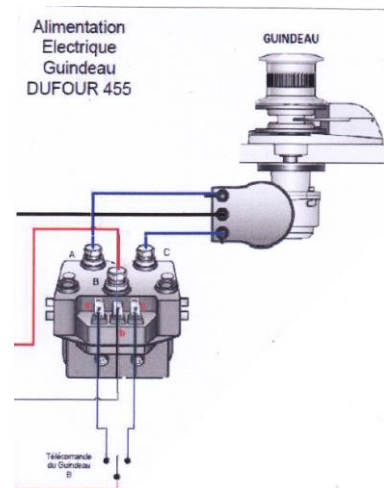
Bipolaire



Différentiel

6.6. Relais

C'est une petite bobine couplée mécaniquement à un ou plusieurs contacts. Il peut être commandé à distance, à l'aide d'un bouton poussoir ou d'une clé. Il peut être de puissance voir relais inverseur du guindeau.



6.7. Ampoules LED

La LED est une diode électroluminescente. Son rendement de transformation en lumière est de l'ordre de 90% alors que pour les éclairages classiques plus de 90% sont transformés en chaleur. La consommation d'une LED est environ 8 fois inférieure à celle d'une ampoule traditionnelle, 2 à 3 fois inférieure à un néon. Les LED sont sensibles aux surtensions et donc doivent être protégées. Les fabricants y intègrent les composants électroniques aux dimensions extrêmement réduites pour gérer les variations de tension.

7. QUELQUES RECOMMANDATIONS

L'alternateur

- Ne jamais couper la clé de contact quand le moteur fonctionne et que l'alternateur débite. Celui-ci ne doit jamais débiter à vide.
- Le voyant témoin « charge batterie » doit s'allumer lorsqu'on introduit la clé de contact et s'éteindre pendant la période de lancement du moteur.
- Si le voyant s'allume quand le moteur tourne : il y a un défaut de charge.
- Le défaut de charge provient :
 - ◆ De la courroie : tension insuffisante ou rupture ;
 - ◆ Des mauvaises connexions des sorties de l'alternateur ;
 - ◆ De batteries défectueuses ;
 - ◆ D'anomalies sur l'alternateur ou son régulateur.

La tension des réseaux

Vérifier fréquemment, sur les appareils de mesure des tableaux électriques, la tension des batteries :

- Maximum, quand le chargeur ou l'alternateur fonctionne : **14,4 volts**,
- Minimum : **11,8 volts**.

Quand le guindeau fonctionne

Faire tourner le moteur, voir faire avancer le bateau, pour soulager le guindeau. Un verrouillage électrique peut interdire l'alimentation du guindeau, si le moteur ne tourne pas.

Quand le radar fonctionne

Le mettre en veille quand on ne le visualise pas.

Pour se brancher à une borne électrique du quai

Brancher en premier, le câble d'alimentation sur le bateau, puis à la borne électrique à terre ou sur le ponton.

Un disjoncteur ou un interrupteur « fermé » a toujours la queue en haut.

Quand le redresseur fonctionne

Vérifier, dans les instructions d'utilisation du bateau, en particulier auprès des loueurs, que le moteur peut démarrer avec le chargeur alimenté, en état de fonctionnement.

Les batteries

- Vérifier la bonne fixation des batteries, en particulier le système par sangles, pour éviter qu'elles ne se renversent à la gîte.
- Ne jamais mettre en parallèle des batteries de marque, de capacité et d'âge différents.
- Ne pas taper sur les cosses pour les débrancher. Elles sont légèrement coniques et de dimensions différentes pour éviter d'inverser les branchements :
 - ◆ **La plus grosse est la borne positive.**
 - ◆ **La plus petite est la borne négative.**
- Vérifier qu'il n'y a pas de trace de sulfatage.
- Graisser les cosses et les bornes, lors du montage et régulièrement.
- Utiliser de la vaseline et non de la graisse ordinaire.
- Attention à la manipulation : elles sont lourdes.

L'outillage

Disposer d'un testeur pour vérifier :

- La tension et le débit à l'arrivée des appareils,
- La continuité des câbles et des fusibles.

8. L'ELECTRICITE A BORD DE CLEA II

Dans le document « Mode d'emploi » de CLEA, un chapitre très détaillé avec photos donne toutes les directives nécessaires.

L'alternateur

Il est situé à droite en regardant le moteur (à gauche du moteur), en bas. Il est actionné par une courroie qui doit être convenablement tendue.

Le répartiteur de batteries

Il est installé dans le compartiment chargeur, situé dans la cabine arrière tribord. Son rôle est vital dans l'alimentation et la séparation des 2 réseaux de batteries.

Le chargeur / redresseur

Dans le même compartiment que le répartiteur, 2 sorties, régulation propre à chaque réseau de batteries.

Les batteries

Elles sont situées au-dessus du moteur. C'est pas l'idéal !

Les coupe-batteries situés dans la cabine arrière tribord sont :

- Fermés en position horizontale, le courant passe ;
- Ouverts en position verticale, le courant ne passe pas.

Les tableaux de commande

Ils sont placés au-dessus de la table à cartes

Le réseau 12 Volts servitude

Depuis la saison 2014, un gestionnaire de batteries permet d'afficher en permanence la charge disponible des batteries servitude.

Attention !! Le guindeau est alimenté en puissance par les 4 batteries servitude.

L'alimentation 220 Volts

Elle est en service quand le cordon est relié à une prise de quai. Alors, le voyant « shore power » (jaune, à gauche) est allumé, alors la tension est affichée sur le cadran.

Pour utiliser le 220 à bord, le disjoncteur (à gauche) doit être sur « ON », alors le voyant « generator » (rouge, à droite) est allumé. Cela permet d'alimenter :

- le chargeur de batteries (interrupteur central),
- le chauffe-eau (interrupteur du haut),
- la prise de courant 220 (interrupteur du bas).

Chaque circuit ne fonctionne que si l'interrupteur correspondant (à droite) est sur « ON ».

Avant de mettre en fonction le 220 à bord, il faut vérifier que la prise est bien branchée sur le quai et que le courant arrive au bateau. Certaines bornes de quai doivent être enclenchées pour alimenter le bateau. Parfois il faut payer pour obtenir le courant, ...

Dès qu'un appareil ne sert plus, il convient de couper l'interrupteur pour éviter les fuites, faciles dans un univers humide et salin.