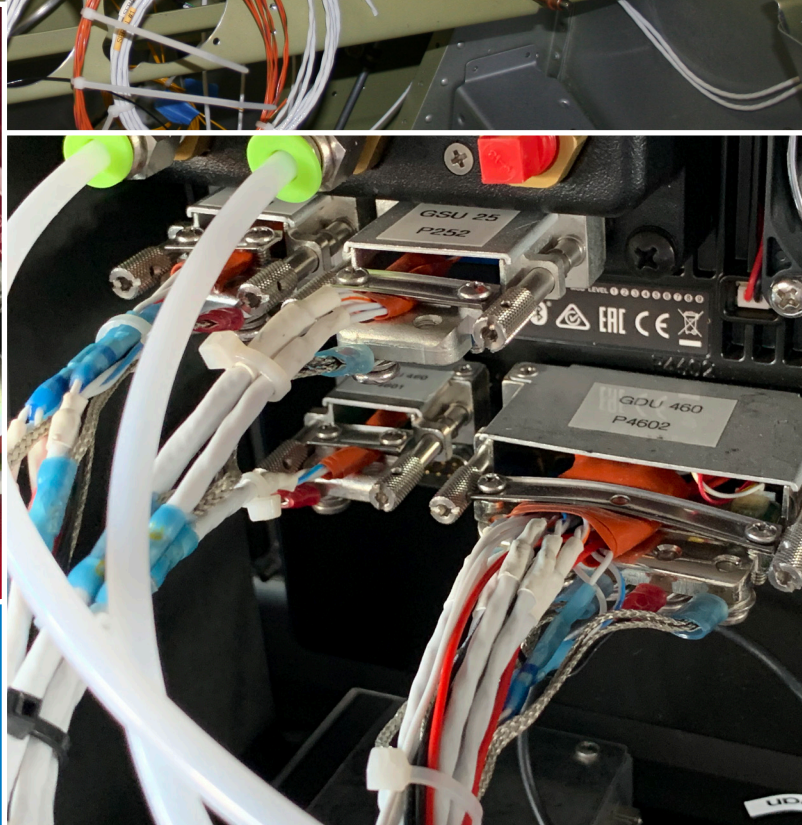
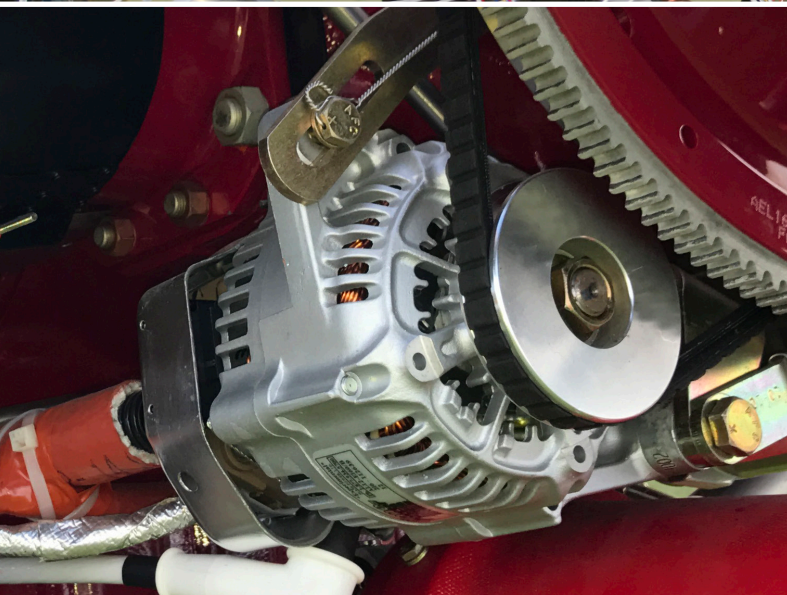
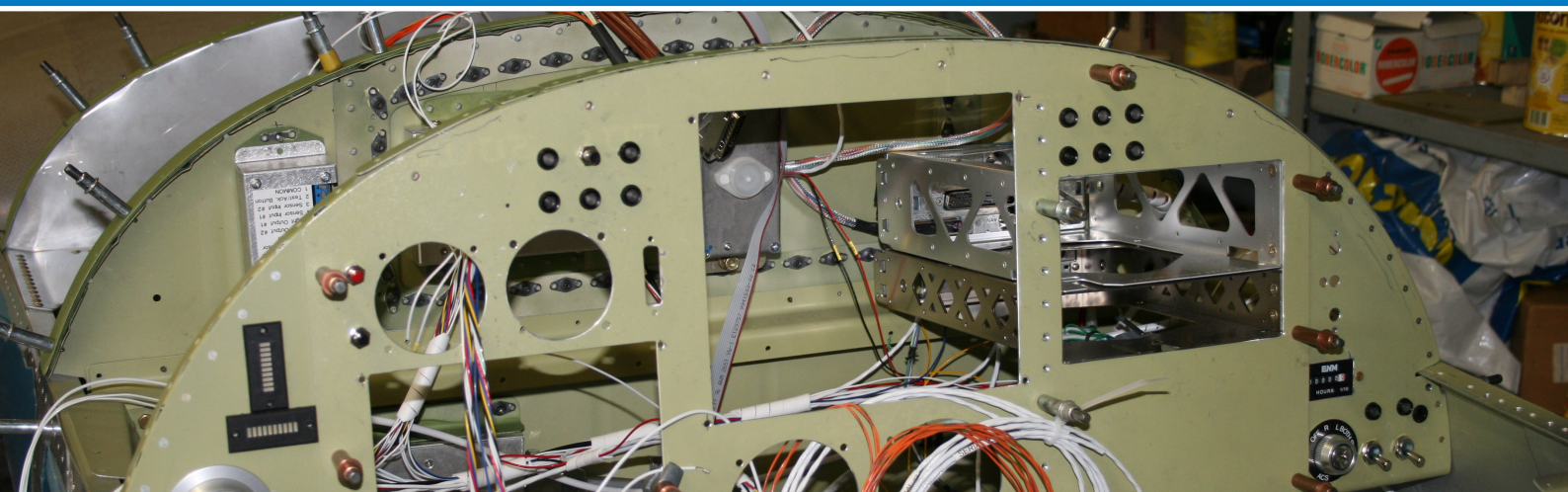


Les Cahiers du RSA

Le magazine des Aviateurs Constructeurs et Restaurateurs d'Aéronefs

Secrets de constructeurs

Électricité (1-2-3)



FÉDÉRATION

RSA

La passion de l'aviation



Les Cahiers du RSA
Revue trimestrielle
éditée par la
Fédération française
des constructeurs et des
collectionneurs d'aéronefs.

Fondateur
Sylvain Badez
Directeur de la publication
Dominique Simon
Rédacteur en Chef
Patrick Cottreau
Rédacteur en Chef Adjoint
Nicolas Souchon

Ont participé à ce numéro :

Dominique Simon, Pascal Teil,
Gilles Thésée, Michel Suire,
Jacques Tertera, Rémi Guerner

et les photographes bénévoles.
Mis en page par la rédaction.

Fédération RSA
(Réseau du Sport de l'Air)
46, rue Sauffroy, 75017 Paris

Tél. : 01 42 28 25 54
www.rsafrance.com
info@rsafrance.com

Publicité & articles
cahiers@rsafrance.com

Informations sur
www.rsafrance.com

Revue fédérale envoyée
à tous les membres
de la Fédération RSA.

Abonnement
Prix pour 4 numéros :
40 €/an
Prix au numéro : 12 €

Imprimerie
Handirect
Commission paritaire
62631

ISSN : 0295-9003

Dépôt légal
A parution

Hors série web
compilation 2017-2019
Diffusion février 2020

Sommaire

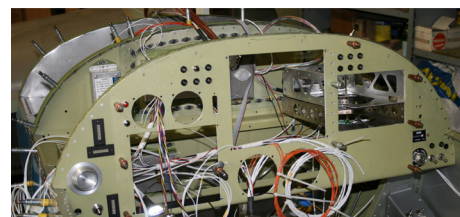
05 Dossier 1 - Septembre 2017

- 06 - Introduction
- 07 - Erreurs courantes
- 08 - Choisir une batterie
- 14 - Alimentation du démarreur
- 16 - Câblage de l'alternateur
- 18 - Circuit primaire
- 22 - Câblage aéronautique
- 24 - Outils spécifiques (partie 1)
- 26 - Annexes : Intensités pour bilan électrique
- 27 - Glossaire (1) et fournisseurs
- 28 - Bibliographie (1)



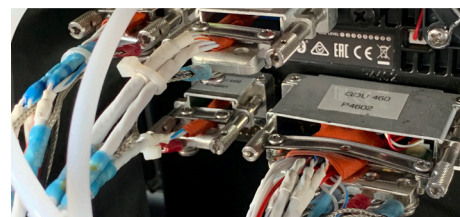
29 Dossier 2 - Décembre 2017

- 30 - Introduction
- 31 - Borniers de bus
- 32 - Circuit secondaire
- 34 - Interrupteurs & voyants
- 36 - Fusibles et breakers
- 37 - Présentation du Standard Power Panel
- 38 - Présentation du VP-X
- 40 - Connecteurs
- 42 - Outils spécifiques (partie 2)
- 43 - Compléments
- 44 - Gestion des volets
- 46 - Radio et filtre antiparasites
- 48 - Découverte de l'Arduino
- 52 - Bibliographie (2)



53 Dossier 3 - Décembre 2019

- 54 - Choisir son avionique
- 59 - Réglementation sur les EFIS
- 60 - Tableau comparatif
- 62 - Spécificités AFS
- 64 - Spécificités Dynon
- 66 - Spécificités Garmin
- 68 - Spécificités GRT
- 70 - Spécificités MGL
- 72 - Glossaire (2)



Les articles et photos proviennent des membres et bénévoles de la Fédération RSA. Vous aussi, vous pouvez partager vos informations, savoir-faire et photos d'appareils en construction, en restauration, en vol ou au sol.

En couvertures : photos PC.

Vous avez un horizon artificiel ? Entraînez-vous avec un instructeur.

La sécurité se construit chaque jour

Les Cahiers du RSA

Le magazine des Aviateurs Constructeurs et Restaurateurs d'Aéronefs

Secrets de constructeurs

Électricité (1)



Sommaire :

Introduction
Erreurs courantes
Batterie
Démarreur
Alternateur
Circuit primaire
Câblage aéronautique
Outils spécifiques
Annexes

Auteurs :

Patrick Cottreau
Jacques Tartera

Dossier Électricité (partie 1)

Près d'une vingtaine d'années s'est passée depuis que les listes de diffusion aéronautiques évoquaient des projets communautaires d'avionique, aidés en cela par la puissance grandissante des ordinateurs portables.

Comme aux débuts de l'informatique personnelle, les acteurs actuels du marché de l'EFIS sont nés à cette époque dans des garages. D'autres sont venus de l'industrie du GPS. En 15 ans, ils ont changé la façon dont nous équipons nos appareils.

Que ce soit pour gagner du poids, pour avoir un tableau de bord complet au meilleur prix ou pour disposer d'un pilote automatique, les EFIS sont maintenant montés en instruments principaux ou en secours. Ils affichent les données de gestion du vol, le contrôle du moteur cylindre par cylindre, gèrent les volets ou encore adaptent le trim à la vitesse de croisière.

Le transpondeur a rejoint la radio, avec ou sans le module ADS-B. La tablette tactile vient compléter l'ensemble pour la navigation et, elle aussi, a besoin d'une alimentation...

L'allumage aussi a subi sa révolution. Issus de la compétition automobile ou conçu spécifiquement pour les moteurs d'avions, les allumages électroniques sont de plus en plus souvent envisagés pour une première monte ou lorsqu'il faut remplacer une magnéto. On en attend un moteur plus efficace et des économies de carburant.

Être d'accord ou pas avec ces évolutions n'est que de la philosophie. Les faits sont là : nous avons de plus en plus d'équipements électriques dans nos machines.

Appliquer les bonnes pratiques du câblage est crucial, non seulement pour alimenter une avionique plus complexe, mais aussi pour assurer la sécurité par un bon niveau de redondance et pour tenir compte de l'augmentation de la consommation électrique embarquée.

Dans cette première partie, nous aborderons le circuit primaire, c'est-à-dire de la batterie aux BUS de distribution, en passant par le démarreur, l'alternateur et les principes de câblage, puis enfin les outils associés. Nous y aborderons la question des solutions de redondance.

La seconde partie sera consacrée au circuit secondaire, des breakers aux équipements électriques, en passant par les fusibles et le câblage de l'avionique.

Dans les deux cas, des produits intégrés seront présentés, avec leurs avantages et leurs inconvénients.

Afin de guider aussi bien le débutant que le constructeur expérimenté qui peut avoir besoin d'actualiser ses pratiques, je vous propose quatre principes fondateurs.

Premier principe : Préparer

Le premier principe sur lequel vous devez vous appuyer, est la préparation car il n'est plus question d'improviser ou de s'appuyer sans réfléchir sur des plans datant d'il y a plus de 50 ans.

Tous nos appareils sont différents et une conception soignée du circuit électrique permettra de gagner du temps lors de la construction ainsi qu'en cas de maintenance ou d'évolution.

Faites-le sur papier ou sur votre ordinateur avec Microsoft Visio® ou PowerPoint®, ExpressSCH®, Apple Keynote®, ou tout autre logiciel avec lequel vous êtes à l'aise.

Second principe : Se renseigner

Il n'est plus question non plus de se lancer sans information. Il est nécessaire de comprendre les types de câbles, utiliser les outils adaptés, tenir compte de la consommation des équipements, s'informer sur les erreurs courantes pour éviter de les reproduire.

Mettez en doute ce que vous entendez au détour d'un atelier : ça n'est pas parce que votre voisin a fait un montage qu'il convient à votre machine. Confrontez les idées, lisez, posez des questions et faites preuve de bon sens.

Une bibliographie essentielle est fournie en fin de dossier. Elle n'existe qu'en anglais et c'est aussi pour cela que nous vous proposons ces dossiers dans la série naissante « Secrets de constructeurs ».

Nous nous en sommes inspirés car il est inutile de réinventer la roue.

Mettez également en doute ce que vous lirez dans ces articles, au moins pour être sûr que ce soit adapté à votre appareil. Leurs auteurs ne sont pas des professionnels mais juste des constructeurs, comme vous, qui se sont documentés et ont rencontré des cas concrets.

Ce que nous exprimons ici n'est donc pas forcément adapté à votre projet, alors prenez le temps de réfléchir !

Troisième principe : S'outiller

Vous découvrirez une grande diversité de prises et cosses de raccordement. Certaines sont maintenant issues du monde de l'électronique et, à cause de leur petite taille, il faut s'assurer d'y raccorder les fils correctement. Investir dans des pinces à sertir (crimper) adaptées, quitte à les louer, est un mal nécessaire.

Sachez que les outils utilisés en automobile ne sont pas adaptés pour un usage aéronautique. Les câbles non plus : pensez à la durée de vie de votre appareil en regard de celle d'une voiture... 30 à 40 ans contre 10 à 15.

Nous verrons les éléments qui les différencient.

Quatrième principe : Vérifier

Vérifiez tout ce que vous faites : Tirez sur la cosse que vous venez de sertir, testez les prises que vous venez de câbler, regardez vos soudures à la loupe et faite auditer vos schémas par des pairs...

Il est toujours moins coûteux de prévenir que de griller un équipement mal raccordé.

Nous espérons que ce dossier vous sera utile. N'hésitez pas à nous faire part de vos remarques par email et surtout à initier des discussions sur le Forum du site www.rsafrance.com.

Patrick Cottureau
aero.patrick@cottureau.org

Toutes les marques citées sont la propriété de leurs détenteurs respectifs. La Fédération RSA ne peut en aucun cas être tenue pour responsable de l'application des pratiques citées dans Les Cahiers du RSA.

Les erreurs courantes

Pour mettre les choses au clair dès le début, voici un recueil des erreurs les plus courantes. Ceci doit vous amener à réfléchir à ce que vous êtes en train de faire, voire à repenser une installation existante potentiellement défectueuse.

Ne pas estimer la consommation des équipements

L'alternateur doit être adapté à la charge totale et protégé comme tel. Cela fait partie de la préparation initiale : dessinez vos circuits et reportez-les sur les consommations.

Ne pas définir avec soin le type d'usage que vous ferez de votre appareil

Allez-vous survoler des zones inhospitalières ? Votre moteur est-il entièrement asservi à un allumage électronique ?

Ces questions vous aideront à choisir le degré de redondance à prévoir pour vos Bus de connexion. Faites aussi attention aux points de faiblesse, par exemple un breaker unique pour les deux allumages électroniques... ou encore un master relais unique pour deux Bus sensés être redondant.

Dans tous les cas, cherchez la simplicité car, comme aimait à le répéter Bob Nuckolls, fondateur d'AeroElectric Connection, « *tout ce qui peut défaillir le fera un jour ou l'autre* ».

Mal dimensionner les fusibles et disjoncteurs

Ils ont pour fonction principale de protéger le câblage et non l'équipement qui est au bout. Il faut veiller à adapter le câble à l'intensité prévue et monter la protection correspondante.

Ne pas utiliser les bons outils pour sertir les connexions

Certaines cosses ne se sertissent pas comme celles d'une simple voiture et il est crucial d'utiliser les outils adaptés.

La taille des cosses est aussi fonction de la taille des fils. Pour mémoire, cosses rouges sur des fils de 18 à 22 AWG, les bleues sur des fils de 14 et 16 et les jaunes de 10 et 12. Utilisez également le bon type de cosse

au bon endroit et dans le bon type de prise.

Par pitié, n'utilisez pas de pinces à sertir de type automobile. Elles ne garantissent pas un sertissage optimal alors qu'une pince à cliquet va vous y amener à chaque fois.

Ne pas soigner les mises à la masse

C'est évidemment aussi important que les circuits d'alimentation. Évitez de compter sur une structure métallique pour faire office de masse. Celle-ci a probablement été protégée ou peinte, ce qui limite son efficacité.

Par ailleurs, il est vivement recommandé de centraliser l'ensemble des masses, notamment pour l'avionique. Il s'agit d'éviter les « boucles » de masse qui vont générer des problèmes difficiles à diagnostiquer par la suite.

Enfin, pensez à déconnecter d'abord la masse sur la batterie lorsque vous voulez déconnecter le positif. Évidemment l'inverse au remontage. Ça vous évitera de faire des étincelles par inadvertance !

Ne pas mettre les bons relais

Le master relais est prévu pour un fonctionnement continu alors que le relais de démarreur est intermittent. Leur conception est différente et adaptée à ces usages. Ne les mélangez pas.

Faites également attention à leurs modalités d'alimentation : le master relais est souvent alimenté par le +12V qu'il active/désactive, lorsque la borne de commande est mise à la masse. Le relais de démarreur est lui commandé par une impulsion positive et sa masse est souvent sur son socle.

Ne pas documenter ni marquer les câbles pour les identifier

En plus des étiquettes, vous pouvez aussi choisir un code couleur pour chaque type de câble. Par exemple, le vert et jaune pour le signal, rouge pour le positif, noir pour la masse et blanc pour ce que vous voulez (à condition de les marquer...).

Reportez les inévitables changements sur le diagramme de votre circuit.

Utiliser des rondelles crantées

Aucune rondelle crantée ne devrait être montée sur un circuit électrique pour fixer une cosse.

Tout simplement parce que la rondelle crantée n'a pas assez de surface en contact et va « arquer » comme un poste à souder, jusqu'à faire chauffer le boulon et mettre le feu à votre appareil.

Privilégiez des rondelles fendues ou les écrous indesserrables.

Faire comme les copains sans se poser de questions

Tous les appareils sont différents, tant au niveau des équipements, que de l'usage que l'on en fait.

Ne copiez pas sans avoir réfléchi et discuté.

Changer pour une batterie plus légère sans en mesurer les conséquences

Tout en conservant sa capacité à démarrer votre moteur, il s'agit d'évaluer sa capacité à répondre aux besoins durant le vol en cas de panne de l'alternateur. De votre batterie dépendra alors votre temps de vol si votre appareil est « électro-dépendant ».

Il s'agit également de recalculer le centrage de l'appareil le cas échéant.

Ne pas utiliser de connecteurs pour les câblages reliant des parties pouvant être désassemblées

Il peut vous arriver de devoir démonter votre appareil et, ce jour là, vous vous félicitez d'avoir prévu des prises sur vos câblages.

Prenez évidemment des connecteurs avec détrompeur et à verrouillage positif. Ils ne doivent pas pouvoir se débrancher à cause des vibrations.

Il s'agit là des principales erreurs, je suis sûr que vous en trouverez d'autres...

Patrick Cottreau

Choisir une batterie

Comme pour beaucoup d'entre nous, le modèle de batterie préconisé à l'origine pour mon avion n'étant plus produit, il a bien fallu que je m'occupe de son remplacement en restant au plus près de la définition d'origine.

Mais avant, je me dis qu'il ne faut pas oublier que la batterie n'est pas nécessaire au vol, et que pour une fois qu'il y a un truc qui n'est pas obligatoire, on aurait peut-être tort de ne pas s'en passer. Dans un premier temps, je me pose donc la question sous la forme d'un bilan de leur nécessité, au moins sur mon ULM.

La limite réglementaire nous encourage à la chasse au moindre gramme pour avoir de l'autonomie, alors, pourquoi pas ceux-là ? Si le risque de démarrer à la main n'est pas pire que de voir son chef d'oeuvre partir en fumée, je me pose la question du risque minimum. Des générations de pilotes ont longtemps ignoré les batteries et il est toujours possible de mettre une éolienne dans le vent relatif pour faire fonctionner la radio (voir le bulletin de liaison du Ménéstrel de Jean-Claude Afflard) ou d'avoir une radio sur piles.

En application des Méthodes, Techniques et Pratiques Reconnues selon les circulaires d'information EA8AC 43.1381A et 2A de la FAA, voici ce que j'ai retenu. On peut s'y reporter pour avoir tous les détails (cf. bibliographie en fin de dossier).

J'ai vérifié l'ensemble des items préconisés pour la batterie :

Que celle-ci soit accessible, on s'en serait douté car il faut pouvoir la déposer sans trop de difficulté.

Qu'elle soit isolée thermiquement : L'amiante ayant heureusement disparu, on peut utiliser du tissu de silice pour pots d'échappement, de la laine de roche ou des pares-feux pour chaudière de plombier, mais il faut laisser à l'air suffisamment de place pour circuler. On utilise donc des cales.

Qu'elle n'interfère pas avec le flux d'air du refroidissement du moteur si elle en partage le compartiment. Tout cela était prévu.

Que sa fixation soit en accord avec la protection des dégâts mécaniques (résistance aux G et vibrations), la protection de la cellule et des pas-

sagers etc. Il est nécessaire de fixer fermement la batterie en prenant soin que la pression exercée par le dispositif ne vienne exercer une pression trop forte qui pourrait la déformer ou, pire, la fendre. L'usage de cales de caoutchouc, de bois enduit de paraffine (celle des confitures de maman) ou de peinture à base de goudron est recommandé ! Éloigner le dispositif du boîtier et empêcher tout déplacement et éviter les courts-circuits.

Elle doit être ventilée conformément aux prescriptions du concepteur et du fabricant de la batterie et surtout ne pas être négligée. Lors des mises en œuvre, un bac avec ventilation forcée et évacuation est en général la solution retenue. Ceci permet de refroidir la batterie et d'éviter l'accumulation des gaz explosifs qu'elle peut générer.

Que l'éventuelle modification de centrage engendré soit compensé et une pesée réalisée pour confirmer.

Enfin, que la méthode de Coupe Batterie soit adaptée. Celui-ci, sous la forme d'un Master relais doit être sur le pôle +, au plus près de la batterie. Ne pas confondre avec les relais de démarreurs qui sont faits pour usage intermittent. (Photo 1 Master relais courant du catalogue Aircraft Spruce).



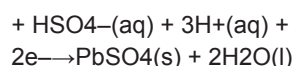
Regardons maintenant les types de batteries disponibles pour nos appareils.

Les batteries au plomb (Pb)

Ce sont les plus courantes, tant en automobile qu'en aviation. Elles ont l'avantage de la fiabilité, mais leur poids peut être réhibitoire dans certains cas. Mais que se passe-t-il chimiquement dans une batterie au plomb ?

D'après Wikipédia, la réaction chimique est la suivante :

- anode (oxydation) : $\text{Pb(s)} + \text{HSO}_4\text{(aq)} \rightarrow \text{PbSO}_4\text{(s)} + \text{H}^+\text{(aq)} + 2\text{e}^-$
- cathode (réduction) : $\text{PbO}_2\text{(s)}$



La réaction globale peut ainsi être écrite : $\text{Pb(s)} + \text{PbO}_2\text{(s)} + 2\text{HSO}_4\text{(aq)} + 2\text{H}^+\text{(aq)} \rightarrow 2\text{PbSO}_4\text{(s)} + 2\text{H}_2\text{O(l)}$

Pour nous: $2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{e}^-$

On sait par ailleurs qu'il y a un dégagement d'hydrogène à la cathode et d'oxygène à l'anode, provenant de la décomposition de l'eau lorsque la batterie est à pleine charge et qu'on continue à lui envoyer du courant. On sait aussi que les proportions sont idéales pour se recombinaison sous la forme d'une explosion.

On arrêtera donc la charge dès que la batterie sera chargée. C'est le rôle du régulateur. (Photo 2, régulateur externe www.BandC.aero).



Avec ces batteries, les intensités de crête acceptées sont importantes même si leur énergie massique est faible, et l'effet mémoire n'est pas sensible pour nous. Ce genre de batterie existe avec du gel, ce qui permet de les utiliser dans (presque) toutes les positions, la plus courante actuellement étant l'Odyssey PC680 (7 kg pour 16 AH), qui peut démarrer sans sourcilier un Lycoming de 200 cv. (Photo 3 batterie PC680)



Certaines perdent leurs avantages en termes de courant de crête lorsqu'elles ne sont pas faites pour un usage de démarrage. Attention donc, de ne pas utiliser des batteries conçues pour un

autre usage, éclairage de secours par exemple.

En revanche, il en existe pour démarrer les avions et ULM. S'agissant de ces batteries au plomb avec ou sans gel, il semble qu'il faille éviter que celle-ci soit entièrement vidée sous peine de devoir la remplacer (une batterie de voiture acceptera rarement plus de dix décharges complètes). Un spécialiste nous a dit : « *La décharge profonde affecte la durée de vie de la batterie. Une batterie «liquide» est moins sensible qu'une sol-gel. Si une sol-gel, non prévue pour une décharge profonde, en subit trop souvent (démarrage par grand froid par exemple), elle verra sa durée de vie rapidement compromise* ».

La solution serait alors d'utiliser des batteries dites à « décharges profondes » pour pouvoir utiliser des batteries de faible capacité sans devoir les changer trop souvent.

Un ami utilise une SBS8 pour son Rotax, il en est satisfait. Il s'agit d'une batterie Powersafe, à cellule simple de 12 V au Plomb acide et donnant 7 Ah pour un poids 2,7 kg. Avec son faible entretien et sans ajout d'eau nécessaire, sa prestation semble convenir pour ce moteur. (Photo 4 batterie SBS8)



Je doute qu'il convienne pour le mien car l'intensité de pointe serait bien insuffisante (et j'y tiens à mon clunch canadien). Sans doute par mauvais esprit, je constate que plus les instruments électroniques inondent les avions, plus les batteries rapetissent. C'est tant mieux si elles sont plus performantes en étant plus légères mais, il faut vérifier qu'elles soient suffisantes pour l'usage.

J'ai appris que tant que la batterie a une tension de 12,5 V, le régulateur et l'alternateur distribuent le courant dans le circuit de l'avion selon les besoins. En dessous, ils chargent en plus

la batterie. S'ils sont trop sollicités, les breakers disjonctent. S'il n'y en a pas, le régulateur fond. Pour peu que cela coule sur le pot d'échappement...

Si j'avais à le faire avant de brancher pleins de trucs, je m'assurerais que cela ne va pas les contrarier. Les indicateurs de tension basse peuvent servir à cela mais il est nécessaire d'anticiper la consommation électrique avant d'acheter de nouveaux instruments, et prévoir large.

On nous confirme dans la littérature qu'il ne sert à rien, et qu'il est même néfaste, de poursuivre la charge d'une batterie. En revanche, il n'est pas souhaitable de la laisser se décharger, notamment l'hiver. La température où gèle l'électrolyte est en effet fonction de la charge. Pour info en dessous de -10°C, il vaut mieux que la batterie soit entièrement chargée si on veut pouvoir s'en resservir.

S'agissant des batteries au plomb, l'électrolyte est de l'acide sulfurique. Il est « taré » de 28 à 32 degrés baumés. C'est pour cela que l'on dit qu'il ne faut pas ajouter d'acide. Seule l'eau s'évaporant et/ou se transformant en H² et O², en ajoutant de l'eau distillée, outre que l'on couvre les plaques, on rétablit le bon pourcentage de dilution environ 1/3 d'acide pur à 66°.

A pleine charge, la densité de cet acide est de 1,2. Lorsqu'elles ont gelé, les plaques se désagrègent et tombent au fond, mettant les éléments en contact... Une batterie qui ne tient plus la charge, si elle n'est pas sulfatée, a souvent ce problème. S'il est illusoire de vouloir la recharger dans ce cas, une opération de la dernière chance pour en faire une batterie de secours pour l'atelier peut être tentée, car il est assez rapide d'essayer : à peine dix minutes.

L'opération consiste, avec gants, lunettes et vieux pantalon, à retourner la dite batterie dans une cuvette en plastique puis à rincer au jet à l'intérieur, pas trop près de rosiers, tout de même. Laisser décanter l'électrolyte, les composés de plomb étant lourds, ils tombent rapidement au fond, remettre l'électrolyte dans la batterie. Si elle re fonctionne, elle peut alors servir utilement.

Pour éviter le sulfatage sur les cosses et assurer un bon contact, je mets un

film de graisse silicone, elle est plus propre que la graphitée et donne le même résultat. La tension donnée par le régulateur est de 12,2 V à 14,4 V soit environ 13,5 V. Je me méfie des chargeurs rapides qui donnent des tensions plus élevées, lire 20V avec un voltmètre au sortir du chargeur est courant. Car souvent ce courant redressé l'est souvent par suppression de la moitié de la phase. Certains instruments risquent de ne pas apprécier.

Si on peut penser qu'il y a moins de risque de détériorer les diodes de l'alternateur avec une tension de sortie du chargeur plus basse, ce n'est pas une raison pour recharger la batterie montée sur l'avion... Même, si l'avion n'est équipé que d'une dynamo, s'en remettre à un pseudo régulateur intégré dans le chargeur, le tout made in China, devrait inquiéter...

Laisser un tel engin sans surveillance, voire en permanence posé sur l'aile d'un avion en toile et bois ou mieux sur le réservoir d'emplature, relève pour moi de l'inconscience.

Lorsque l'incrédulité s'y ajoute, je laisserai d'autres trouver les excuses. Je préfère essayer de convaincre. C'est rendre service à son auteur que de lui indiquer le risque car il s'agit de son avion et sa responsabilité personnelle est évidemment engagée s'il occasionne des dégâts. Et en cas d'incendie, il y a souvent enquête judiciaire et les enquêteurs sont devenus très forts pour trouver les origines de ce genre de sinistres. Il vaut mieux avoir une assurance qui couvre les risques de hangar.

Les batteries nickel cadmium (Ni-Cd)

Ces batteries sont plus intéressantes que celles au plomb, si on oublie la différence de coût, car :

- A capacité égale, elles sont plus légères.
- Elles ont un courant de pointe plus élevé. On peut donc avoir une batterie plus petite.
- Elles ont donc deux raisons d'être moins lourdes pour le même service.
- Elles sont très fiables et bénéficient d'un retour d'expérience conséquent (pas comme celles qui suivent).

• Elles se rechargent plus rapidement car leur résistance interne est plus faible mais, elles nécessitent un chargeur adapté et surtout un régulateur compatible.

Une réduction de poids significatif est donc possible sans autres inconvénients que le coût. De fait, elles sont très utilisées dans les avions militaires et les avions de lignes. Cependant, depuis le 1er juillet 2006, une directive européenne interdit de commercialiser auprès du grand public des éléments d'accumulateurs contenant du Cadmium.

Leur remplacement par le Nickel Métal Hybride (Ni-MH) n'est pas forcément adapté à notre usage car il nécessite un « rodage » et il ne supporte pas la surcharge, ce qui le rend fragile.

Les batteries Lithium Ion (Li-ion)

Lorsqu'on s'intéresse à l'aéronautique ou aux technologies nouvelles, on a forcément entendu parler des incendies ou explosions avec ce type de batterie. On ne va pas s'étendre sur cet avion de ligne qui transportait des batteries d'ordinateur, sur ces voitures électriques qui ont brûlé (quelques voitures Tesla) ou les téléphones mobiles interdits de cabine, cas du Samsung Galaxy S7 dont la batterie n'avait pas assez d'espace pour se dilater, pour n'en citer qu'un.

Comme elles sont très intéressantes ces batteries, à cause de leur faible poids et que je vais débiter la construction de mon ULM cet hiver, je cherche à cerner ce qu'on peut en attendre et, éventuellement, à savoir comment les utiliser convenablement et me prémunir des risques éventuels.

En admettant que je me rallie aux idées de mon fils, pour lequel, sans son ordinateur et son téléphone, la vie ne vaut plus la peine d'être vécue. Alors une batterie au lithium est incontournable. Soit, mais alors quel est son problème ?

On nous explique que la cause des soucis serait un emballement thermique. Voici ce que l'on peut trouver comme explication sur des sites internet : <https://www.industrie-techno.com/les-batteries-lithium-ion-enflamment-le-web.25829> ou avec Google, recherchez « industrie techno les bat-

teries lithium ion enflamment le web ». A la lecture de ces articles, il apparaît que la technologie Lithium Polymères, décrite ci-après, soit plus adaptée.

Les batteries lithium-fer-phosphate (LiFePO4)

On nous dit que cette technologie offrirait de nombreux avantages par rapport aux batteries au lithium et au plomb. Je constate à la consultation du catalogue d'ULM technologie que le prix n'en est pas un. Mais les fabricants avancent que leur offre :

- Est d'une technologie sûre - la batterie ne peut pas prendre feu ou exploser en cas de surcharge.
- Est capable de supporter plus de 2 000 cycles de décharge, à comparer aux 300 cycles de la batterie acide-plomb.
- Présente un très faible taux d'auto décharge.
- Peut être utilisée dans toutes les orientations.
- Peut être rechargée rapidement - 90% de sa pleine capacité de charge en 15 minutes.
- Bénéficie d'une grande stabilité thermique jusqu'à 70°C.

En la matière, je resterai circonspect. Il ne faut pas oublier d'ajouter au prix de la batterie celui du chargeur et du régulateur spécifiques qui engage dans cette technologie pour un moment sur un secteur en pleine innovation. Un peu de recul et de prise de renseignements auprès d'utilisateurs crédibles me semble souhaitable avant de prendre une décision.

A ce titre, le constructeur français d'un RV7A de 200 cv basé aux Mureaux, Cyrille Bergeaud, vole avec une batterie de sa fabrication, une PowerStart 12V 600CCA, pour Cold Cranking Amp, soit 600 A intermittents pour démarrage à froid. (Photo 5 ci-dessous).



Elle est équipée d'un BMS (Battery Management System = équilibreur interne) et pèse 2,4 kg. Ses dimensions lui permettent de remplacer directement une Odyssey PC680. Il partage bien volontiers son expérience sur son site www.powertechsystems.eu. (Photo 4 Batterie Power Start)

Un autre exemple d'utilisation de ce type de batterie pour nos appareils est donné par TCW, aux USA, qui en a fait des batteries de secours de 3 et 6 AH pour l'avionique. Elles sont équipées d'un régulateur interne et se rechargent sur le circuit de bord, alimentant, par exemple, un EFIS sur son alimentation de secours lors du démarrage. Comptez 230 à 400\$. (Photo 6 TCW Back-Up Battery system)



Voici d'autres exemples de batteries LiFePO4 à BMS intégré disponibles sur le marché et d'une capacité adaptée au démarrage d'un Rotax 912 :

- Super B SB12V7800P-CC, 1,3 kg, 6,9 Ah et 13,2V, environ 400€
- earthX ETX18B, 6,2 Ah et 13,2v, environ 300€
- PowerStart 12V 300CCA, 950g, 269€.

Il ne paraît pas raisonnable de monter sur nos machines des batteries sans BMS.

Les forums indiquent par ailleurs, qu'il n'est pas recommandé de connecter des câbles de démarrage à une batterie LiFePO4. (Photo 5 Super B)



Voilà ce que m'écrivait l'un des contributeurs de ces forums à qui j'avais demandé de relire mon texte :

« Tu peux aussi parler du régulateur/redresseur Silent Hectik pour remplacer le Ducati, à changer souvent comme les rasoirs à usage unique. Pour les chargeurs à la (censuré), je pense comme toi. Une fois la batterie à bloc en 24h, il reste toute la semaine au gadget chinois pour tomber en panne et foutre le feu. Ou mieux selon le remplissage du réservoir. Tu sais sans doute que le TWA800 de New York a fait boum pour une sonde ou un relais (Intertechnique !!) qui a chauffé contre la paroi d'un réservoir central à moitié vide...».

Alors faut-il aller vers les batteries Lithium ?

Ces technologies sont très récentes, alors en attendant, je me dis donc que l'on pourrait en rendre plus sûre l'utilisation à condition :

- D'utiliser une marque ayant fait ses preuves et équipée de BMS.
- De suivre la fiche technique et les limites intrinsèques de ce type de batterie en termes de plage d'utilisation.
- De se méfier des surchauffes les jours de grand soleil après le vol, peut-être faudra-t-il la démonter (limite à 120°C) ?
- Et du froid dans le hangar, alors il faudra la démonter (limite à -5°C).
- Compte tenu de son faible poids, si j'opte pour cette solution je vais donc, comme je l'ai fait quand je faisais du planeur, partir avec et la recharger chez moi sous surveillance.
- Évidemment un chargeur et un régulateur adaptés sont indispensables.

Cela fait encore beaucoup d'inconvénients mais que ne ferait-on pas pour gagner quelques kilos !

Les batteries du futur

Périodiquement sortent des articles sur des batteries miracles qui vont régler tous les problèmes, puis on n'en entend plus parler, telles ces batteries japonaises à recharge quasi instantanée dont on semble avoir perdu la trace.

A l'instar des moteurs à eau, les par-

tisans du complot diront que, pour les batteries aussi, l'industrie pétrolière étouffe les découvertes. Ce qui est sûr, c'est qu'en mal de reconversion elle s'intéresse de près à ces nouvelles techniques. On observe aussi que, si les États-Unis sont leaders dans ce domaine, les Chinois le deviennent dans les techniques concurrentes.

Une découverte récente que je trouve intéressante vient du physicien américain John Goodenough. Je veux y croire car, outre que c'est l'inventeur des batteries Ion-Lithium, il a 94 ans et cela me laisse beaucoup d'espoir. Ses activités récentes sont décrites dans un article : <http://www.futura-sciences.com/tech/actualites/smartphone-john-goodenough-pere-batterie-lithium-ion-invente-technologie-encore-plus-performante-66575/> ou avec Google, cherchez « futura goodenough batterie lithium ».

Il se trouve bizarrement que ma formation initiale et quelques années de laboratoire me permettent d'avoir quelques éléments pour supputer le mode de fonctionnement.

Le principe serait le suivant : une fine (très fine) plaque de verre remplace l'électrolyte habituel. Il éloigne la cathode et l'anode et laisse passer les ions. Sans entrer dans les détails, le verre est, au plan moléculaire, une solution liquide en surfusion. C'est-à-dire qu'à l'état solide, il a une structure de liquide.

Évidemment mettre au point des solutions industrielles pour fabriquer cela au kilomètre devrait être un vrai challenge.

Comment cela est-il possible ?

Les tétraèdres de silice SiO₄ qui constituent les différents verres sont reliés par le sommet, le reste des composants se casant dans le maillage.

Selon le type de verre, les ions sont différents : Sodium (Na) et Ions calcium (Ca) essentiellement pour le sodo-calcique (verre ordinaire, celui des bouteilles). Le verre n'ayant pas une structure cristalline, ces composants annexes ne sont pas vraiment liés dans le maillage constitué pas les tétraèdres de silice. C'est ce qui explique au passage la faible résistance hydrolytique de ces verres.

Il en est d'autres, dit verres techniques dont on fait varier les composants selon les usages prévus. S'agissant d'en faire ce dont il est question, nous pensons que la potasse, le lithium et/ou le manganèse jouent ce rôle.

On peut alors aisément concevoir que dans certaines conditions, du courant puisse passer dans ce qui constitue en quelque sorte une membrane poreuse à l'électricité par déplacement des ions non intimement liés à la structure.

Cela peut sembler curieux, car chacun sait que le verre est un isolant. Mais n'oublions pas que tout est relatif en fonction de l'épaisseur et que les caractéristiques des verres dépendent de leurs compositions.

Qu'on se rassure, puisqu'on nous dit cette fois que les composants utilisés ne seraient pas inflammables car, si on utilise toujours le lithium, l'électrolyte pyromane (hexafluorophosphate de lithium) n'est plus utilisé.

Mais ce type de batterie a un autre avantage, on peut remplacer le Lithium par du Sodium. Sur ce principe, l'égérie de John Goodenough (Maria Hélène Baga, 45 ans) est parvenue à constituer dans leur labo, une batterie qui se recharge en quelques minutes.

Si l'on ne sait pas encore ce que devient la non inflammabilité avec l'utilisation du sodium, on connaît l'enjeu économique du Lithium aujourd'hui et des batteries en général. Il y a de quoi attirer les convoitises...

Au plan scientifique, prouver qu'on peut utiliser le Lithium sans risque est déjà un progrès, mais le remplacer par un composant (le sodium) qui serait plus performant et dont les ressources sont abondantes et bon marché (eau de mer), fussent-ils avec les mêmes risques, en est un autre.

Les Français ne sont pas en reste. Sur une technologie plus conventionnelle (Na-ion) le CNRS a déjà obtenu des résultats : <https://lejournal.cnrs.fr/articles/batterie-sodium-ion-une-revolution-en-marche>, espérons que nous saurons les exploiter. Avec Google, recherchez « cnrs batterie ion sodium ».

A retenir

S'agissant des techniques éprouvées, une démarche pas à pas a conduit à ce qu'elles deviennent l'héritage technologique de notre domaine. Si nous pouvons en perpétuer l'esprit par des évaluations, entre nous, il est évident que cela nous sera profitable.

On entend dire qu'il ne faut pas croire tout ce qui est écrit sur Internet. C'est aussi mon avis, mais l'information circule vite. A nous de la sélectionner et de l'échanger pour nous faire une opinion. C'est ce que j'ai cherché à faire ici avec mes petits moyens, j'espère faire des émules.

Dans le cas des risques d'incendie que présentent les batteries au Lithium-ion actuelles, personne n'est venu dénoncer ce qui est avancé, pas même le lobby des fabricants et revendeur de ces batteries. Alors, on doit y croire ou, au minimum, s'en méfier.

Une démarche pusillanime tant que des tests n'avaient pas été faits, aurait peut-être permis d'éviter des ennuis à certains.

Outre les « problèmes » liés à l'utilisation d'un produit nouveau sans un minimum de précaution, nous risquons qu'en soit proscrit l'usage dans notre activité. Ce serait bien dommage, si le produit s'avère intéressant, que nous ne puissions plus progresser.

Plus concrètement, j'espère avoir convaincu que ce n'est pas au nom du principe de précaution ou de manies ringardes que nous recommandons de ne pas recharger in situ sur les avions ou ULM dans les hangars d'aéro-club, surtout sans surveillance et avec du matériel non éprouvé.

A vous de juger si, comme nous le pensons, cela relève du bon sens et du respect du bien d'autrui.

Mes amis pilotes et constructeurs qui ont souscrit à ces propos, sont par ailleurs plein de ressources et de compétences. Leur expérience est précieuse et devrait m'aider dans les orientations que vont prendre mes options de construction d'ULM.

Mon projet sera réalisé avec le sérieux des avions CNRA en profitant des connaissances et intelligences qui animent ce mouvement.

J'appelle de mes vœux que nous puissions communiquer activement sur ce sujet sur le forum RSA.

Jacques Tartera
tartera.jacques@gmail.com

NDLR : Au printemps 2017, un hangar a brûlé avec les quatre avions qu'il abritait à la suite de l'inflammation d'une batterie au lithium en cours de recharge laissée sans surveillance.

Les Cahiers du RSA présentent le Catalogue 2018 des aéronefs à construire



225 fiches détaillées !

De l'ULM monoplace au quadriplace de voyage, en passant par les répliques d'avions mythiques et jusqu'aux ballons, hélicoptères et planeurs... Avec, entre autres, des articles, une bibliographie et les trois réglementations commentées. Un Cahier hors série de 650 pages...

...à télécharger **gratuitement**
sur www.rsafrance.com



Le câblage de la batterie

La connexion de la ou les batteries va dépendre essentiellement de sa position dans la cellule. Seul le circuit alimenté en 12 v est évoqué ici.

Selon le principe du « qui peut le plus peut le moins », il faut se souvenir que le rôle principal de votre batterie est de démarrer le moteur. Il s'agit donc de dimensionner les câbles pour cet usage. J'utilise le pluriel car, évidemment, il faut dimensionner de la même façon le +12 v et la masse.

Le diagramme ci-contre, issu de l'AC43.13 (Figure A), nous indique la taille de câble nécessaire pour délivrer 100 A de façon intermittente avec une perte d'au maximum 1 volt et à une température de câble de 40°C (en application de la formule indiquée).

Dans le cas d'une batterie située sur la cloison pare feu, un câble de section 4 AWG (marquage vert) est suffisant. En fait, c'est le minimum recommandé pour 100 A intermittents avec du câble dont les fils constitutants sont plaqués à l'étain selon la norme MIL-W-27759.

Si votre batterie se situe à l'arrière du fuselage, la longueur du câble pourra atteindre les 6 à 7 m. Avec une marge de sécurité, la section recommandée sera de 2 AWG (marquage rouge) car la section 4 AWG ne permet que 9 mètres à 40°C.

La Figure B ci-dessous présente la conversion entre les tailles AWG (*American Wire Gauge*) et les sections en mm² (*Area Circular Mils*). Elle indique également l'intensité donnant une élévation de 10°C pour le câble

AWG	mm ²	g/m	A pour +10°C
00	70	735	NC
0	55	577	NC
2	33	369	100 A
4	26	242	72 A
6	13	158	54 A
8	8	101	40 A
10	5	61	30 A
12	3,7	38	22 A
14	2,3	25	15 A
16	1,4	16	12,5 A
18	0,9	13	10 A
20	0,6	9	7 A
22	0,4	6	5 A
24	0,25	4	signal

Figure B - Table de conversion entre les tailles AWG (*American Wire Gauge*) et les sections en mm². Masse du câble en gramme/mètre.

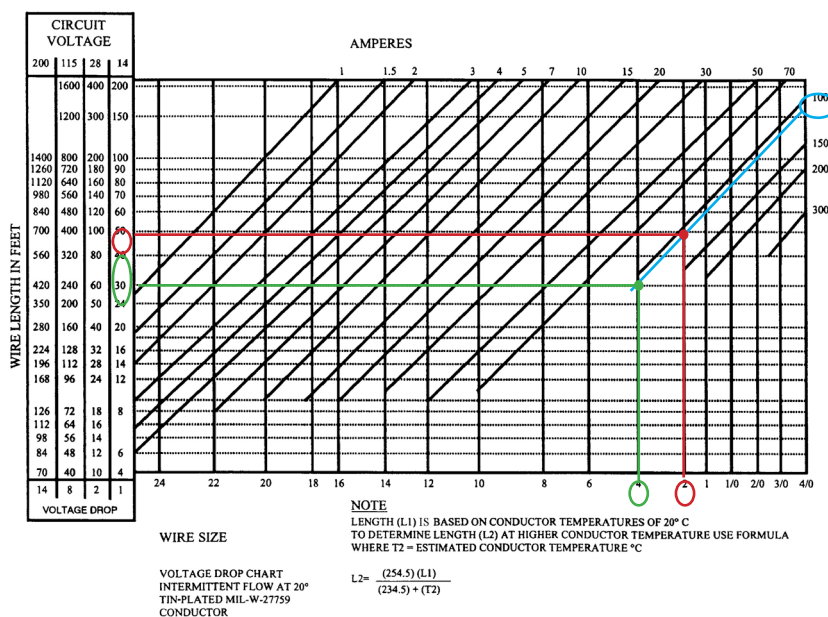


Figure A - Diagramme des tailles de câble selon l'intensité et la longueur pour une utilisation intermittente.

sélectionné en utilisation continue.

Les tailles présentées ne sont pas exhaustives, mais ce sont celles employées sur nos appareils et disponibles chez les revendeurs aéro.

Master relais

Le master relais devra couper le pôle positif et se trouver au plus près de la batterie. Si vous vous demandez pourquoi, pensez qu'après avoir tout coupé, un long câble brûlera plus longtemps qu'un câble court...



Photo 1 - Master relais courant (Aircraft Spruce ou ULM Technologie).

Cosses

Le montage des cosses peut se faire par soudure ou sertissage. On pose ensuite de la gaine thermorétractable. Ceci est traité plus loin dans ce dossier.



Photo 2 - Capuchon de protection (ici en blanc) sur la cosse d'un alternateur.

Pensez à mettre systématiquement des capuchons en silicone (en anglais : *terminal nipples*) sur vos cosses (Photo 2). Cela fait partie des « bonnes pratiques » et c'est un des critères lors des visites de certification et de renouvellement.

Passage de cloison

Pour traverser une cloison, il est nécessaire d'utiliser un passe-câble adapté en caoutchouc ou en nylon (en anglais « *grommet rubber ou nylon* ». Photo 2). Même avec du bois !



Photo 2 - Passages de cloison en caoutchouc et en nylon.

Si vous souhaitez faire traverser la masse avec un boulon et une cosse de chaque côté de la CPF, évitez absolument d'intercaler une rondelle crantée. Tout ce qu'elle va faire, c'est arquer et augmenter la résistance de l'ensemble, conduisant à chauffer le boulon... au point de mettre le feu lors de la forte sollicitation au démarrage.

En règle générale, pour les boulonnages électriques, privilégiez les rondelles fendues, tout comme celles fournies sur les relais aéronautiques.

Patrick Cottreau

Alimentation du démarreur

Le démarreur est sûrement l'accessoire le plus simple à raccorder sur un aéronef. Il ne nécessite pas de fusible et n'est raccordé qu'avec un seul câble... mais qui est aussi le plus gros câble de votre appareil.

Le relais de démarreur

Le relais dédié au démarreur est spécifique car il est conçu pour fonctionner par intermittence, à la différence du Master relais.

Son câblage et son fonctionnement sont décrits page ci-contre. La taille des câbles est celle décrite au chapitre sur les batteries.

Montez-le dans le bon sens pour qu'il soit insensible aux accélérations verticales. Ceci souvent est contraire aux photos que vous trouverez dans la plupart des catalogues.

Équipez tous vos relais de puissance avec des diodes afin de décharger le solénoïde et ainsi assurer une meilleure durée de vie de l'interrupteur de commande. Il s'agit bien entendu du Master relais, du relais de démarreur ou des éventuels relais inter-BUS, mais aussi des relais utilisés pour votre pompe hydraulique le cas échéant.

On utilise couramment une diode modèle 1N5400 (50v 3A) ou équivalent, disponible dans tous les magasins d'électronique. Il suffit de la recouvrir d'une gaine thermorétractable et de lui sertir deux cosses (rouges) aux extrémités. Notez bien le sens de la diode car elle est polarisée. Il en existe une toute prête chez Aircraft Spruce pour n'en citer qu'un (Photo 5 page suivante).

Notez que le câble en provenance de l'alternateur est souvent connecté sur la borne entrante du relais de démarreur. C'est purement une considération pratique car cette borne est directement reliée au Master relais. Ceci sera précisé au chapitre suivant.

Enfin, la localisation du relais de démarrage doit être au plus prêt du démarreur, sur la Cloison Pare Feu. Et ceci même si votre batterie se trouve à l'arrière du fuselage.

Contacteur de démarrage

Si un simple interrupteur momentané à poussoir peut faire l'affaire, nous

vous recommandons de lui adjoindre une sécurité afin d'éviter de l'actionner quand le moteur est déjà tournant. La plus courante est une sorte de «colle-rette» (Photo 1 disponible chez B&C ou Photo 2 disponible chez Banggood) ou deux arceaux latéraux (« *stainless steel switch guard* » en anglais, Photo 3 disponible chez www.periheliondesign.com). Vous pouvez aussi utiliser un interrupteur rotatif avec ou sans clé avec poussoir de fin de course (Photo 4, disponible chez Aircraft Spruce ou ULM Technologie).



Photo 1



Photo 2



Photo 3



Photo 4

Un accessoire de gestion de l'électricité de bord, tel le Vertical Power VP-X®, neutralise le circuit de démarrage quand le moteur tourne. Nous en reparlerons dans le second dossier Électricité.

Cela permet alors de monter le poussoir de démarrage sur le manche. Très utile dans le cas d'un train classique, la main reste à tenir le manche au lieu d'avoir à le serrer entre les genoux. Hors utilisation du VP-X®, ma recommandation est alors d'ajouter un interrupteur permettant de neutraliser le circuit au sol afin d'éviter toute fausse manipulation, lors d'une maintenance ou d'un amphi cabine.

Voyant de démarrage

Les relais équipés d'une borne «I» permettent de brancher un voyant, directement alimenté en 12 v, qui indique quand le démarreur est alimenté.

Ceci vous permettra de savoir si le relais est resté «collé» et continue donc à alimenter le démarreur au lieu de le désengager lorsque le moteur de votre appareil est en train de tourner.

Cela pourrait vous économiser une couronne et un démarreur. Détails du branchement page suivante.

Soignez la mise à la masse de votre moteur. En effet, la connexion de masse du démarreur est souvent réalisée par son montage sur le moteur. Si votre masse est faible, elle engendrera une trop grande résistance et votre démarreur sera poussif. C'est le symptôme d'une mauvaise masse si votre batterie est à pleine charge.

Démarrage avec deux batteries

Si vous avez prévu d'avoir deux batteries, par exemple pour alimenter de façon redondée un double allumage électronique, vous pouvez envisager d'utiliser l'une, l'autre ou bien les deux batteries pour lancer votre moteur.

Munissez-vous alors de deux interrupteurs simples, respectivement câblés pour alimenter la borne « S » du solénoïde de chacun des relais, après le bouton de démarreur. De cette façon, vous pouvez choisir quelle batterie alimente le démarreur, choisir les deux, ou encore neutraliser le circuit de démarrage en coupant tout.

Un accessoire tel que le Bus Manager® de EFII/Protek Performance dispose de cette fonction, entre autres. Nous parlerons de ce produit plus loin dans ce dossier.

Quelle taille de batterie ?

Jusqu'à 100 cv, environ 8 Ah feront l'affaire. Jusqu'à 200 cv comptez environ 16 Ah et pour 300 cv plutôt 18-20 Ah. Ces valeurs sont à augmenter en cas de batterie éloignée du moteur.

Patrick Cottreau

Câblage de l'alternateur

Tout le monde fait l'erreur au début: l'alternateur n'a pas que pour fonction de recharger la batterie. C'est lui qui alimente l'ensemble du circuit de bord dès que le moteur tourne.

Les types d'alternateurs

Vous trouverez principalement deux types d'alternateurs: ceux animés par une courroie (Photo 1) et ceux animés sur un pignon (Photos 2 & 3 exemples chez www.bandc.aero).

C'est uniquement dépendant de votre moteur. Notez que les alternateurs de secours sont souvent à pignons et profitent du remplacement massif des pompes à vide par des instrumentation digitales de type EFIS, laissant vacants l'emplacement sur la plage arrière du moteur (Photo 3).

Il existe cependant des versions externes animées par une hélice. En solution de secours, il peut être inté-



Photo 1 - Alternateur à courroie.



Photo 2 - Alternateur à pignon.

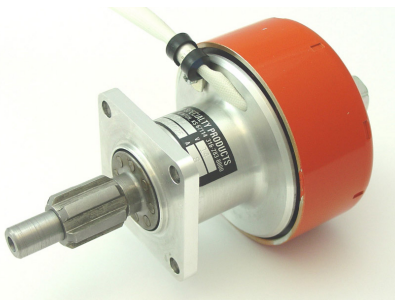


Photo 3 - Alternateur de secours à pignon.

ressant de monter une version rétractable. (Photo 4 chez www.basicaircraft.com)

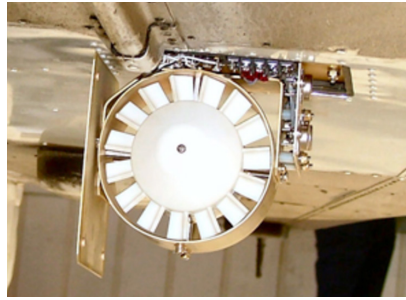


Photo 4 - Alternateur externe rétractable manuellement.

Fonctionnement de l'alternateur

L'alternateur est une sorte de moteur électrique qui fonctionne à l'envers. Sa rotation fabrique du courant électrique dès que la bobine est alimentée par un courant de faible intensité appelé « excitation » ou « Field » en anglais.

Noter que la puissance d'un alternateur dépend du nombre de tours moteur (RPM). Par conséquent, elle peut être plus faible quand le moteur est au ralenti. C'est aussi le cas quand la couronne de démarreur sur laquelle tourne sa courroie est plus petite, par exemple sur les moteurs Lycoming avec une poulie (Pulley en anglais) de 7,5 pouces et au lieu de 9,5 pouces.

Certains alternateurs de secours disposent d'une excitation interne et peuvent fonctionner avec une batterie hors service (par exemple chez www.gami.com).

Régulation interne ou externe ?

Si c'est une bonne idée de séparer le régulateur de l'alternateur pour permettre de remplacer l'un sans devoir changer l'autre, pensez aussi qu'il faudra lui trouver une place sur la cloison pare feu et que cela ajoute du poids.

Le régulateur interne simplifie le montage et le fabricant PlanePower indique avoir résolu le problème lié à la gestion du survoltage, plus facile à stopper jusqu'à présent avec un régulateur externe.

Différence avec la génératrice

Nous ne parlons ici que de l'alternateur car les génératrices sont en voie de disparition. Cependant, leurs modalités de branchement sont très

similaires. Comparez le rapport prix/puissance, la masse et la difficulté à entretenir, notamment de façon préventive en changeant les roulements, et vous aurez vite fait votre choix...

Branchement de l'alternateur

La page suivante décrit les modalités de branchement d'un alternateur.

Dans le cas d'un circuit à deux batteries et un alternateur, la seconde batterie est parfois rechargée à travers une diode. Nous en reparlerons dans les pages dédiées au circuit primaire.

Cas de l'alternateur de secours

Dans le cas le plus courant, il n'est pas actif et un interrupteur inverseur échange l'excitation (Field) pour passer d'un alternateur sur l'autre sans qu'il soit possible d'activer les deux en même temps. Il peut être actif s'il est connecté à un Bus séparé équipé d'une seconde batterie, ou si son régulateur est réglé un volt en dessous du principal. Ceci est détaillé au chapitre sur la conception du circuit primaire.

Protections

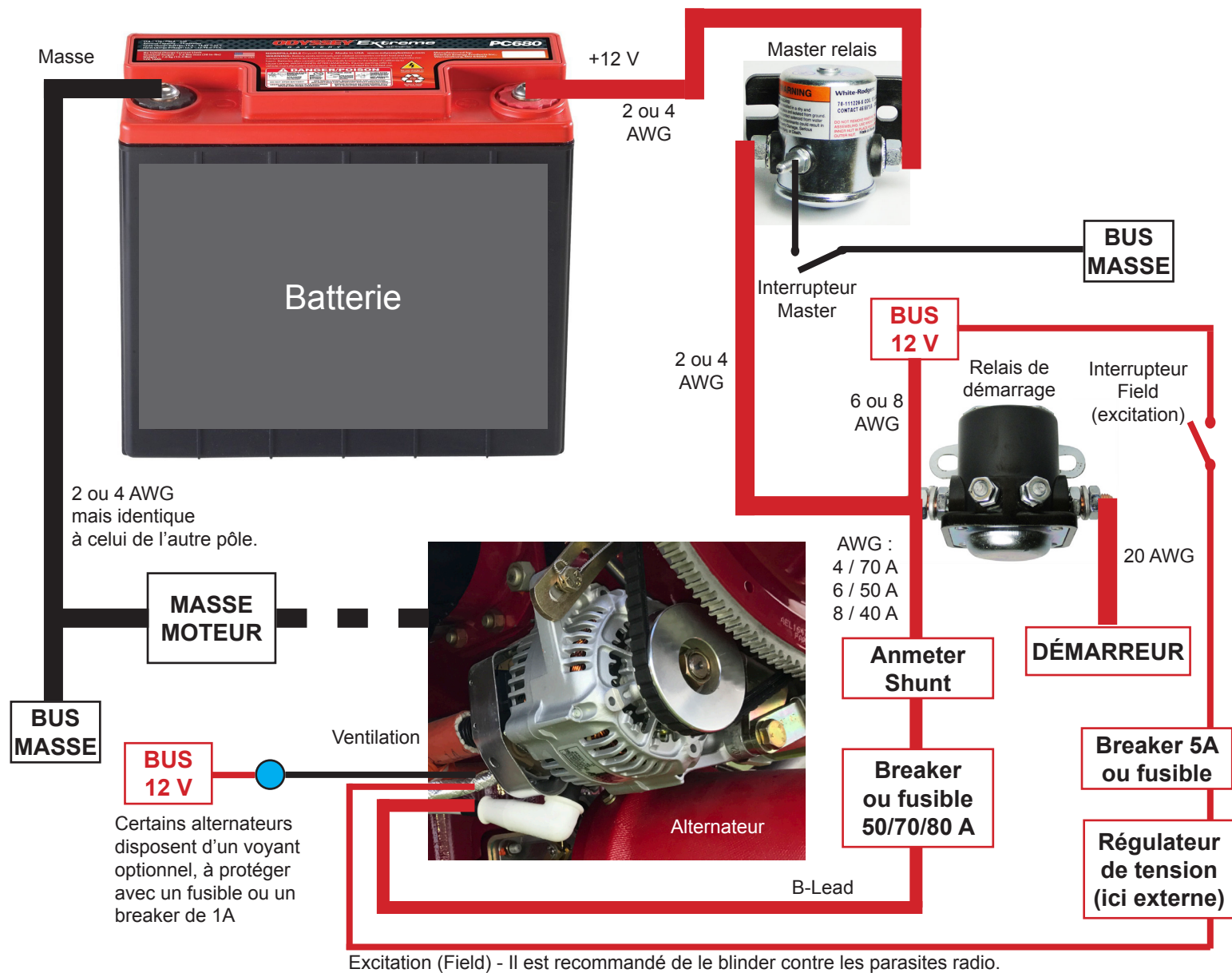
En tant que source d'énergie, l'alternateur doit être protégé et l'on doit aussi protéger l'aéronef de son alternateur.

Votre alternateur tourne en permanence en vol et se trouve à proximité du moteur. Cet environnement va nécessiter de le ventiler sérieusement. Soit cela a été prévu et il est équipé d'ailettes rotatives à l'instar des automobiles, soit il suffit de lui brancher un boa de 25 mm. Tout ce qui tourne sous un capotage doit être refroidi.

L'excitation (Field) est à protéger avec un fusible ou un breaker de 5A. Celui-ci devrait être localisé en cabine. L'usage d'un câble blindé est recommandé en cas de parasites radio.

La sortie (B-lead) est à protégée avec un fusible ou un breaker égale ou supérieure à la capacité de l'alternateur.

Cette protection n'a pas besoin de se trouver en cabine, elle peut rester sous le capotage. Les américains disent à ce sujet qu'il n'est pas raisonnable de donner une seconde chance au feu de se déclarer en réenclenchant un breaker qui a sauté...



Comment savoir s'il fonctionne correctement ?

Le plus simple est de monter le voyant optionnel de l'alternateur sur le tableau de bord. Vous pouvez aussi mettre un Voltmètre pour surveiller l'alimentation de votre Bus.

On peut aussi mesurer l'intensité via un « Anmeter Shunt », sur un EMS ou un EFIS. Vous pouvez également mettre un ampèremètre sur le tableau de bord, mais cela peut vous obliger à faire un aller retour avec le B-Lead.

Dimensionnement de l'alternateur

Quand on a compris que c'est l'alternateur et non la batterie qui fournissait l'électricité pendant le vol, il suffit

de lister tous les éléments qui seront potentiellement en fonctionnement au même moment et d'additionner leur consommation en Ampères.

Le tableau en fin de cette première partie présente l'intensité des appareils courants. Il n'est pas exhaustif et vous trouverez cette information dans les documentations constructeur.

Quand allumer l'alternateur ?

C'est une question capable d'animer un long après-midi au bar du club...

Au niveau du circuit électrique ça n'a pas grande importance. En effet, lors de la rotation pour le démarrage, l'alternateur ne va rien produire d'utile et va en fait tirer sur la batterie pour son excitation.

En revanche, au niveau mécanique, il va apporter de la résistance à la rotation puisqu'il tentera tout de même de donner une tension de 14v en produisant un effort maximum. Votre démarreur devra donc entraîner à la fois le moteur et l'alternateur...

La recommandation est d'activer l'alternateur après avoir mis en route le moteur. Mais il ne faut pas oublier de l'allumer ensuite. Check List !

Maintenant, faut-il l'arrêter avant ou après le moteur ?

Ça n'a aucune importance.

Patrick Cottreau

Concevoir son circuit primaire

Cela se définirait comme la portion de circuit allant de la batterie au(x) Bus permettant de brancher les accessoires. Dans le second dossier, nous parlerons de tout ce qui se branche sur les Bus.

En application du premier principe visant à préparer, la conception de votre circuit primaire va dépendre entièrement de la « mission » que vous voulez donner à votre aéronef : Survolez-vous des zones hostiles ? Êtes-vous adepte du VFR on Top ? Avez-vous un allumage électronique partiel ou intégral ?

La réponse à ces questions va conditionner le niveau de redondance acceptable pour votre circuit électrique.

La redondance, c'est quoi ?

Il s'agit de la capacité qu'aura votre circuit à tolérer une ou plusieurs pannes. Monter un alternateur de secours et ou une seconde batterie, voire dans certains cas une troisième batterie...

L'ouvrage de référence sur ces différentes approches est sans contestation celui de Bob Nucholls, dont le lien pour un téléchargement gratuit est indiqué en fin de dossier.

Comment mettre deux alternateurs ?

Si vous avez deux alternateurs, le second peut être en attente ou actif.

S'il est en attente, cela signifie qu'il tourne sans être activé. Électriquement, le « Field » est monté sur un interrupteur inverseur et on bascule d'un alternateur sur l'autre à la demande. Souvent, l'alternateur de secours est d'une puissance inférieure au principal. Il faudra alors définir les accessoires à alimenter dans la situation de secours.

S'il est actif, le second alternateur doit alimenter un bus indépendant. Vous avez alors deux circuits primaires... Ici encore, il faudra faire des choix.

Comment mettre deux batteries ?

Le montage le plus courant pour monter deux batteries est de les raccorder en parallèle, chacune avec un relais. Vous verrez également des montages

à base de diodes. Vous trouverez deux types de diodes. La diode Silicium en pont, la plus classique, fait baisser la tension d'environ 1 volt lorsqu'on la traverse. En partant de 14 volts en sortie d'alternateur, vous constatez en fait 13 volts dans votre circuit. (Photo 1)

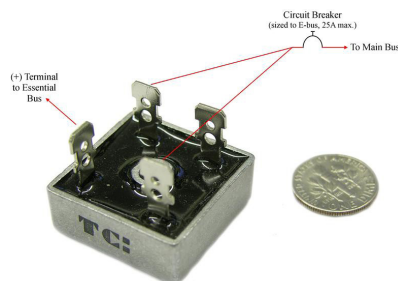


Photo 1 - Pont de diodes utilisé couramment pour 50A. (BandC.aero ou Banggood.com)

La diode Schottky a pour particularité de laisser transiter de relativement fortes intensités pour le redressement de puissance avec des pertes par effet joule réduites du fait de sa faible chute de tension. (Photo 2)

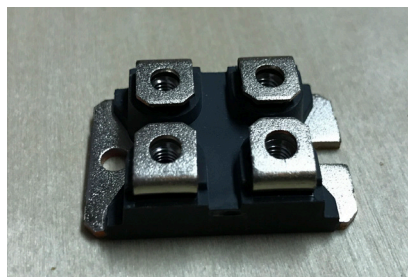


Photo 2 - Double diode Schottky de 2x100A (www.conrad.fr)

Alors que les diodes standard en silicium ont une tension de seuil d'environ 0,6 volt, les diodes Schottky ont une tension de seuil dans la gamme de 0,15 V à 0,45 V, proportionnel à l'intensité. Plus d'infos sur Wikipedia.

Dans les deux cas, ces diodes de puissance nécessitent un radiateur et un endroit ventilé. (Photo 3)

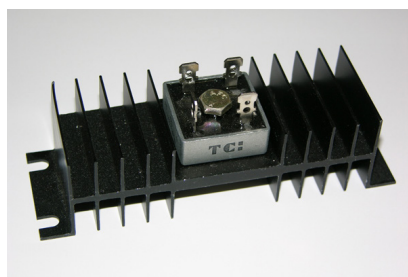


Photo 3 - Dissipateur pour diode (BandC.aero).

Les cas d'usage des chapitres suivants présenteront l'utilisation des diodes, notamment pour isoler un Bus « Essentiel ».

Une batterie de secours?

Dans des cas très particuliers, il peut être intéressant de monter une batterie de secours, même quand on en a déjà deux...

Cette batterie de secours dédiée à quelques accessoires tels que l'EFIS ou la radio. Ces accessoires disposent bien souvent d'une seconde borne d'alimentation. Cette petite batterie dédiée servira à les maintenir sous tension dans les cas où la séquence de démarrage fait baisser drastiquement la tension dans le circuit, au point de faire redémarrer l'ordinateur de l'EFIS.

Les modèles les plus courants pour cette fonction sont mises sur le marché par TCW aux USA. Elles sont très légères car basées sur la technologie LiFePO. Seule contrainte affichée par le fabricant, ne pas les laisser se décharger : bref, la bonne nouvelle c'est qu'il faut voler ! (Photo 4)

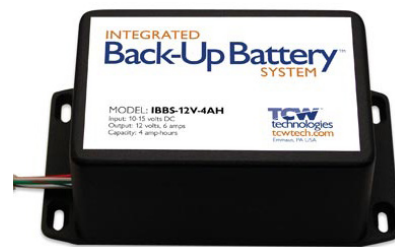


Photo 4 - Batterie de secours (www.tcw.com)

Une solution intégrée: EFII Bus Manager

Avant de détailler les types de circuit primaires, je souhaite présenter un matériel tout prêt, le « Bus Manager ».



Photo 5 - Bus Manager

(Photo 5)

En marge de son produit phare, un allumage électronique pour Lycoming 4 ou 6 cylindres, la société EFII (Protek Performance) propose une solution intégrée de circuit primaire 12V pour deux batteries, un ou deux alternateurs et deux Bus en sortie.

La boîte contient deux relais, une diode et un circuit électronique permettant de contrôler l'alimentation du démarreur et la gestion automatique de deux pompes électriques. Ses dimensions sont 152 x 102 x 64 mm. (Photo 6)

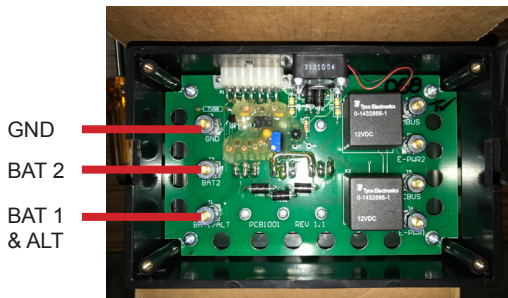


Photo 6 - Bus Manager vue intérieure.

Chaque relais alimente un Bus de 40A, le bus dit « Essentiel » et un bus dit « Principal ».

Le Bus Essentiel a la particularité d'être alimenté par les deux batteries via deux double diodes. Il dispose également d'une dérivation via un interrupteur de 40A afin de pallier un défaut du relais. Ce bus est destiné à tout ce qui est critique pour la conduite du vol, notamment l'allumage électronique, l'avionique, la pompe électrique, le contrôle moteur, injection électronique, etc.

Le Bus Principal est alimenté par la batterie 1 uniquement. Il est utilisé pour tous les éléments non critiques tels que les phares, les strobes, les volets, le transpondeur, la radio, etc. Cependant, c'est à vous de définir le niveau de criticité en fonction de la mission de votre appareil. (Fig. 1)

Les moteurs équipés avec deux pompes électriques disposent d'un automatisme basé sur un capteur de pression afin de basculer sur la pompe de secours en cas de défaillance de la première. L'électronique et les diodes sont ventilées via un dissipateur latéral. (Fig. 2)

Au niveau du démarreur, le Bus Manager permet de choisir quelle sera la batterie en action : un simple interrupteur trois positions (On/Off/On). Le démarrage se fait alors avec la batterie 1, la batterie 2 ou les deux en même temps. Cette fonction permet d'éviter la baisse de tension liée au démarrage et, si une batterie est faible, de s'appuyer sur les deux. (Fig. 3)

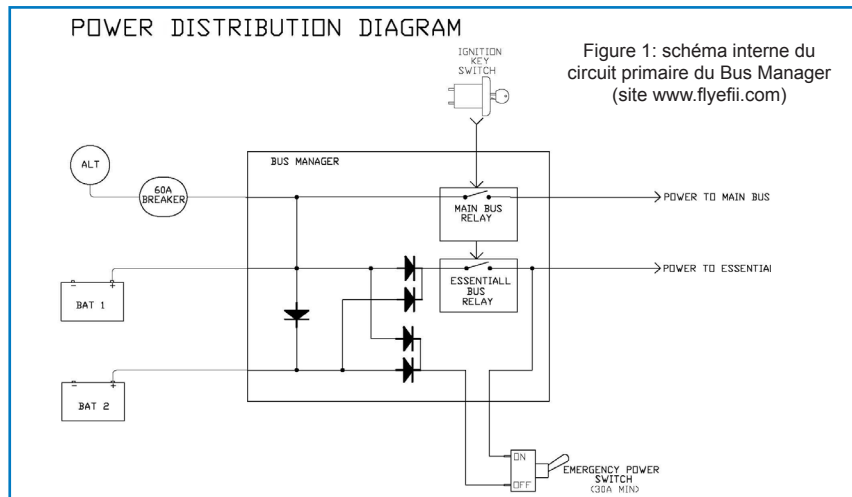


Figure 1: schéma interne du circuit primaire du Bus Manager (site www.flyeffi.com)

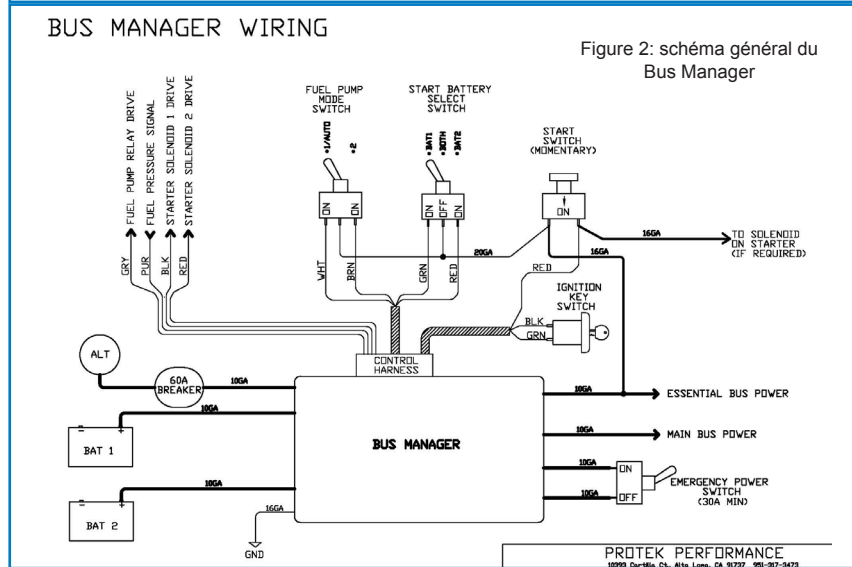


Figure 2: schéma général du Bus Manager

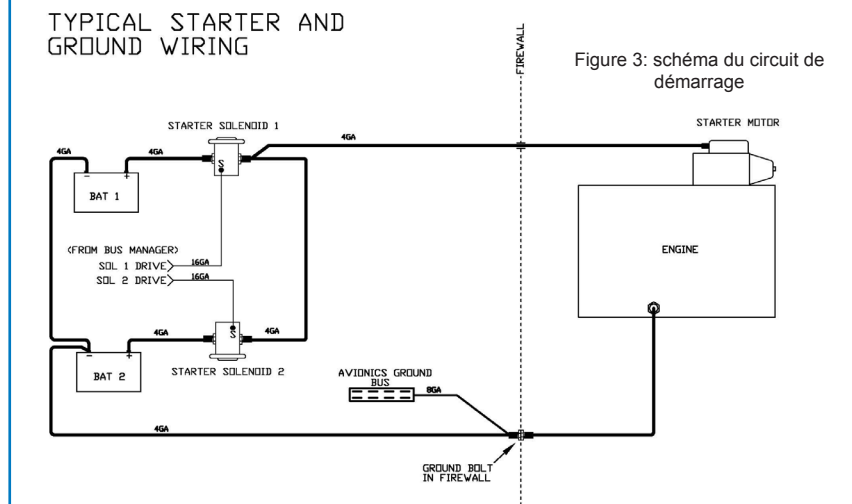


Figure 3: schéma du circuit de démarrage

Ce produit n'a rien d'indispensable, surtout si vous n'envisagez pas d'utiliser toutes ses fonctionnalités.

Il est disponible auprès de www.flyeffi.com au prix de \$575, incluant un faisceau de raccordement et des cosses de connexion.

Vous pouvez aussi ajouter \$145 d'accessoires optionnels (deux relais de démarreur, des interrupteurs, une clé de mise en marche, trois mètres de câble 10 AWG (= 10 GA), un relais de pompes à essence, etc.).

Un autre produit intégré, le PPS de Vertical Power

En conception depuis plusieurs années, le PPS pour « Primary Power System » a été présenté à Oshkosh en juillet dernier.

Il s'agit d'un boîtier intégrant des relais sans mécanique (« Solid state » en anglais) et remplaçant l'ensemble Master relais / Relais de démarreur dans un format prêt à brancher. Il est conçu pour une batterie et un à deux alternateurs. (Photos ci-contre).

Les avantages annoncés par le concepteur sont la simplicité, le gain de place, la protection contre la surtension et la fiabilité des composants comparativement aux relais mécaniques. On peut ajouter qu'il ne consomme qu'1 mA, ce qui ne videra pas votre batterie, comme un master relais classique, si vous oubliez de couper... mais ça n'arrive jamais !?

Enfin, il est totalement intégré avec le VP-X®, dont nous parlerons dans la seconde partie de ce dossier.

Schéma d'un circuit primaire type

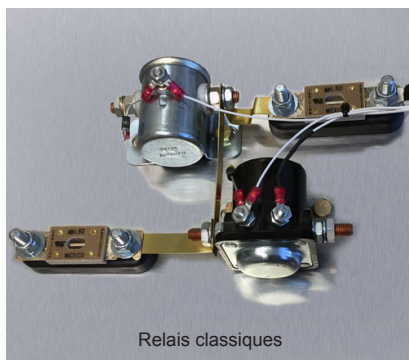
Il ne s'agit bien entendu pas du circuit « absolu », mais cette approche est recommandée par Bob Nuckolls.

Pour commencer, rappelons que s'il était courant dans les plans des années 60 de mettre un coupe circuit sur la masse, cette pratique est maintenant révolue. Il est d'usage aujourd'hui de couper le pôle positif. Les masters relais actuels sont d'ailleurs activés par la mise à la masse du solénoïde, ce dernier étant alimenté par le +12V traversant le relais.

Notez également que le Bus « avionique » a tendance à disparaître au profit d'un Bus « Essentiel ». En effet, le Bus avionique est apparu pour protéger des éléments non indispensables au démarrage, mais avec les EFIS et EMS, tout est maintenant allumé avant le moteur et étudié pour survivre à la phase de démarrage.

Cas le plus simple : une batterie et un alternateur

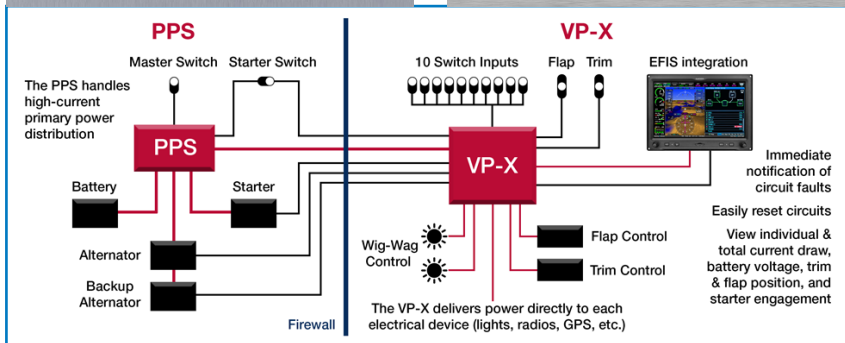
C'est évidemment le cas le plus courant, la grande majorité de nos aéro-



Relais classiques



PPS



nefs étant équipés de magnétos et de redondance analogique (badin, alti. et bille classiques) quand il y a un EFIS.

La Figure 4 présente cette configuration. On retrouve ici le circuit de base décrit aux chapitres « Démarreur » et « Alternateur ». A partir de ce schéma simple, vous pouvez ajouter des options apportant de la redondance. Chacune prise isolément apporte une solution qui peut être suffisante et vous n'avez pas besoin de les avoir toutes.

Matériel nécessaire :

- Batterie (selon moteur),
- Master relais,
- Interrupteur général,
- Relais de démarreur,
- Poussoir de démarreur,
- Indicateur pour relais de démarreur,
- Diodes pour les relais,
- Bornier de masse,
- Bornier de Bus principal,
- Fusibles ou breakers,
- Anmeter Shunt,
- Câbles selon intensité,
- Cosses.

Option 1 : Ajout d'un Bus essentiel

L'ajout d'un Bus Essentiel permet de disposer d'une alimentation redondée pour des éléments que vous jugerez indispensables à la conduite du vol.

Il peut s'agir d'un allumage électronique, s'il n'est pas indépendant

(c'est-à-dire alimenté en interne une fois démarré, comme les e-Mags par exemple), ou encore d'éléments d'avionique.

Le principe est d'alimenter le Bus Essentiel à partir du Bus Principal en traversant une diode montée sur un dissipateur de chaleur. Celle-ci permet de mettre en place une alimentation du Bus Essentiel en amont du Master relais afin de pallier la défaillance de ce dernier.

Un Bus « Chaud » peut être ajouté le cas échéant, par exemple pour alimenter en permanence une horloge ou autre système nécessitant une alimentation permanente. Sachez juste que cela va évidemment vider la batterie si vous ne volez pas assez.

Matériel à ajouter :

- Bornier de Bus essentiel,
- Diode et dissipateur,
- Interrupteur selon intensité,
- Fusible ou breaker,
- Bornier de Bus Chaud le cas échéant.

Option 2 : Ajout d'une batterie

Pour ajouter une batterie, le plus simple est de la brancher en parallèle avec son propre relais. Vous n'êtes pas obligés de mettre un second relais de démarreur, sauf si vous souhaitez différencier les sources de courant pour cette phase.

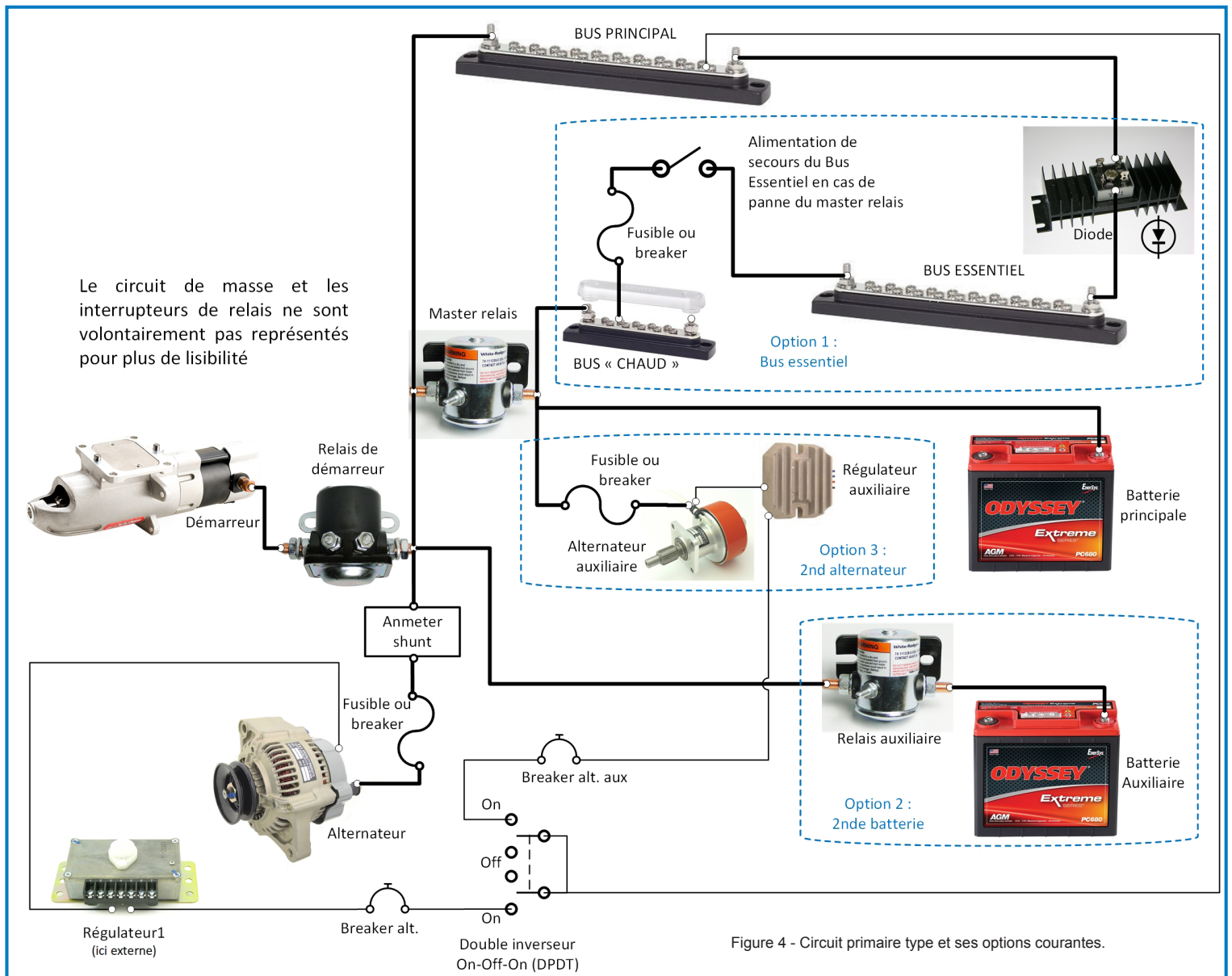


Figure 4 - Circuit primaire type et ses options courantes.

Matériel à ajouter :

- Batterie 2,
- Master relais 2,
- Option : Relais de démarreur 2,
- Option : Interrupteur 3 positions 2 pôles (sélection des batteries pour démarrage).

Une autre façon de la brancher est de lui adjoindre une diode, à la façon du Bus Manager évoqué plus haut. De cette façon, les deux batteries restent indépendantes (Figure 1).

Option 3 : Ajout d'un alternateur auxiliaire

Sur les moteurs qui le permettent, le montage d'un alternateur de secours en plage arrière est la solution la plus simple. Reste ensuite à décider s'il est actif ou passif.

S'il est actif, vous pouvez lui dédier un Bus. Vous envisagerez une bascule d'un bus vers l'autre en cas de panne.

S'il est passif, vous avez deux solutions :

- Monter un interrupteur inverseur double pôle (DPDT On-Off-On) pour basculer le « Field » d'un alternateur sur l'autre. C'est le cas du BandC SD-8, par exemple.
- Régler son régulateur un Volt en dessous de l'alternateur principal afin qu'il ne prenne le relais qu'en cas de défaillance de ce dernier. BandC propose ce type de produit.

En conclusion, ceci n'est qu'un exemple parmi d'autres et votre circuit

primaire doit être adapté à l'usage de votre appareil, aux accessoires installés et à leur criticité pour la conduite du vol.

Tout cela peut devenir très complexe si vous vous laissez aller. On ne le dira jamais assez : pensez à documenter vos montages afin de faciliter la résolution des pannes et les évolutions futures.

Le Forum du site www.rsafrance.com est à votre disposition pour prolonger la discussion et répondre à vos questions.

Patrick Cottureau

Le câblage aéronautique

Si pour beaucoup d'entre nous, rien ne ressemble plus à un fil électrique qu'un autre fil électrique, il y a évidemment des raisons liées à l'emploi de tel ou tel modèle de câble.

Nous avons vu dans la partie liée au démarreur qu'il y a des contraintes de perte de tension selon la longueur, ainsi que d'augmentation de la température avec l'intensité.

En aviation, la masse entre également en jeu et, si vous réalisez que l'âge moyen des avions est d'environ 40 ans, la durabilité devient un facteur important.

Notez que les câbles aéronautiques sont composés de torons de fils fins et non de conducteurs simples. Abandonnez l'idée d'utiliser des fils de téléphone ou d'alarme...

La perte de tension

Proportionnelle à la résistance par mètre de câble, cela signifie qu'au delà d'une certaine longueur, il faudra passer à une section de câble supérieure pour faire passer l'intensité escomptée sans perte de tension excessive ou de surchauffe.

Vous pouvez utiliser le tableau de correspondance ci-dessous (Figure 1) pour sélectionner la taille appropriée. Le chapitre suivant présente le code couleur indiqué en face des tailles.

Dans le doute, utilisez la « Gauge » immédiatement inférieure (18 GA à la place de 20 GA par exemple). La différence de poids est minime, ainsi que le prix, comparé au risque de surchauffe.

Intensité	AWG	Cosse
Démarreur	2 ou 4	Serti ou soudé
Alternateur 70 A	4	
Alternateur 50 A	6	
Alternateur 40 A	8	Jaune
	ou 10	
20 A	12	Bleu
15 A	14	
10 A	16	Rouge
	ou 18	
5 A	20	Serti ou soudé
	ou 22	
Signal	22, 24 ou 26	

Figure 1 - Table permettant de choisir la taille en AWG (American Wire Gauge) en fonction du besoin en intensité.



Photo 1 - Exemples de câbles de qualité aéronautique, ici en 12 AWG non blindés. La couleur permet d'organiser son câblage.

L'augmentation de la température

Au premier abord, une augmentation de 10°C pour un câble peut sembler anecdotique. Maintenant, visualisez un toron de câbles liés entre eux et imaginez l'accumulation de chaleur que cela peut représenter dans un espace non ventilé comme il y en a dans nos cabines. Vous avez toujours envie d'aller voler ?

Le poids du câblage

Si vous vous demandez pourquoi il existe des circuits électriques en 12 ou en 24 volts (soit 14 ou 28V en sortie d'alternateur), la raison est principalement due au fait qu'à puissance égale, un accessoire va demander deux fois moins d'intensité dans le câblage en 28V qu'en 14V. La formule est $P=U \times I$, soit Puissance en W = Tension en Volt x Intensité en A.

L'écart de poids de câblage peut être très significatif dans un avion lourd, mais dans nos appareils, la différence est telle que cela n'a pas grand intérêt.

En effet, entre 100 mètres de câble 18 GA et 20 GA, il y a 350 g d'écart.

Considérant également la disponibilité parfois exclusive de matériels en 12/14V, voire le prix du même modèle en version 24/28V, il est plus simple de s'aligner sur la tension 12/14V utilisée en automobile.

Si toutefois vous avez besoin d'alimenter quelques accessoires en 24/28V, il est recommandé de le faire avec un Bus séparé ou via un convertisseur.

La durabilité

Il est tentant de s'approvisionner en câblage d'origine automobile, non seulement pour la facilité d'approvisionnement, mais aussi pour le prix. Nous sommes très sûrement nombreux à le faire pour tout ou partie du circuit de nos avions. En plus, ça fonctionne... alors pourquoi s'en priver ?

Pour deux raisons principales:

- Les fils qui les constituent sont souvent en cuivre nu, c'est à dire non étamés selon la norme MIL-W-27759, contrairement aux fils aéro qui sont ainsi protégés de la corrosion. A l'échelle de temps d'une automobile standard, 10-15 ans, ça n'a que peu d'effet, mais dans le cas d'un avion destiné à voler plus de 30 ans, cela mérite de se poser la question.
- L'enveloppe de ces câbles est souvent en PVC⁽²⁾, polluant noircissant, et plus épais, donc plus lourd et d'un diamètre supérieur. Elle est aussi d'une norme inférieure en termes de résistance à la chaleur et à l'abrasion, par rapport aux versions aéro qui sont enrobées de « Tefzel® », c'est à dire d'ETFE⁽²⁾.

Reste la question du prix

Le câblage aux normes aéronautique est évidemment plus cher, mais si l'on oublie l'effet sur la masse, son emploi peut se justifier par l'exigence de qualité requise par l'arrivée d'une avionique

(1) PVC est l'abréviation du Poly(chlorure de Vinyl), découvert au 19e siècle et certains plastifiants rentrant dans sa composition peuvent présenter un risque pour la santé. Sa combustion dégage de l'acide chlorhydrique et des dioxines.

(2) ETFE est l'abréviation du Poly(Ethylène-co-tétrafluoroéthylène), développé dans les années 40 par DuPont de Nemours. Il possède une grande résistance à l'usure entre -80 et +155°C et est recyclable.

toujours plus avancée. Vous pouvez aussi prendre en compte la durée de vie de votre appareil et le gain de temps lié à la réduction des pannes.

Le meilleur moyen de faire des économies dans ce domaine est de n'acheter que ce qui est nécessaire, en mesurant les longueurs directement sur la machine.

Faites de la récupération : il n'y a pas que des grandes longueurs dans un circuit électrique.

Enfin, organisez vous pour acheter groupés, cela reste le meilleur moyen d'avoir de meilleurs tarifs.

Le blindage

Compte-tenu de son prix et de son poids, le blindage des câbles n'est à utiliser qu'en cas de nécessité, c'est à dire sur recommandation du constructeur de l'accessoire électrique ou électronique.

Couramment, le blindage concerne :

- L'allumage des bougies.
- L'excitation de l'alternateur.
- Les circuits casques et micros.
- Les liaisons data (série, CAN-Bus...).
- Les coaxiaux d'antennes.
- L'alimentation des strobes...

Le terme anglais pour le blindage est « shield », et un câble se dit « wire ». On parle donc de « shielded wire » pour un câble blindé, et de « unshielded wire » pour les non blindés.

Si vous vous demandez encore pourquoi j'insiste sur les traductions en anglais, c'est parce que la majorité des fournisseurs ont des catalogues en langue anglaise. Cela vous aidera aussi à comparer les prix sur les sites Internet de distributeurs.

Les câbles torsadés

L'intérêt de torsader des fils est double : Ils sont plus facile à installer et à suivre, et ils génèrent moins de rayonnement électromagnétique.

Il est assez facile de fabriquer vos câbles torsadés avec une visseuse électrique. Raccordez le bout à la visseuse, fixez l'autre bout dans un étai

et allez-y doucement. Privilégiez les fils de couleurs différente, cela vous fera gagner du temps et vous évitera des erreurs.

Vous trouverez facilement des câbles torsadés tout prêts sur le marché, dans des versions blindées ou pas. Le câble torsadé se dit « twisted wire ».

Les câbles multiples

Vous trouverez sur le marché des câbles simples, doubles, triples et multiples (2 paires ou plus).

Il semble raisonnable d'utiliser le nombre de fils correspondant à l'accessoire alimenté, en évitant de mélanger les usages. Mais tout est souvent compromis et recherche d'efficacité. (Photo 2)

L'utilisation de câbles multiples (2 paires ou plus) est courante pour les boîtiers de trims, pour les sondes capacitives, pour relier l'afficheur à son bloc radio ou transpondeur, et à chaque fois que c'est recommandé par un constructeur d'avionique. La principale contrainte qui peut vous empêcher d'utiliser des câbles multiples, c'est qu'il va falloir monter une prise au bout et qu'il est peu pratique d'utiliser une prise pour plusieurs accessoires.



Photo 2 - Exemple de câble Tefzel 10 conducteurs 24GA, non blindé.

De toutes façons, c'est à vous, le constructeur, de décider...

La taille des câbles

Le choix de la taille du câble dépend de l'intensité qui va y circuler. Nous verrons dans le second dossier qu'un fusible ou un breaker sert à protéger le câble et pas l'accessoire qu'il alimente.

Il y a deux façons de visualiser la taille d'un câble. La plus facile est de lire la référence inscrite dessus. La taille du câble correspond aux deux chiffres

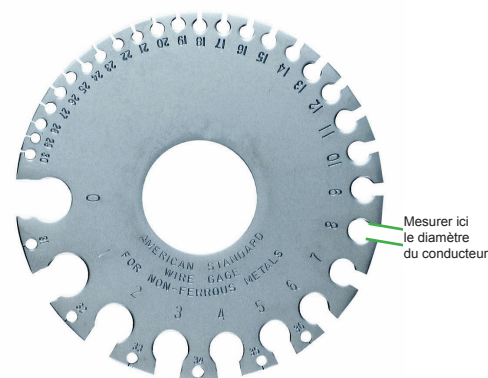


Photo 3a - Celui qui nous intéresse, l'« American Standard Wire Gage », Type #20. Ne pas confondre avec le suivant.



Photo 3b - Gabarit pour tôles de fer et d'acier, Type #21.

suivant le tiret horizontal. C'est inscrit sur tous les fils de qualité, mais il faut parfois prendre une bonne loupe ! Exemple ci-contre avec un câble 22 GA jaune.

Vous pouvez aussi utiliser un gabarit métallique de marque General Tools, Type 20 (disponible chez Amazon ou sur eBay). Concernant les gabarits, ne pas confondre celui destiné aux épaisseurs des tôles (Type 21) avec celui des câbles non ferreux qui nous intéresse ici. (Photos 3a & 3b). La mesure se fait entre les parties plates, mais pas dans les cercles.

C'est un peu une gageure de traiter un tel sujet en deux pages, mais la mise en pratique et les photos d'exemples seront abordés dans la seconde partie de ce dossier.

Le chapitre suivant présente les outils utilisés couramment pour le câblage électrique de nos appareils.

Patrick Cottureau

M
2
2
7
5
9
/
1
6
-
2
2

Ici se trouve la taille du câble 22 GA

Les outils spécifiques

Puisque l'on reconnaît le bon ouvrier à ses outils, je vous propose un rapide panorama des outils permettant de faire un circuit électrique de qualité.

Vous verrez que le prix n'est pas toujours un critère. Dans tous les cas il est possible d'utiliser des outils professionnels à des prix accessibles.

Couper

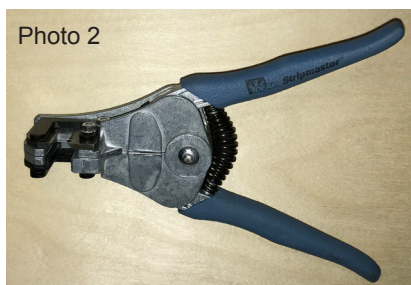
Le premier outil est bien évidemment la pince coupante. Vous trouverez des modèles très précis et à bas coût chez Banggood.com par exemple. Ne l'utilisez pas pour faire autre chose que couper du câble électrique, par exemple pour couper du câble de freinage plein en inox... (Photo 1).

Dénuder



Le second est une pince à dénuder adaptée aux tailles de câbles. Vous gagnerez en temps et en précision par rapport au traditionnel cutter ou encore à la pince à tout faire (mal) de type automobile, où il faut tirer à la main sur le câble.

Les mors de la pince présentée ci-dessous (Photo 2), modèle 45-097 de la marque « Ideal Stripmaster » en vente chez BandC.aero, portent des numéros correspondant à la taille (Gauge) des câbles à dénuder. Il peut y avoir une pince pour les câbles les plus fins (16 à 26) et une pour les câble de taille moyenne (10 à 22). Une bonne marque vous permet d'acheter des mors de remplacement au lieu de devoir changer la pince entière.



Sertir

Le sertissage est la méthode la plus simple pour monter une cosse sur un câble. Encore faut-il le faire dans les conditions prévues par le fabricant.

Les conditions portent sur la position de l'écrasement, sa profondeur et l'adaptation du connecteur à la taille du câble.

Vous rencontrerez couramment les types de cosse suivants, chacun avec ses variantes.

Les cosse rondes (Ring connectors en anglais). Elles sont capables de servir toutes les tailles de câble. (Photo 3).



Les modèles pour câbles 10GA à 22GA sont identifiés par leur couleur. De 10 à 12GA, la couleur est jaune, de 14 à 16, elle est bleue, et rouge de 18 à 22.

Les cosse plates (Spade connectors en anglais) les plus courantes font 6,3 mm de largeur (Photo 4). Il en existe des moins larges, notamment dans les prises, nous le verrons dans le second dossier.



Pour sertir les câbles sur les prises colorées, il est nécessaire d'utiliser une pince à sertir à cliquet. Elles sont plus ou moins grosses (Photo 5) et comportent des mors amovibles permettant de changer de type de sertissage. C'est moins coûteux de posséder une pince pour chaque usage, mais cela nécessite un grand sens de l'anticipation si l'on ne veut pas passer son temps à changer les mors.

Le rôle du cliquet est de s'assurer que le sertissage est effectué selon la pré-

conisation constructeur, ni trop, ni trop peu. Ce type de pince apporte également une démultiplication de l'effort, appréciable quand il y a beaucoup de cosse à monter.



A chaque sertissage, il est nécessaire de tester le résultat en tirant fermement sur l'ensemble à la main. Ça passe ou ça casse. Vous en referez, comme tout le monde.

Vous trouverez tous les prix pour ces pinces, de 15 € à 138 €. Commencez par essayer les moins chères car elles feront probablement le travail.

Évitez absolument d'utiliser une pince bas de gamme d'origine automobile (Photo 6). C'est votre « poigne » seule qui écrase la cosse, sans démultiplicateur : vous allez vite avoir mal à la main et, soit ne pas assez serrer, soit dépasser la limite et fragiliser le connecteur.

Faites l'essai pour comparer.



Photo 6

Les cosses rondes pour câbles plus gros, 8GA à 0GA, sont entièrement métalliques et doivent recevoir une gaine thermo-rétractable après montage sur le câble (Photo 7).



Vous pouvez soit les sertir avec une (grosse) pince adaptée (Photo 8), soit les souder.



La connexion entière est ensuite protégée avec un capuchon en silicone (terminal nipple en anglais).

Les cosses utilisées dans les prises DB ou Sub-D sont conçues pour un sertissage « périphérique » (machined-barrel en anglais), et ne doivent pas être écrasées comme les précédentes sous peine de s'aplatir et de ne plus pouvoir rentrer dans la prise.

La cosse mâle est nommée « Pin » et la partie femelle est nommée « Socket » (Photos 9a et 9b ci-dessous).



Pour les versions de densité normale (DB9, DB15, DB25, DB37), vous pouvez vous contenter d'une pince économique RCT-3 à \$45 chez BandC.aero. Elle est utilisable pour les câbles de 20 à 24GA (Photo 10).

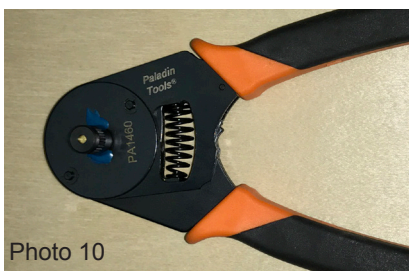


Photo 10

Vous pouvez avoir besoin, selon votre avionique, d'assembler des prises Sub-D de haute densité. La prise classique DB9 porte alors 15 plots, la DB-15 en porte 26, la DB-25 en comporte 44 et la DB-37 en reçoit 62.

Il faut se tourner vers une pince professionnelle dénommée « Daniels DMC AFM-8 » qui coûte, neuve, près de \$350... sans les adaptateurs à \$62 la pièce, le tout hors taxes. Il en faut au moins 2 (modèle K42 pour le pin et K41 pour le socket) et un troisième si vous voulez faire aussi les Sub-d standards (modèle K13). Rassurez-vous, on en trouve d'occasion sur eBay pour le tiers du prix. La Photo 11, ci-contre, montre les deux faces de la pince, ainsi que les fameux adaptateurs.

Une fois réglée, l'utilisation est très simple : vous dénudez le fil, vous le positionnez dans le pin ou le Socket en vérifiant la présence du conducteur dans la fenêtre latérale, vous placez le tout dans la prise et vous serrez jusqu'au bout. Là aussi, il y a un cliquet pour s'assurer d'aller jusqu'au bout de la manoeuvre (Photo 12).



Photo 12

Il est impératif de respecter les réglages car le diamètre du type de connecteur à sertir est proche du millimètre. Là aussi, il est nécessaire de tester le résultat en tirant sur le câble.

Ce type de connecteur Sub-D existe aussi en version à souder, mais le mieux est bien entendu de suivre le mode d'emploi du fabricant pour maximiser les chances de résultat.

Les cosses utilisées dans les prises plastiques de plus grandes tailles sont, elles, serties avec une pince spécifique. On parle encore ici de Pin



Photos 13a & 13b



Photo 11

(mâle) et de Socket (femelle) sur les photos 13a & 13b. La photo 14 montre un exemple de prise, et la Photo 15 est celle de la prise utilisée pour sertir. Il reste possible de mettre un point de soudure à l'étain après sertissage.



Photo 14

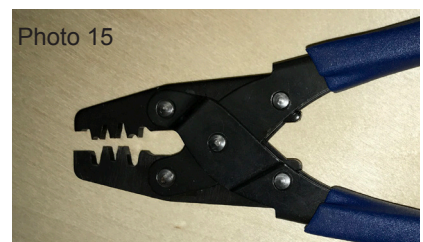


Photo 15

Les prises coaxiales nécessitent des mors hexagonaux (Photo 16).



Photo 16

Patrick Cottreau

Intensités pour bilan électrique

Les informations du tableau ci-dessous vont vous permettre de réaliser votre « Bilan électrique », c'est-à-dire la somme de toutes les consommations de vos accessoires électriques.

Ces données ne sont pas garanties et vous devez les vérifier avant de les utiliser, et bien sûr les compléter si un accessoire n'est pas listé dans cette page.

PC

Ceci est à faire pour chaque phase de vol et vous permettra de dimensionner votre alternateur au niveau global, et les fusibles ou breakers au niveau local.

Fabricant	Matériel	Intensité	Breaker	Fabricant	Matériel	Intensité	Breaker
E-Mag	E-Mag 114	0,35A	3	TCW	Batterie IBBS-12v-3ah	2,2A	5
FlyEFII	EFII-4	1,2A	5 & 10	TCW	Batterie IBBS-12v-6ah	4A	5
FlyEFII	EFII-4R	2,4A	5+5 & 10	TCW	Safety Trim ST-2	1A	2
FlyEFII	EFII-6	1,2A	5 & 15	Trig	Radio TY91	2A	5
FlyEFII	EFII-6R	2,4A	5+5 & 15	Trig	Transpondeur TT21	0,28A	3
LightSpeed	Plasma III 4 cyl	1,3A	5	Trig	Transpondeur TT22	0,34A	3
LightSpeed	Plasma III 6 cyl	2,1A	7,5	RAC	Trim électrique	0,15A	1
AFS	EFIS AF-5400	2,8A	5	Vans	Moteur de volets	3,87A	5
AFS	EFIS AF-5500	2,8A	5	BandC	Excitation alternateur (Field)	N/A	5
AFS	EFIS AF-5600	2,8A	5	BandC	Régulateur de charge	N/A	2
AFS	EFIS AF-5700	2,8A	5	Facet	Pompe à essence (carb.)	1,5A	5
AFS	EFIS AF-5800	2,8A	5	Générique	Master relais	0,72A	N/A
Becker	Radio AR6201	2A	5	Générique	Relais de démarreur	3,17A	8
Becker	Transpondeur BXP6401	0,43A	3	Vans	Pompe à essence (inj.)	3,77A	10
Dynon	EFIS D2	0,6A	1	Générique	Feux de navigation 3x28W	5,27A	7,5
Dynon	EFIS Skyview system	3,5A	5	Générique	Feux de navigation LED	0,15A	3
Dynon	EMS D10	1A	2A	Générique	Phare d'atterrissage 100W	7A	15
Dynon	EMS D120	1A	2A	Générique	Phare d'atterrissage 75W	5,2A	10
Dynon	Servo SV32	1,3A	3	Whelen	Strobes	9,46A	10
Dynon	Servo SV42	2A	5	CO Guardian	Alerte CO	0,08A	1
Dynon	Servo SV52	2,8A	5	Davtron	Horloge M800	0,004A	0,25
Funke	Radio ATR833	1,3A	3	EI	Horloge	0,03A	1
Garmin	ADS-B GDL39	0,25A	1	Garmin	Pitot chauffant GAP26	9,25A	15
Garmin	EFIS G3X GDU370	1,1A	3	Générique	Eclairage tableau (inc.)	0,4A	2
Garmin	EFIS G3X Touch GDU460	2A	5	Générique	Pitot chauffant	6,3A	10
Garmin	EFIS G3X Touch GDU470	1,25A	3	Générique	Sonde essence	0,1A	1
Garmin	EFIS G5	0,25A	5	Princeton	Sonde essence capacitive	0,2A	1
Garmin	G3X ADHARS GSU 25	0,2A	1				
Garmin	G3X EIS GEA24	0,43A	1				
Garmin	G3X Magnetom. GMU 11	0,1A	N/A				
Garmin	G3X Servo AP GSA28	0,36A	5				
Garmin	GNS 430 Nav	2,13A	5				
Garmin	GPSMAP 296	0,2A	1				
Garmin	Pilote auto. GMC307	0,05A	2				
Garmin	Transpondeur GTX 328	1,57A	3				
Lonestar	Refroidisseur Cyclone 21	0,42A	1				
MGL	EFIS / EMS XTreme	0,2A	1				
MGL	EFIS Odyssey Gen 2	1	3				
Sigtronics	Intercom SPA200S	0,03A	1				
Sigtronics	Intercom SPA400S	0,03A	1				

Glossaire et fournisseurs

Glossaire

Alternator (ALT) : Alternateur.

Ammeter shunt : Composant de mesure de l'intensité d'un circuit. Principalement utilisé en sortie de l'ampère-mètre.

AWG : Americal Wire Gauge, aussi symbolisé par GA (pour GAUGE). C'est un standard permettant de classer les câbles selon leur taille. Le chiffre le plus petit correspondant au câble le plus gros. C'est une vision pragmatique issue du processus de fabrication métallurgique: Plus un fil fait de passages au laminoir, plus il devient fin, chaque passage incrémentant son numéro de « Gauge ».

Back up : Secours.

Battery : Dois-je vraiment le traduire ?

Breaker : Disjoncteur. Fusible ayant la capacité d'être réenclenché après avoir détecté une surtension. Certains diraient « pour donner une nouvelle chance au feu de se propager... ».

Contacteur : Utilisé pour caractériser un relais de démarrage ou un master relais. On trouve donc le « Battery contactor » et « starter contactor ».

Crimper : Pince à sertir.

D-Sub : Connecteur Sub-D ou DB comportant de nombreux slots mâle ou femelle. Il existe en version à sertir ou à souder. Existe aussi en densité standard ou haute.

Diode : Composant électronique polarisé, doté d'une anode et d'une cathode et ne laissant passer le courant que de dans un seul sens, tel un clapet anti-retour.

Dual : Double.

EFIS : Electronic Flight Instrument System ou système d'instrumentation de vol électronique.

EMS : Engine Monitoring System ou Système de surveillance du moteur.

Firewall : Cloison pare-feu.

Fuse : Fusible.

Generator (GEN) : Génératrice. Ancienne forme d'alternateur. Lourde et

peu efficace, avantageusement remplaçable.

Grommet : Passe câble.

Ground (GND) : Masse. Littéralement, le « sol ».

Ground loop : Boucle de masse, quand il existe deux chemins de résistances différentes pour rejoindre une masse. Souvent générateur de parasites dans la radio.

Heat shrink : Gaine thermo-rétractable. Elle se rétracte sous l'effet d'un flux d'air chaud (pistolet thermique à décaper) pour protéger des cosses ou des raccords soudés. Cela réduit les vibrations et donc le risque de rupture de la jonction métallique par fatigue.

Main Bus : Bus principal.

Master relay : Relais général, celui qui est censé tout couper. Je dis « censé » car dans certains cas on peut vouloir garder un BUS dit « Chaud » (ou « Hot BUS » en anglais), relié directement à la batterie, pour le cas où ce relais viendrait à défaillir.

Ratcheting crimper : pince à sertir à cliquet, seule capable de garantir la complétude du sertissage.

Regulator ou voltage regulator : Régulateur permettant de contrôler la tension délivrée par l'alternateur.

Shielded : Blindé.

Starter : Démarreur.

Switch : Interrupteur.

Terminal connector : Cosse à sertir ou à souder.

Terminal Nipple : Capuchon de protection des moyennes et grosses cosses. En silicone, souvent de couleur blanche ou marron.

Trim : Ici, actuateur électrique dédié aux compensateurs (direction, profondeur ou ailerons). Les plus utilisés sont de marque RAC (Ray Allen Company).

Unshielded : Non blindé.

Wire stripper : Pince à dénuder.

Quelques fournisseurs

Aircraft Spruce USA & Europe

Généraliste aéro.
www.aircraftspruce.com
www.aircraftspruce.eu

Amazon

On y trouve aussi des outillages.
www.amazon.fr

B and C

Électricité avion et pièces moteur.
www.bandc.aero

Banggood

Supermarché en ligne bien pourvu en électronique et outillages. Grand choix d'interrupteurs et de colliers.
www.banggood.com

Conrad

Électricité et électronique. Grand choix d'interrupteurs.
www.conrad.fr

eBay

Site de vente aux enchères. Pratique pour trouver des outillages d'occasion.
www.ebay.fr

Elec44

Électricité et automatismes, notamment pour les cosses de puissance.
www.elec44.fr

Matériel bateau

Borniers de bus 12 volts.
www.materielbateau.com

RS Particuliers

Électricité et électronique. Grand choix d'interrupteurs.
www.rs-particuliers.com

Saint Quentin Radio

Électronique.
www.stquentin-radio.com

Super Bright Led

Feu clignotant à bas coût, cherchez « Hideaway Strobe Lights ».
www.superbrightleds.com

Terratronic

Cosses de gros diamètre et barrettes de connexion.
www.terratronic.fr

ULM Technologie

Généraliste aéronautique et partenaire de la Fédération RSA
www.ulmtechnologie.com

Bibliographie (en anglais) :

The AeroElectric Connection

de Bob Nuckolls

Plus de 300 pages de référence dans le domaine de l'électricité pour nos gammes d'aéronefs.

A télécharger gratuitement sur :

www.aeroelectric.com

Lien direct:

www.aeroelectric.com/Book/AEC_R12A.pdf



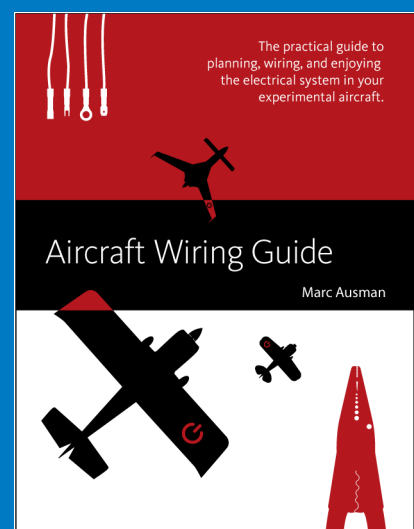
Aircraft Wiring Guide

de Marc Ausman

Créateur des produits Vertical Power, Marc Ausman a rédigé un excellent condensé des bonnes pratiques, en 83 pages.

Ouvrage à commander sur :

www.aircraftwiringguide.com



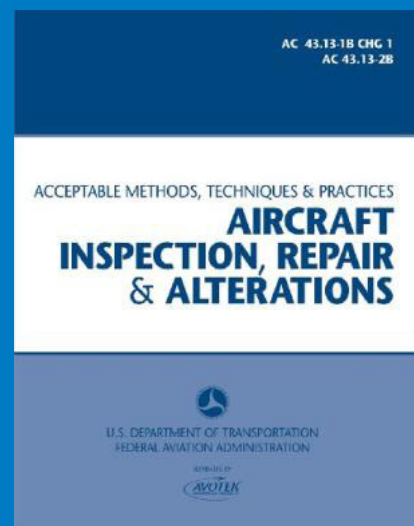
AC 43.13 - Acceptable Methods, Techniques and Practices - Aircraft Inspection, Repair & Alterations

de la FAA

Un recueil très complet couvrant tous les aspects de la réparation des avions légers.

A télécharger gratuitement sur :

www.faa.gov (recherchez « AC43.13 »)

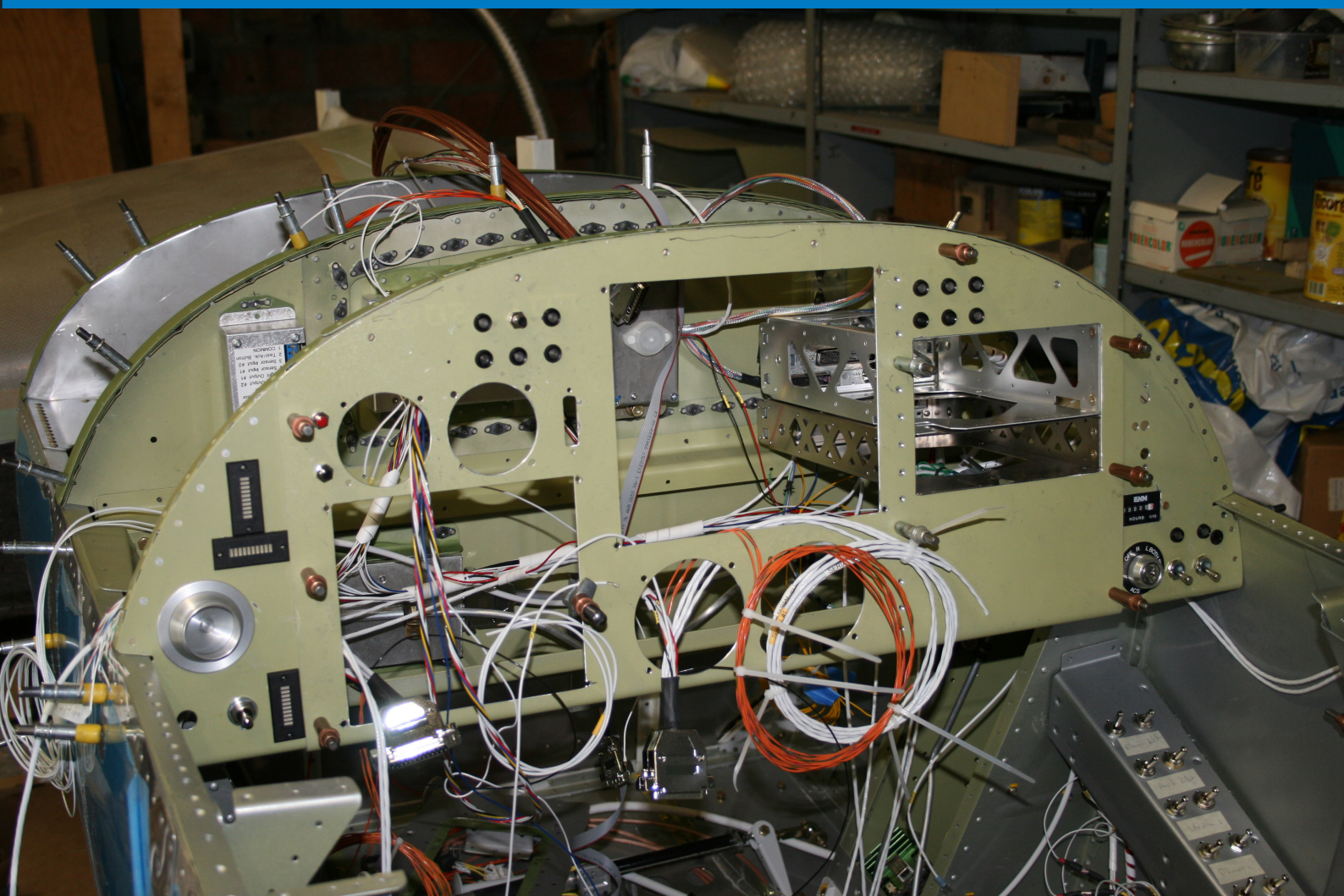


Les Cahiers du RSA

Le magazine des Aviateurs Constructeurs et Restaurateurs d'Aéronefs

Secrets de constructeurs

Électricité (2)



Sommaire :

Introduction
Borniers
Circuit secondaire
Accessoires
Compléments
Volets
Radio et filtre antiparasites
Découverte de l'Arduino

Auteurs :

Patrick Cottreau
Michel Suire
Rémi Guerner

Remerciements :

Gilles Thesée (schéma MCR-4S)

Dossier Électricité (partie 2)

Dans la première partie, nous avons abordé le circuit primaire, c'est-à-dire de la batterie aux BUS de distribution, en passant par le démarreur, l'alternateur et les principes de câblage, puis enfin les outils spécifiques.

Cette seconde partie est consacrée au circuit secondaire. Nous y présentons les principaux accessoires et quelques bonnes pratiques de mise en oeuvre.

Nous commencerons avec les types de borniers de Bus et barrettes de connexion, parce que cela tient sur une page...

Un schéma électrique type est ensuite commenté, l'objectif n'étant pas d'en faire un modèle absolu car toutes nos machines sont différentes.

Nous évoquerons les types d'interrupteurs, les voyants, les fusibles et breakers, les types de prises et quelques outils complémentaires.

Nous entrerons dans le détail de quelques montages spécifiques pour les volets et la radio.

Des produits intégrés sont présentés, avec leurs avantages et leurs inconvénients. S'il peut s'agir d'un vrai poste budgétaire, ces produits sont là pour simplifier le câblage et l'aspect final de cette composante indispensable de l'aménagement de votre appareil. Il s'agit notamment du VP-X de Vertical Power, innovation de rupture apparue il y a déjà 10 ans et qui a déjà conquis de nombreux constructeurs à travers le monde.

Pour terminer sur un autre sujet innovant, je vous propose une introduction à l'Arduino, le célèbre microcontrôleur open source. Il peut vous permettre d'envisager le développement de vos propres instruments, de panneaux d'alarme ou encore d'automatismes embarqués. Ses limites seront celles de votre imagination.

Le sujet de l'électricité étant vaste, nous proposerons ultérieurement un dossier spécifique traitant du câblage de l'avionique, de l'EFIS à l'EMS, en passant par le Pilote Automatique, autour des trois marques les plus représentées en France.

Concevoir et réaliser son électricité de bord est en soi « un projet dans le projet », mais c'est ce qui fait de la construction une si belle aventure.

Nous espérons que les Clubs RSA pourront organiser des stages sur ce sujet afin de vous permettre de pratiquer et d'échanger avec des constructeurs expérimentés.

N'hésitez pas à nous faire part de vos remarques, suggestions, articles et photos par email et surtout à initier des discussions sur le forum du site www.rsafrance.com.

En vous souhaitant de prendre plaisir à construire ou à restaurer en cette nouvelle année 2018.

Patrick Cottureau
aero.patrick@cottureau.org



Les Cahiers du RSA présentent le

Catalogue 2018 des aéronefs à construire




225 fiches détaillées !

De l'ULM monoplace au quadriplace de voyage, en passant par les répliques d'avions mythiques et jusqu'aux ballons, hélicoptères et planeurs... Avec, entre autres, des articles, une bibliographie et les trois réglementations commentées. Un Cahier hors série de 650 pages...

...à télécharger gratuitement
sur www.rsafrance.com



Toutes les marques citées sont la propriété de leurs détenteurs respectifs. La Fédération RSA ne peut en aucun cas être tenue pour responsable de l'application des pratiques citées dans Les Cahiers du RSA.

Borniers de Bus

Dans la première partie, nous nous sommes arrêtés aux Bus, introduisant les notions de Bus principal, Bus essentiel et Bus de masse.

Barre de Bus

Un Bus peut prendre plusieurs formes. Cela peut être une barre métallique reliant les bornes de breakers (Photo 1), ou encore une barre montée sur un support et disposant de vis de connexion (Photo 2).

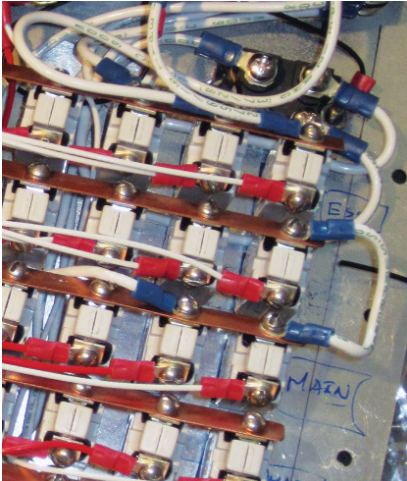


Photo 1 : Barres de Bus connectée directement aux breakers.



Photo 2 : Barre de Bus sur support.

Particularités du Bus de Masse

Une particularité concernant la masse : on peut créer ce que l'on appelle des « boucles de masse » si l'on ne fait pas attention. Par exemple, en fixant un Bus de masse métallique sur une structure conductrice, sans isolant. Le courant va avoir le choix entre deux chemins et il aura une préférence pour celui de moindre résistance. Au premier abord, ça ne semble pas bien grave, « une masse est une masse, c'est pareil », mais c'est une des principales causes de parasites.

Les manuels d'installation de votre avionique (EFIS, EMS...) recommandent à ce titre de regrouper toutes les masses au même endroit.



Photo 3 : Barre de Bus de masse à base de cosses soudées (www.bandc.aero)

Pour les masses, à la place d'une barre sur support, il est maintenant courant d'utiliser une plaque comportant des cosses standard 6,35 mm soudées (Photo 3). Cela existe en 24 ou 48 cosses, par exemple chez www.bandc.aero, mais vous pouvez aussi les faire vous même.

Évidemment, il est possible de conserver un bornier de masse devant la cloison pare-feu (CPF) pour les accessoires moteur (via moteur lui même pour servir le démarreur, l'alternateur, les divers relais, etc.). Dans ce cas, un bornier simple peut suffire (Photo 4).



Photo 4 : Borniers, simple et double.

S'il est utile de relier la cloison pare-feu à la masse, il me semble important de disposer d'une bonne masse séparée.

Un des premiers symptômes d'une mauvaise masse devant la CPF peut être un démarreur poussif. Cela peut même être dangereux si cela laisse les magnétos en position « contact ».

Enfin, rappelez-vous que le circuit de masse doit être dimensionné au moins comme le circuit positif, et bien plus si le câble de masse en question doit servir pour plusieurs accessoires. Il faut juste faire la somme des intensités.

Barrettes de raccordement

Les barrettes de raccordement fournissent une suite plus ou moins longue de raccords simples. Elle permettent de réaliser proprement des branchements multiples (plusieurs accessoires, par exemple les trois feux de nav, sur le même circuit).

C'est toujours mieux de le dire : les dominos de magasins de bricolage sont à proscrire en aviation. En effet, leurs vis ne peuvent être « freinées » et risquent de se desserrer avec les vibrations. On peut ajouter que le mode de serrage blesse les câbles et les rend cassants.

Enfin, pensez à mettre des marquages sur tous vos câbles. Ce petit investissement sera rentabilisé quand vous serez en recherche de panne ou en cas d'évolution de votre circuit.

Patrick Cottureau

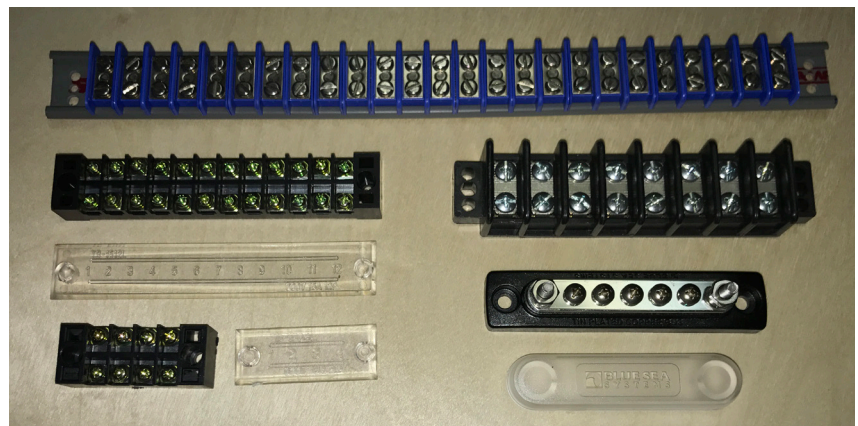


Photo 5 : Exemples de barrettes de raccordement

Circuit secondaire

Une fois le circuit primaire réalisé avec ses borniers de Bus en place (cf. premier dossier), rien n'est plus simple que d'y connecter les accessoires.

Pour mémoire, nous avons introduit les notions de Bus Principal et de Bus Essentiel.

Bus Essentiel

Comme évoqué dans la première partie, le Bus essentiel tend à remplacer le Bus « avionique ». En effet, l'avionique moderne est bien mieux protégée contre les effets du démarrage ou de l'arrêt du moteur, et est même devenue nécessaire au démarrage avec sa fonction EMS (Engine Monitoring System) d'affichage des paramètres moteurs sur l'EFIS.

La fonction du Bus Essentiel est d'alimenter les accessoires indispensables à la conduite du vol, l'idée étant de pouvoir redonder ce Bus pour qu'il puisse être alimenté en cas de panne du Master relais.

On connecte couramment sur ce type de Bus les éléments tels que l'allumage électronique, l'horizon artificiel, le coordonnateur de virage (bille aiguille), le ou les EFIS, la plate-forme AHARS, la pompe électrique, la radio et le transpondeur, bien qu'il y ait des procédures en cas de panne de ces derniers.

Chaque accessoire est relié au Bus avec un fusible ou un breaker, interrupteur le cas échéant, puis le circuit se termine sur le Bus de Masse, avec la même taille de câble du début à la fin.

La redondance du Bus Essentiel est décrite en Partie 1 de ce dossier. Notons que l'usage du VP-X ne retire pas son intérêt au Bus Essentiel.

Bus principal

Le Bus principal va alimenter le Bus Essentiel et... tout le reste.

Même principe de raccordement via un fusible ou breaker et un interrupteur si nécessaire (certains accessoires disposent d'un interrupteur intégré et il est alors inutile d'en rajouter).

Dans le cas du VP-X, décrit plus loin

dans ces pages, le raccordement est différent puisque le breaker se trouve dans le VP-X et que l'interrupteur se comporte comme un transmetteur de signal. En clair, l'accessoire est alimenté par le VP-X et l'interrupteur commande au VP-X de l'alimenter.

L'importance d'une bonne masse

On ne le dira jamais assez : la Masse est aussi importante que le Plus d'un circuit. Ne comptez pas sur une structure métallique pour offrir un retour de Masse « pas cher » et privilégiez un retour direct, avec un câble de même section, et de préférence vers un Bus de Masse unique. La centralisation des masses est fortement recommandée par les fabricants d'avionique.

Si certains accessoires n'ont pas d'autre choix que d'être mis à la masse via leur socle fixé sur la cloison pare feu métallique, ne manquez pas de relier celle-ci directement à la Masse de votre batterie.

Redondance d'un circuit

Si vous souhaitez apporter une redondance à un accessoire qui n'est pas sur le Bus essentiel, ou qui est alimenté par le VP-X, il suffit d'utiliser un interrupteur inverseur simple deux positions (SPDT, voir chapitre suivant).

Le pôle plus de l'accessoire sera raccordé à la broche commune de l'interrupteur et les deux alimentations seront respectivement raccordées aux broches extérieures. La position de l'interrupteur déterminera la source d'alimentation.

Un schéma valant mieux qu'un long discours, le schéma 1 ci-dessous vous résume tout cela.

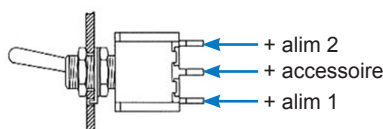


Schéma 1

N'oubliez pas de mettre également un fusible ou un breaker sur la seconde alimentation.

Exemple de circuit

Dès que vous allez chercher des exemples, il va falloir vous familiariser avec les symboles utilisés en électricité. Ca n'est pas bien compliqué car, dans notre cas, ces symboles sont bien moins nombreux qu'en électronique par exemple.

Vous trouverez page suivante un exemple fourni par Gilles Thésée. Il met en oeuvre les concepts de Bus Essentiel et de Bus Principal, avec l'utilisation de deux batteries.

Pour rappel, ce diagramme n'est pas forcément adapté à votre appareil, mais il est un bon exemple de ce que l'on peut être amené à dessiner quand on a une avionique moderne et un allumage électronique.

Conclusion

La réussite de votre circuit secondaire viendra de votre préparation.

Une liste claire des accessoires à raccorder et un choix du Bus à utiliser pour chacun d'eux.

Une réflexion sur le positionnement des interrupteurs sur le tableau de bord, sur les commandes et dans la cabine.

Un choix clair de ce qui sera protégé par un fusible ou par un breaker, ainsi que la position de ceux-ci dans la cabine. Ils doivent être visibles et accessibles.

Une anticipation des passages de câbles, avec toujours à l'esprit qu'il va falloir maintenir vos circuits : rendre possible le démontage avec des connecteurs, ne pas trop éloigner breakers et interrupteurs afin de réduire la longueur et donc le poids des câbles,

Une adaptation de la capacité des interrupteurs aux intensités qui vont les traverser.

Un choix de ce qui sera redondé et de ce qui sera doublé pour permettre au passager d'être autonome le cas échéant (trim par exemple).

Patrick Cottureau

MCR 4S POWER DISTRIBUTION DIAGRAM VERSION 0.1.1
 AUXILIARY BATTERY MANAGEMENT MODULE W/ SWITCH
 AEC / G.THESEE november 18 2002

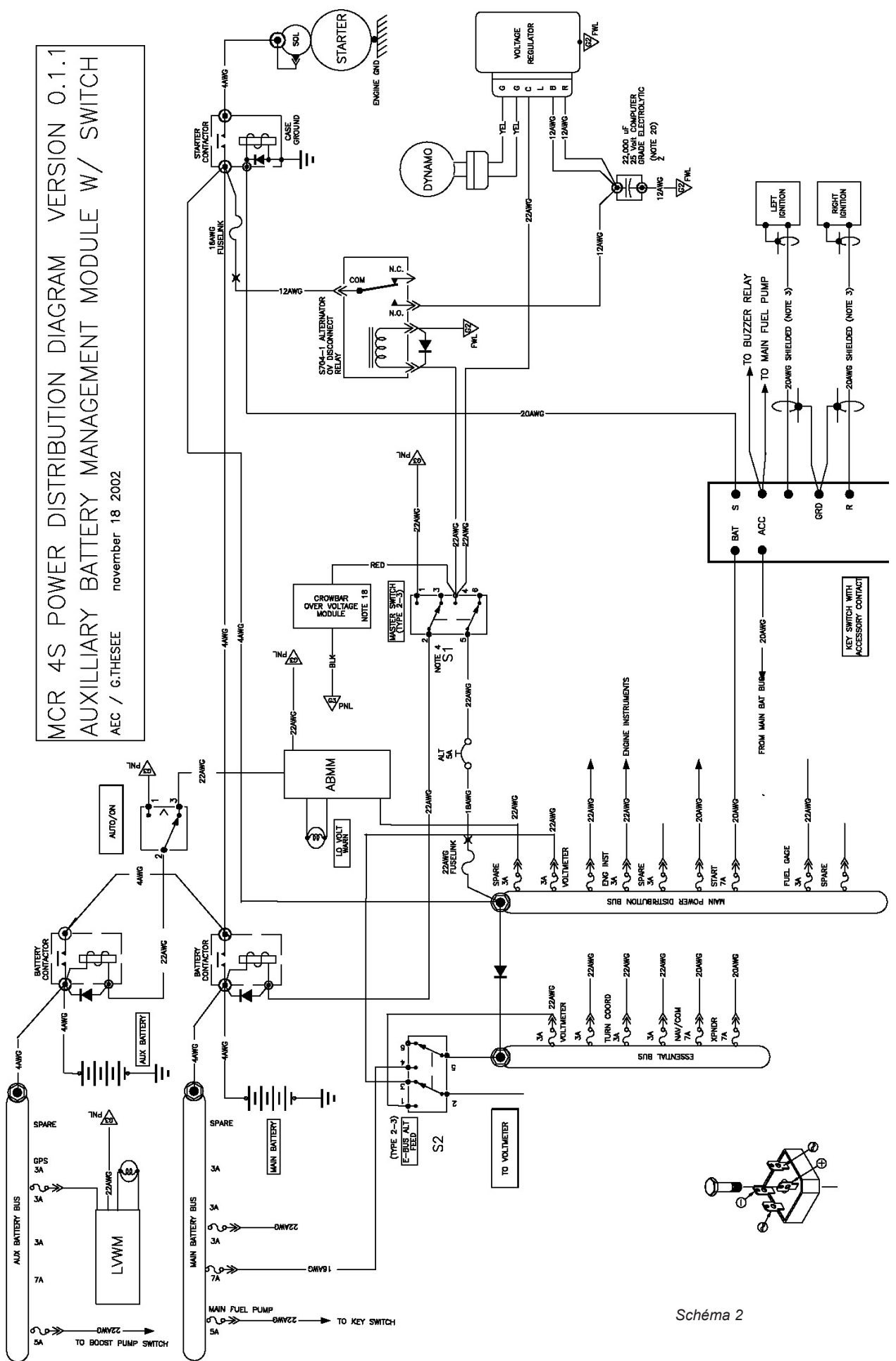


Schéma 2

Interrupteurs & voyants

Le choix d'un interrupteur obéit à plusieurs critères, le premier étant sa capacité à faire circuler une intensité donnée. Une exception cependant avec le VP-X, présenté plus loin dans ce dossier, qui rend l'interrupteur indépendant du circuit commandé.

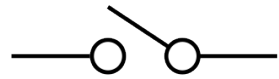
Je mettrais à égalité le prix et l'esthétique comme second critère. Le prix car vous trouverez de tout, de quelques dizaines de centimes à plusieurs dizaines d'euros. L'esthétique vous appartient, mais c'est à prendre en compte assez tôt dans le plan d'aménagement si vous souhaitez avoir un tableau de bord homogène. Le prix n'est pas toujours proportionnel à l'esthétique, alors la recherche de l'interrupteur « parfait » peut prendre du temps !

Troisième critère, la fonctionnalité : il peut disposer de son propre voyant, de plusieurs pôles, ou encore être permanent, momentané ou mixer les deux.

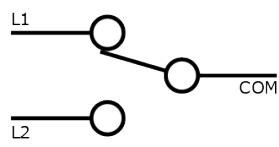
Types d'interrupteurs

Vous verrez des dénominations sous forme d'acronymes pour définir les types d'interrupteurs. En voici les principales :

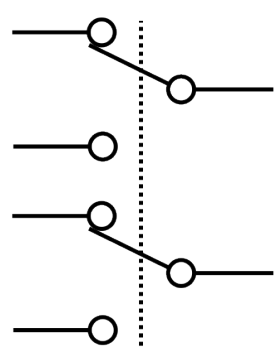
- SPST : Single Pole Single Throw pour un seul pôle et une seule position.



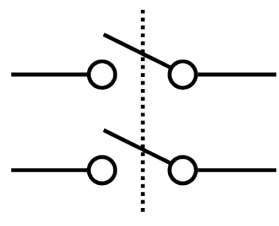
- SPDT : Single Pole Double Throw pour simple pôle et deux positions.



- DPDT : Double Pole Double Throw pour double pôle et deux positions.



- DPST : Double Pole Single Throw pour double pôle et une position.



Cela peut continuer comme cela avec de nombreux pôles et de nombreuses positions, notamment pour les interrupteurs rotatifs (rotary switch en anglais), photo 1 ci-dessous.



Photo 1

Deux autres acronymes importants :

Les interrupteurs « boutons poussoirs » sont souvent « NO » pour Normally Open, c'est-à-dire ouvert par défaut, par exemple un bouton poussoir. Il peut aussi être « NC », Normally Closed, fermé par défaut, par exemple pour un bouton poussoir qui laisse passer le courant jusqu'à une pression qui le coupe.

Quelques exemples sans voyant

Le plus classique, l'interrupteur à bascule SPST. C'est un « toggle switch » en anglais (Photo 2).



Photo 2

Même fonctionnement, mais avec une bascule en façade. Se dit « rocker switch » en anglais (Photos 3 & 4).



Photo 3



Photo 4

Deux versions miniatures, avec des broches à souder, comportant un pôle et deux positions (Photo 5) et trois pôles avec deux positions (Photo 6).



Photo 5



Photo 6

Quelques exemples avec voyant

Le monde a changé et les voyants incandescents ont laissé la place aux LEDs. Celles-ci ont l'avantage d'une durée de vie pratiquement illimitée en regard de l'usage que nous en faisons dans nos appareils. Les couleurs disponibles couramment sont le vert, le rouge, le jaune, le bleu et l'ambre.



Photo 7

Vous trouverez des interrupteurs avec des voyants dans le corps lui-même pour l'illuminer (Photo 7), sur le levier (photo 8), ou sur la bascule (Photo 9). Les formes sont diverses, du carré au rectangle en passant par le rond et l'ovale.



Photo 8



Photo 9

L'alimentation des voyants peut varier sensiblement d'un interrupteur à l'autre. Certains sont séparés (broches dédiées au voyant), d'autres partagent le pôle positif et d'autres le pôle négatif. Il faut l'anticiper lors du câblage.

La photo 10 présente des exemples de boutons poussoirs illuminés. Ils sont soit permanent (reste position), ou momentané (se relâche).



Photo 10

Exemples de voyants seuls

Les voyants seuls peuvent aussi avoir leur intérêt, par exemple pour afficher des alarmes en haut du tableau de bord, ou pour signaler le fonctionnement d'un accessoire commandé depuis un interrupteur sur le manche.

La photo 11 présente des voyants « à l'ancienne », c'est-à-dire avec des lampes incandescentes, équipé d'une position de test. C'était effectivement pratique avant l'apparition des leds, pratiquement inusables.



Photo 11

La photo 12 ci-dessous présente un voyant Led courant.



Photo 12

Bonnes pratiques d'ergonomie

Afin de limiter les risques de mauvaise manipulation, il est recommandé de ne pas aligner plus de cinq interrupteurs identiques. Si vous en avez un grand nombre, il suffit d'intercaler un interrupteur de forme différente ou un voyant pour rompre la série. Essayez également de les ranger par phase de vol : le phare avec les strobes, l'alternateur près du master batterie, etc.

Pour la même raison, il faut impérativement les étiqueter et de façon non équivoque. Vous pouvez trouver facilement des plaques d'étiquettes types ou les imprimer vous même avec des imprimantes à ruban, par exemples les Brother P-Touch ou Dymo LabelManager, pour n'en citer que deux. Ces versions ont l'avantage de permettre l'impression d'images autant que de texte. Vous pourrez également choisir la largeur du ruban et sa couleur. Ces étiquettes peuvent aussi servir à marquer vos câbles. (Photo 13)

« il est recommandé de ne pas aligner plus de cinq interrupteurs identiques »



Photo 13

La cohérence des couleurs de vos voyants doit être soignée. Le rouge ne devrait être utilisé que pour des situations de danger car notre cerveau ne doit pas avoir à se poser en permanence la question de la pertinence de cette lumière rouge qui traîne dans le champ visuel : ça ne doit apparaître que pour alerter.

D'une façon pragmatique, nous pouvons convenir de l'approche suivante :

- Pour un fonctionnement en continu, privilégiez le vert et le bleu.

- Si c'est temporaire (pompe électrique ou transition du train rentrant électrique, par exemples), mettez du jaune ou de l'ambre.
- Si c'est une alarme (pression d'huile ou allumage électronique éteint) mettez du rouge.

Enfin, un voyant d'alerte devrait être dans le champs visuel principal. Regardez où sont situés les barres d'alarme dans les avions d'usine : elles sont au niveau de la casquette du tableau de bord ou juste à coté de l'écran de l'EFIS. Il n'y a aucune raison de ne pas s'en inspirer...

Autres critères d'ergonomie :

- La taille du levier. Plus il est petit, plus il sera difficile à maîtriser en atmosphère turbulent. Il faut alors s'assurer qu'une fausse manipulation n'aura pas de conséquence sur la conduite du vol.
- La direction de la LED en bout de levier lorsque celui-ci est relevé. Il peut être dérangent d'avoir une Led directement dans les yeux.
- La mise en place de protections : il peut d'agir d'anneaux latéraux (présentés dans la première partie de ce dossier), ou de cache de différentes couleurs. (Photo 14)

Le tableau de bord est autant une affaire de goût que de respect de règles de bon sens.

Le choix est immense et il est nécessaire de passer du temps à concevoir son poste de pilotage. N'hésitez pas à en faire une maquette en carton pour en valider l'ergonomie.

Une dernière chose : dans la mesure du possible, il faut veiller à rendre les interrupteurs essentiels accessibles de la main qui ne pilote pas.

Patrick Cottureau



Photo 14

Fusibles et breakers

Nous avons vu dans la première partie la différence entre fusibles et breakers (disjoncteurs).

S'ils répondent au même objectif, c'est à dire la protection des câbles contre une trop forte intensité, la différence de prix est nettement en faveur du fusible, les aspects pratiques font pencher la balance du côté des breakers.

Les fusibles

Ils ont l'avantage d'être très bon marché car issus du monde de l'automobile. Il sont également facile à mettre en oeuvre avec des blocs regroupant plusieurs fusibles (Photos 1 & 2). Cependant, s'il est acceptable de les cacher dans une voiture, ils doivent être accessibles en vol, et c'est là que l'on voit leurs limites.

Photo 1

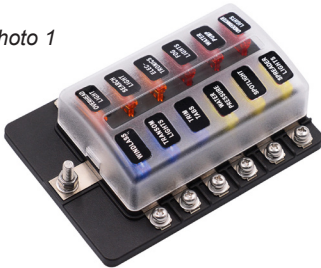


Photo 2



Les fusibles en verre sont peut pratiques car leur intensité de référence est très peu lisible. Il faut privilégier les fusibles de couleur car celle-ci indique sa valeur (Photo 3).

Photo 3



Enfin, il faudra utiliser une petite pince en plastique pour extraire le fusible de son logement. Ceci peut être rendu malaisé par les turbulences. Notez qu'il n'est pas évident de détecter du premier coup d'oeil qu'un fusible vient de sauter.

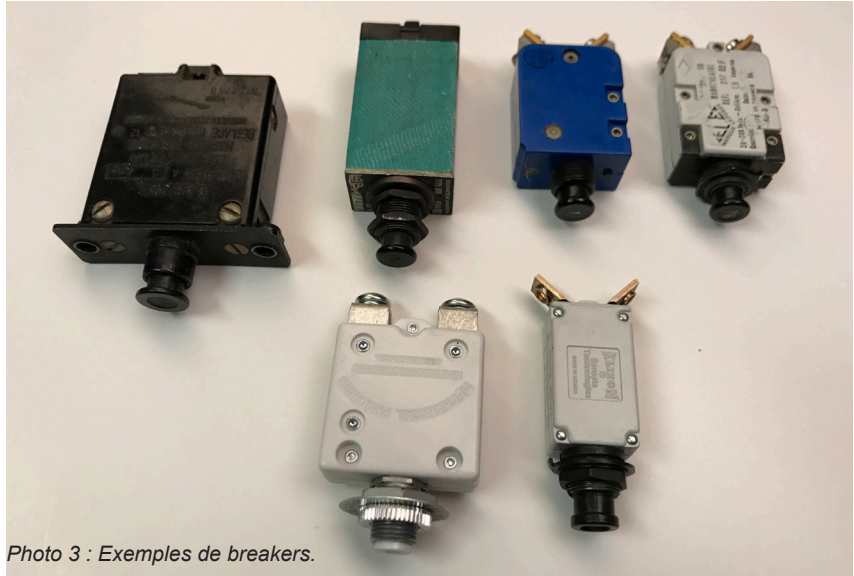


Photo 3 : Exemples de breakers.

Les breakers

Un breaker peut être 25 fois plus cher qu'un fusible, compter 25 € la pièce et une dizaine d'euros en occasion. Il a cependant l'avantage de signaler clairement son déclenchement et sa valeur. De plus, un breaker peut être déclenché manuellement, par exemple pour faire un test.

Il existe plusieurs tailles et de nombreuses valeurs, allant de 1 A à plusieurs dizaines. La photo 3 présente des exemples de breakers. Sur cette photo, vers le bas se trouve le bouton de commande et vers le haut se trouve les connecteurs.

Conclusion

Constituer un panneau de breakers est nettement plus lourds qu'utiliser des fusibles, ce qui peut faire la différence dans le cas d'un ULM.

Enfin, certains pensent que réenclencher un breaker en vol c'est donner une deuxième chance au feu de se déclarer sur le câble incriminé.

Tout cela est une question de budget et de bon sens. Une fois n'est pas coutume, le compromis est sûrement la solution : des fusibles pour les accessoires non essentiels et des breakers pour ce qui peut mériter d'avoir une seconde chance en vol (alternateur, allumage électronique, radio...)

Le choix est le vôtre, c'est vous le constructeur.

Patrick Cottureau

Vous construisez un ULM ?



Rejoignez d'autres passionnés d'aviation !

Fédération RSA

Fédération française des constructeurs et des collectionneurs d'aéronefs

- Un réseau de passionnés d'aviation depuis 1947
- Un annuaire des membres et leurs appareils
- Un magazine spécialisé « Les Cahiers du RSA »
- Un site internet dédié www.rsafrance.com
- Un rassemblement européen annuel Euro Fly-In
- Des Clubs RSA dans toute la France

et une véritable envie de vous rencontrer !

www.rsafrance.com

Présentation du Standard Power Panel

Vous trouverez chez Aircraft Spruce, sous la référence 11-11675, un produit intégré comprenant un ensemble d'interrupteurs, relais et breakers.

Conçu et fabriqué par Composite Design, il dispose de trois Bus et permet de gérer une batterie de secours.

- Le Bus principal est alimenté depuis la batterie principale via le Master Relais.
- Le Bus Radio est alimenté par le même relais, mais est commandé par un interrupteur unique. Il est équipé d'un filtre qui atténue les bruits et les pics dans l'avionique.
- Le Bus essentiel est utilisé pour alimenter les EFIS. Il dispose d'une alimentation de secours dénommée « Power Guard ».

Spécifications

Les dimensions sont 57 mm de hauteur, 330 mm de largeur et 197 mm de profondeur dans le tableau de bord. IL pèse environ 1300 g.

Capable de gérer jusqu'à 80 A, il dispose d'un Bus radio de 25 A et d'un Bus essentiel de 10 A. Il existe en 28 V.

Interrupteurs

Les interrupteurs disponibles sont les suivants :

- Master batterie
- Alternateur Field
- Master Radio
- Phare
- Strobes
- Feux de Navigation
- Pompe à essence
- Réchauffage Pitot
- Circuit disponible

Breakers

Sur le Bus principal :

- Phare
- Strobes
- Feux de Navigation
- Pompe à essence
- Réchauffage Pitot
- Circuit disponible
- Accessoires moteurs

Sur le Bus Radio :

- Radio 1
- Radio 2
- Transpondeur
- GPS
- Intercom ou panneau audio
- Circuit disponible pour avionique

Sur le Bus Essentiel :

- EFIS 1
- EFIS 2
- Instruments de vol
- EMS (Instruments moteur)

Trois versions

Composite Design propose trois versions, la Standard, la Lightspot (LSA) et la Mini.

Ces versions ont des capacités décroissantes et permettent d'optimiser le poids et le coût en fonction de la complexité de votre appareil.

Conclusion

Ces produits peuvent sembler coûteux (Tableau 1) mais ils simplifient drastiquement le câblage de votre tableau de bord, tout en lui apportant un aspect « professionnel ».

Vous verrez page suivante que l'on peut aller encore plus loin, car ces trois produits de Composite Design n'incorporent pas d'électronique et ne sont finalement que des panneaux tous prêts regroupant des éléments disponibles séparément.

C'est à vous de décider.

Patrick Cottureau



Standard



Lightspot



Mini

Site du fabricant :

www.compositedesigninc.com

Version	Prix HT USA	Prix TTC Europe
Standard	\$743	882 €
Lightspot	\$648	767 €
Mini	\$595	705 €

Tableau 1

Présentation du VP-X

Arrivés sur le marché américain en 2007, les produits conçus par Vertical Power ont apporté une rupture technologique dans la gestion du système électrique des avions légers. Ces systèmes de gestion intégrés étaient bien connus du monde automobile et de celui des avions de ligne ou d'armes, mais personne n'avait tenté l'aventure pour notre marché.

Le VP-X propose d'organiser la distribution électrique et de remplacer la quasi totalité des breakers, tout en apportant des fonctionnalités facilitant la gestion des trims, volets et démarreur.

Il ne peut pas fonctionner tout seul et doit être associé avec un EFIS qui lui servira d'écran. Les marques d'EFIS compatibles sont AFS, Dynon, Garmin, GRT, MGL et Levil Aviation.



Photo 1 : Le boîtier VP-X Pro monté sur un panneau de démonstration.

Un VP-X pour quoi faire ?

La première promesse est de simplifier drastiquement la réalisation du circuit électrique secondaire. En effet, les interrupteurs sont câblés séparément des accessoires connectés. Ne faisant circuler que du signal, on peut utiliser des interrupteurs de toutes tailles et même affecter plusieurs accessoires à un même interrupteur, sans câblage additionnel. Les accessoires, quant à eux, sont branchés directement sur les broches du VP-X. Seule la mise à la masse est réalisée de façon externe, c'est-à-dire directement depuis l'accessoire alimenté.

La seconde promesse est de reporter sur l'écran de l'EFIS l'ensemble des alertes et informations relatives au circuit électrique. Il est ainsi possible de voir la consommation de chaque

broche en temps réel. Lorsqu'un breaker saute, il s'affiche immédiatement sur l'écran de l'EFIS et vous pouvez choisir de le remettre en route, ou pas. Ceci fait disparaître le panneau de breakers ou de fusibles qui se trouve parfois peu accessible ou lisible.

La troisième promesse est d'apporter plus de contrôle sur les volets, trims et sur le démarreur.

- Pour les volets, le VP-X permet de les commander par impulsion (une impulsion par cran) et de limiter leur déploiement au dessus d'une vitesse définie. L'affichage de leur position est reporté sur l'EFIS. Il est même possible de commander les volets depuis l'écran de l'EFIS si l'interrupteur venait à tomber en panne.

- Pour les trims, il remplace les interrupteurs bipolaires croisés et le câblage d'un interrupteur de type « chapeau chinois » se fait très simplement. L'affichage de la position du trim reste sur l'EFIS. Une protection contre un déroulé intempestif est intégrée, ainsi que la possibilité de réduire l'efficacité du trim en fonction de la vitesse. Comme pour les volets, il est possible de commander le trim via l'EFIS en cas de besoin.
- Pour le démarreur, le VP-X va neutraliser le circuit de démarrage dès que le moteur tourne. Ceci permet notamment de mettre le bouton de démarreur sur le manche, pratique pour les appareils à train classique qui démarrent manche au vent.

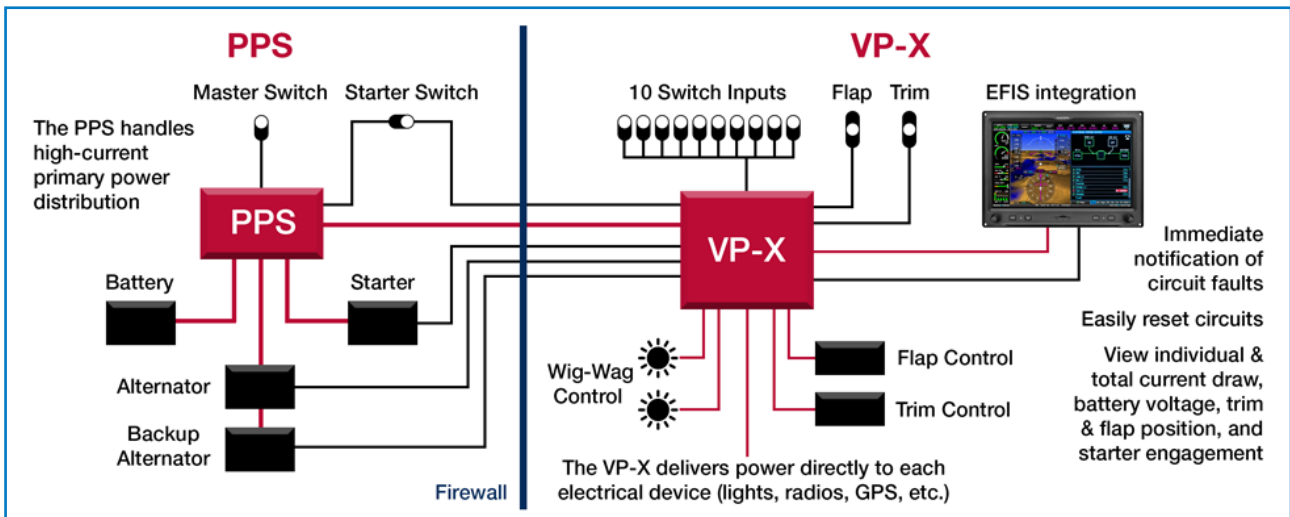


Photo 2 : Vue d'ensemble du système VP-X. Le PPS est un nouveau produit optionnel. (site du constructeur)

A cela s'ajoute la fonction Wig Wag pour les phares d'atterrissage au dessus d'une vitesse définie.

Différence entre les modèles

Le VP-X existe en deux versions : Sport et Pro. Le Pro dispose de 32 ports (8 de plus que le Sport) et d'une redondance interne liée à la présence de deux circuits d'alimentation séparés, avec chacun son processeur.

Dans la plupart des cas, la version Sport suffira largement. Faites cependant le décompte des accessoires à raccorder, vous serez surpris par leur nombre. Notez qu'il est possible de mutualiser les ports pour plusieurs accessoires. Le Tableau 1 présente leurs caractéristiques respectives.

Comment ça marche ?

Le VP-X est avant tout un ordinateur et il va recevoir une programmation décrivant la configuration de votre circuit secondaire. Rassurez-vous, le site Internet du fabricant propose un configurateur très pratique.

Chaque port est doté d'un breaker « solid state », c'est-à-dire sans éléments mécaniques, qui va être réglé selon l'intensité à délivrer, de 1 A à l'intensité maximum du port en question.

Le VP-X dispose d'une entrée +12 V commune à tous les ports.

La dizaine d'interrupteurs est configurée pour commander les 24/32 ports, donc plusieurs ports peuvent avoir le même interrupteur. De plus, certains ports n'ont pas besoin d'interrupteurs, par exemple la radio ou le transpondeur qui ont chacun leur propre interrupteur de mise en marche.

Les interrupteurs étant câblés séparément des accessoires qu'ils commandent, vous pouvez les mettre où bon vous semble, sans avoir à tirer des gros fils sur tout le cheminement. Des fils 24 GA suffisent pour faire passer le signal. Chaque interrupteur est mis à la masse lorsqu'il est fermé.

Le câblage des accessoires est encore plus simple : chacun est alimenté directement depuis le VP-X, avec un fils correspondant à l'intensité nécessaire. Il suffit ensuite de câbler la masse et vous avez terminé.

L'interconnexion avec l'EFIS se fait par liaison série (Tx/Rx).

Le manuel d'installation est très complet et le support, en anglais, du constructeur est réactif et pertinent.

De quoi puis-je me passer avec un VP-X ?

Ce système peut remplacer totalement les éléments suivants : breakers ou fusibles (sauf pour back-up), Anmeter Shunt, module de protection de surtension, alerte de tension faible, système de positionnement des volets, contrôleur de volets, module de limitation de vitesse de sortie des volets, interrupteur à vitesse air, contrôleur de trim, contrôleur de vitesse de trim, indicateur de position des volets et de trim, régulateur de tension pour trim, relais d'avionique et diode de Bus.

Combien ça coûte ?

Le principal inconvénient du VP-X est évidemment son prix, car même s'il remplace des matériels coûteux (notez que 32 breakers neufs à 25 € la pièce ça fait tout de même 800 €), installer un VP-X est plus une question de confort ou d'envie qu'une nécessité.

Vous trouverez le détail des prix en bas du Tableau 1. Il s'agit des prix US, auxquels il faut retirer l'effet du taux de change et ajouter les frais de port et de TVA/douane.

Maintenant, chacun est libre de faire comme il l'entend, c'est le principe même de la construction amateur !

Patrick Cottureau

Site du constructeur :
www.verticalpower.com

Description	VP-X Pro	VP-X Sport
Dimensions (hors connecteurs)	230x170x43 mm	
Masse (hors support et connecteurs)	900 g	
Processeurs	2	1
Redondance des circuits internes	Oui	Non
Sources de tension	2	1
Voltage (plage 6-32 V commune)	14 V ou 28 V 70 A maxi	14 V 50 A maxi
Nombre total de Ports	32	24
- Port de 15 A maxi	3	3
- Port de 10 A maxi	6	5
- Port de 5 A maxi	15	8
- Port de 3 A maxi	1	1
- Port de 2 A maxi	2	2
Connecteurs d'alimentation	3	2
Circuit de démarrage	Oui	
Surveillance du circuit de démarrage	Oui	
Contrôleur de trim de profondeur	Oui	
Contrôleur de trim d'aileron	Oui	
Contrôle du moteur de volets	Oui	
Entrée pour sonde de position des volets	Oui	
Interrupteurs Tableau / Trim & Volets	10 / 6	
Surveillance tension batterie auxiliaire	Oui	Non
Port d'alimentation principal	Oui	
Interface réseau Ethernet	Oui	
Prix public du boîtier	\$2195	\$1495
Kit de connexion (nécessaire)	\$215	\$215
Harnais complet (optionnel, mais remplace le kit de connexion)	\$595	\$525
Support de montage rapide (optionnel)	\$160	\$160

Tableau 1 : Caractéristiques et comparatif VP-X Pro / Sport.

Connecteurs

Nous parlerons ici des connecteurs permettant de connecter plusieurs câbles, sans revenir sur les « cosses » déjà évoquées dans la première partie.

Les connecteurs sont utilisés dans nos appareils pour plusieurs raisons :

- Rendre des accessoires facilement démontables, par exemple le moteur des volets ou le servo d'un Trim).
- Rendre des parties de l'appareil indépendantes, par exemples les ailes et le fuselage, ou le tableau de bord pour un démontage rapide, etc.

Les types de connecteurs mis en oeuvre vont dépendre de l'intensité qui va circuler, des choix des fabricants d'accessoires, de la localisation (intérieur ou extérieur) et du prix que vous êtes prêt à payer.

Localisation

Réglons tout de suite la question de la localisation : Si le connecteur est situé dans un espace susceptible de recevoir des éclaboussures, il est préférable de le choisir avec un certain degré d'étanchéité. La norme IP, pour Indice de Protection, sert à définir ce degré. En ce qui nous concerne, la norme IP65 semble être un minimum pour l'installation dans le puits d'un train d'atterrissage. Elle indique une protection contre les poussières (numéro 6) et contre les jets d'eau de toutes directions à la lance (buse de 6,3 mm, distance 2,5 m à 3 m, débit 12,5 l/min $\pm 5\%$). Tout connecteur au dessus de IP65 sera donc parfait.

A l'intérieur du fuselage, aucune protection particulière n'est requise. Pensez tout de même à protéger l'arrière de votre tableau de bord si l'ouverture de la verrière le rend sensible à la pluie.

Le prix

Une fois encore, la qualité sera directement dépendante du prix. Même si votre appareil va être amené à voler plus de 40 ans, il ne semble pas utile d'aller jusqu'à monter des connecteurs d'avion de chasse ou d'avion de ligne, même d'occasion. Non seulement ils seront chers, mais ils seront probable-

ment très lourds pour l'usage et la fiabilité dont nous avons besoin. C'est un domaine où le mieux devient l'ennemi du bien...

Sans aller jusqu'à ces extrémités, il est bon de savoir, par exemple, qu'un connecteur Sub-D DB25 à souder vous coûtera environ 1 à 4 € alors que la version avec des broches à sertir vous reviendra à plus de 15 €, hors boîtier qui est le même pour les deux versions.

Quand vous passerez commande, notez que bien souvent, les broches sont vendues séparément des corps de connecteurs, parfois même les parties mâles et femelles sont également séparées.

Choix des fabricants

Les fabricants d'avionique ne font pas tous les mêmes choix en termes de connectique ou de type de réseau de bord. Nous verrons cela dans un prochain dossier.

La plupart du temps, nous allons rencontrer les connecteurs courants suivants.

Connecteurs courants

Nous allons rencontrer des connecteurs variés, les plus courants étant le Sub-D standard et sa version haute densité, et les prises plastique Molex et dérivées, sans oublier les prises étanches.

Dans tous les cas il faut veiller à disposer d'un verrouillage positif de la connexion, c'est à dire d'une impossibilité de désolidariser les connecteurs en tirant simplement sur les câbles. Les prises Sub-D réalisent ce verrouillage par vissage, les autres le font avec des crochets en plastique. Si vous n'avez pas le choix, pensez à relier les connecteurs avec des colliers de serrage en plastique.

Nous n'aborderons pas ici les cas des prises USB ou RJ45 qui sont plus du domaine de l'informatique et pour lesquelles il est préférable d'utiliser des câbles du marché.

Connecteurs Sub-D standard

La version à souder est présentée Photo 1. Elle nécessite un travail



Photo 1



Photo 2

minutieux et il est recommandé de recouvrir les soudures avec une gaine thermorétractable pour éviter les faux contacts.

La version à sertir est beaucoup plus pratique à utiliser car elle comporte des broches à sertir sur les fils dénudés, ces broches étant ensuite insérées dans le corps du connecteur. Ces connecteurs sont souvent ceux fournis avec les radios ou l'avionique.

Elle est assez difficile à trouver en France et vous pouvez la commander, par exemple chez Steinair aux USA (www.steinair.com) ou chez BandC (www.bandc.aero).

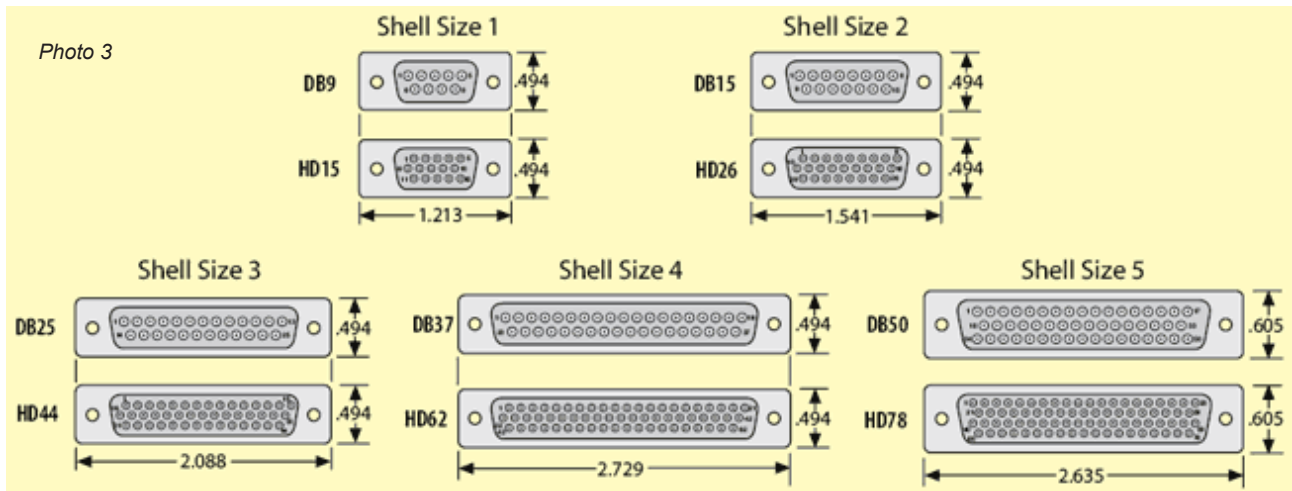
Une seule pince à sertir est nécessaire pour les broches mâles et femelles. Référez-vous à la première partie dans le Cahier #296.

Le boîtier le plus courant est en plastique, présenté en Photo 2. Il existe des boîtiers métalliques, mais ils sont sensiblement plus coûteux et plus lourds. S'il n'y a pas besoin d'un blindage particulier, le plastique fera l'affaire.

Enfin, je me permets de rappeler que pour raccorder deux prises ensemble, il faut une mâle et une femelle.

Connecteurs Sub-D haute densité

Même description que la version standard, sauf qu'au lieu des 9 broches, la prise de la taille d'une DB-9 va en comporter 15 pour devenir une DB15HD, celle de la taille d'une DB-15 devient une DB-26HD, la DB-25 devient une DB-44HD, la DB-37 une DB-62HD et la DB-50 une DB-78HD, du moins pour celles qui nous concernent. Vous verrez aussi des dénominations HDxx.



Inutile de chercher à souder avec des broches aussi rapprochées. Les broches mâle (pin) et femelles (socket) doivent être serties puis insérées dans le corps de leurs connecteurs respectifs.

Attention cependant, deux formats de pince à sertir sont à utiliser dans les cas des hautes densités. Ceci est décrit dans la première partie concernant les outillages spécifiques, notamment la pince DMC-08.

La photo 3 présente les arrangements de broches des connecteurs Sub-D courants en densité standard et haute densité.

Comment retirer une broche d'un connecteur Sub-D?

Il y a deux catégories de constructeurs : ceux à qui c'est déjà arrivé, et ceux à qui ça n'est pas encore arrivé...

En fait, il existe des outils spécifiques (exemple photo 4) pour retirer ce type de broches. Ils coûtent entre \$5 et \$7, toujours chez Steinair (www.steinair.com avec le mot clé « removal »). En cherchant bien, vous trouverez des vidéos sur YouTube expliquant la manipulation.

Pour résumer, l'outil en question est

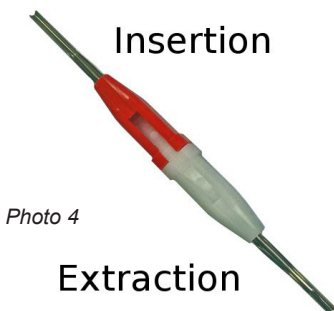


Photo 4

inséré dans le corps de la prise, côté câble, de façon à faire coulisser le câble à l'intérieur de l'outil, comme une bague ouverte. Ensuite, il suffit de pousser avec l'outil et de tirer doucement sur le câble. Pour comprendre le besoin d'un tel outil, il faut savoir que le corps de la prise contient des bagues métalliques chargées de retenir les broches. Si vous abîmez une de ces bagues, la connecteur est bon à jeter.

Ces outils sont adaptés chacun à un type de connecteur et peuvent aussi aider à l'insertion des broches.

Connecteurs Molex

Ils sont constitués de corps en plastique (photos 5 & 6) dans lesquels on insère des broches préalablement serties (photos 7 & 8). A titre personnel, j'ajoute une goutte de soudure sur les pattes rabattues lors du sertissage. Il est possible de retirer les broches



Photo 5



Photo 6

après insertion, mais cela nécessite un outillage pour repousser en même temps les deux pattes de blocage latérales (on les voit bien sur les photos).



Photo 7

Photo 8

Connecteurs dérivés

Sur le même principe que Molex, vous trouverez des connecteurs meilleur marché sur de nombreux sites. Leurs connecteurs peuvent être plats ou cylindriques. Dans tous les cas, veillez à leur verrouillage.

Connecteurs protégés

Toujours chez Steinair, on trouve des ensembles de prises sous la dénomination CPC (photo 9). Leur nombre de broches est variable : 9, 16, 28 ou 37. Ces connecteurs sont proposés en



Photo 9

version avec des prises libres ou en version « passage de cloison ». Comptez \$20 à \$25 pour un ensemble de corps, plus environ \$1 par broche et \$19 pour l'outil d'insertion / extraction. Des modèles simples existent sur des



Photo 10

sites tels que Banggood, en cherchant « waterproof connector » (photo 10).

Patrick Cottureau

Outils spécifiques (suite)

Cette page complète la liste des outils nécessaires à la réalisation du câblage.

Multimètres

Compte-tenu des prix actuels, il me semble inutile d'investir dans un multimètre à cadran. Privilégiez les modèles à affichage numérique. Vous en trouverez pour moins de 20 euros port compris chez Banggood, par exemple. (Photo 1).



Photo 1 : Multimètre classique

Vous pouvez également vouloir mesurer l'intensité circulant dans un câble. Pour cela, il faut un multimètre spécial comportant une pince à collier pour réaliser cette mesure, fil par fil. En effet,



Photo 2 : Multimètre avec mesure d'intensité

il faut isoler le fil dont on veut connaître l'intensité circulant, inutile d'y placer un ensemble de fils. Certains appareils ne sont pas destinés à la mesure du courant continu (DC), il faut donc bien choisir son modèle, par exemple l'Uni-T UT210E, une trentaine d'euros, toujours chez Banggood (Photo 2).

Fer à souder

Un fer à souder de qualité vous permettra de relier des fils ensemble ou de brancher des prises D-Sub. Il doit être suffisamment fin pour faire un travail de précision. Privilégiez un réglage de température, par exemple 60 W 200-450°C, ça ne coûte pas plus cher. Vous en trouverez également chez Banggood pour moins de 10 euros. Veillez à choisir la prise de courant de type européen. (Photo 3).



Photo 3 : Fer à souder réglable

Le fil d'apport est composé d'un alliage de plomb et d'étain. Vous trouverez plusieurs diamètres : trop fin, il sera difficile à manipuler, trop gros, vous en mettez... trop. J'utilise de 0,8 à 1 mm et je chauffe à 300°C mais je vous encourage à faire des essais (Photo 4).



Photo 4 : Rouleau de fil à souder

Un support comportant une éponge vous permettra de poser votre fer chaud et de le nettoyer après chaque utilisation. Vous pouvez aussi nettoyer votre fer chaud en le plongeant dans une boîte contenant de la paille métallique. (Photo 5).



Photo 5 : Boîte de nettoyage

Une troisième main

On se rend vite compte que deux mains ne suffisent pas quand il faut tenir les éléments à souder.

Vous avez alors trois options : demander de l'aide, utiliser un bouchon d'aérosol fendu pour tenir les fils à souder (Photo 6), ou encore investir une vingtaine d'euros dans un support de compétition incluant une grosse loupe



Photo 6 : Support pour souder des fils avec seulement deux mains.

Compléments

Suite à la parution de la première partie, nous avons reçu quelques informations complémentaires.

Alternateur Rotax

Rémi Guerner nous apporte cette précision concernant les PMA (Permanent Magnet Alternators). L'alternateur de secours B&C de la photo 3 page 38 (Cahier #296) est de ce type, ainsi que l'alternateur intégré des moteurs ROTAX.

Ce type d'alternateur ne peut pas être désactivé puisqu'il n'a pas d'excitation, il est donc actif en permanence, dès qu'il tourne. Un interrupteur permet de déconnecter du BUS la sortie régulateur en cas de problème.

Avec ce type d'alternateur, il est indispensable d'avoir une détection de surtension avec voyant d'alarme ou mieux un système de déconnexion automatique (crow bar). Il est également indispensable d'installer en parallèle sur la sortie du régulateur un condensateur (22000 microF-25V pour un système 12V) afin de filtrer les crêtes de tension.

L'alternateur déconnecté du BUS peut alors être utilisé pour continuer à alimenter une fonction critique (une des pompes électriques du Rotax 914 par exemple).

Par ailleurs, concernant le câblage du relais de démarreur (page 37 du Cahier #296) : Pour assurer sa fonction avec tous types de relais, le voyant « starter engaged » doit être alimenté par la borne qui est reliée au + démarreur.

Une bonne masse !

Toujours sur Rotax, une recherche de panne sur un 618 a montré qu'il n'est pas suffisant de connecter le moteur à la masse par un boulon de démarreur.

En effet, la documentation indique un strap entre le boulon du démarreur et le carter moteur (Photo 8 ci-contre).

Il a aussi été ajouté un câble de masse entre la batterie et le boîtier du régulateur, monté sur la cloison pare feu, qui servait de masse pour plusieurs accessoires.

Tout est rentré dans l'ordre.

Électricité sur avion de collection

Une demande de Jean-Pierre Chellet (jpierre.chellet@gmail.com) qui nous a contacté car il est à la recherche d'informations sur les technologies de substitution de certains éléments liés aux génératrices de l'époque, tels que les populations de filtres radio, le gainage métallique systématique du câblage et la régulation de tension.

Quelqu'un pourrait-il l'éclairer sur ces sujets ?

Évidemment, nous serons preneur d'un article le cas échéant.

Quelques liens utiles

Le site de Gilles Thésée qui partage son expérience de construction d'un MCR 4S :

<http://contrails.free.fr>

Le site du Club RSA d'Étampes, avec la documentation technique mise en ligne par Michel Suire :

<http://rsaetampes.free.fr>

Le site de l'Aero-club de Hesbaye et sa rubrique « Technique » puis « Circuit électrique », avec des articles spécifiques au moteur Rotax :

www.aero-hesbaye.be



Photo 7 : Support « troisième main »

éclairée, deux pinces réglables et de quoi nettoyer et poser votre fer. (Photo 7)

Faire des trous ronds

Vous avez sûrement remarqué que les forêts classiques ne permettent pas de faire des trous parfaitement ronds dans les tôles, notamment pour les interrupteurs et breakers.

L'utilisation de « carottes » apporte la solution. Il suffit de faire un avant trou bien centré, et de terminer avec les forêts à étage jusqu'au diamètre attendu. Comptez une dizaine d'euros pour un ensemble de trois forêts (recherchez « Step Drill Bit »), toujours chez Banggood. (Photo 7).

Ils sont également très pratiques pour percer les pièces en composites.

Patrick Cottereau



Photo 7 : Forêts à étage (métrique).

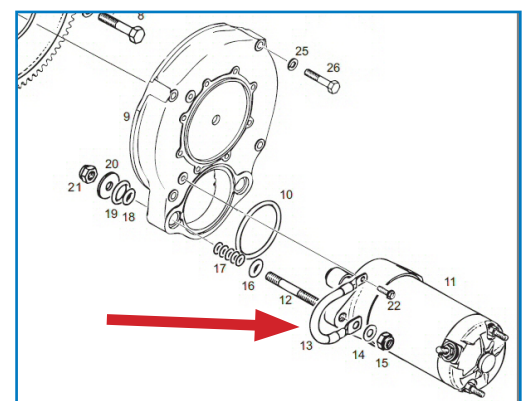


Photo 8 : Strap de masse Rotax 582/618

Gestion des volets

Àu premier abord, on imagine qu'il suffit de mettre un interrupteur et que le tour est joué. C'est avant de faire un inventaire des solutions disponibles pour gérer les volets... car elles sont nombreuses.

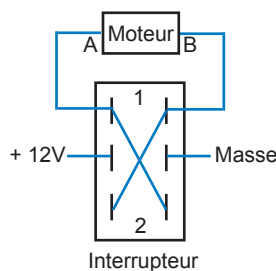
En fait, un simple interrupteur DPDT avec un câblage croisé permet, en le maintenant appuyé, de commander la sortie ou la rentrée des volets. Cela peut en rester là si l'on a la possibilité de les regarder bouger, et surtout si on a le temps d'attendre.

Ca se complique un peu si l'on veut ajouter un indicateur au tableau de bord, car il faut mesurer leur position de façon fiable.

Maintenant, si vous voulez que les volets passent directement d'un cran à un autre avec une simple impulsion, cela devient un vrai projet mécanique.

La solution simple

La solution simple consiste à brancher le moteur des volets sur un interrupteur DPDT momentané (ON)-OFF-(ON), la position centrale étant permanente. Pourquoi un double pôle ? Simplement parce qu'il va falloir inverser les pôles en entrée du moteur pour le faire fonctionner dans un sens puis dans l'autre. Le schéma ci-dessous présente un tel branchement.



Quand l'interrupteur est mis en position 1, la borne A est reliée au pôle +12V et la borne B à la Masse et le moteur part dans un sens. Quand il passe en position 2, c'est l'inverse grâce aux connexions croisées, et le moteur tourne dans l'autre sens. Notez qu'il n'y a évidemment pas de contact entre les deux fils croisés (si ça peut éviter un court circuit...).

Cette représentation omet volontairement le fusible ou le breaker, à positionner entre le Bus +12V et l'interrupteur. Elle omet aussi les éventuels interrupteurs de limite, permettant de couper le courant lorsque le moteur arrive dans les positions extrêmes.

La photo 1 ci-dessous présente un interrupteur dont la bascule a été rallongée avec une plaque symbolisant un volet. Ce format est le standard du point de vue de l'ergonomie.



Photo 1 : Interrupteur standard pour volets (Photo www.steinair.com)

Indicateur

Plusieurs options s'offrent à vous pour afficher la position, des volets :

- Le faire vous-même avec des voyants activés par des interrupteurs situés à chaque position des volets, ou encore une barre de LEDs avec un peu d'électronique et un potentiomètre.
- Acheter un indicateur du marché et son capteur dédié. (Photos 2 & 3).
- Monter un capteur et le connecter à l'EFIS, le capteur le plus courant étant le POS12 de RAC (Aircraft Spruce Ref. 11-01321 \$34,5 HT USA, 43€ en Europe) (Photo 4).
- Installer un module de gestion complet permettant, par exemple, de limiter la sortie des volets en fonction de la vitesse propre.

Montage du POS-12

Le montage du POS-12 est très simple, il suffit de lui adjoindre une biellette. Cependant, il ne faut pas l'amener en buté et il est recommandé de laisser 10% de jeu à chaque extrémité. La course totale est de 30 mm (1,2").

Si vous voulez des exemples, cherchez les images représentant « flap POS-12 » sur votre moteur de recherche préféré. Dans les sites en Anglais, une biellette se dit « pushrod » et la fourche d'articulation se dit « clevis ».

Pour le branchement, suivez simplement le manuel de l'afficheur.



Photo 2 : Afficheur UMA 5 positions

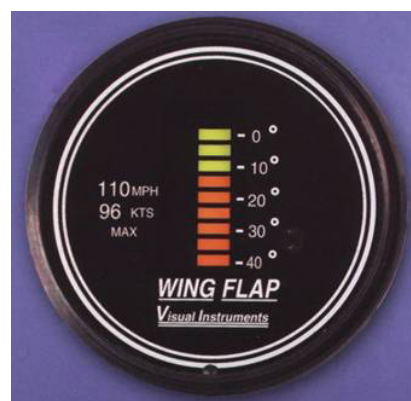


Photo 3 : Afficheur à Leds Visual Instruments



Photo 4 : Potentiomètre POS-12

Exemples de produits du marché

À titre d'information, voici quelques modules disponibles sur le marché, sans exhaustivité. Je ne les ai pas essayés et je vous encourage à contacter d'autres membres via le Forum RSA pour avoir des retours d'expériences.

TCW

IFC-10 Intelligent Flap Controller

L'IFC-10 de TCW est un contrôleur électronique conçu pour gérer un actuateur courant continu. Il se commande via l'interrupteur standard DPDT de type (UP)-OFF-(DOWN). Grâce à un capteur de pression branchés sur les Pitot et Statique, il permet d'empêcher la sortie des volets au dessus d'une vitesse définie.



Photo 5 : Module TCW IFC-10

Il permet également de disposer de deux interrupteurs pour le pilote et le copilote, en gérant l'éventuel conflit si les deux sont activés simultanément en sens inverses. Il ne nécessite aucun capteur de position et est compatible avec le module TCW de contrôle de Trim (Safety Trim)

Prix : \$215 HT USA, faisceau \$59.
Fabricant : www.tcwtech.com

Show Planes Flap Positioning System

Le module FPS de Show Planes apporte une gestion des volets par impulsion.

Chaque impulsion permet de mettre les volets sur le cran suivant, vers le haut ou vers le bas. Il n'est plus nécessaire d'attendre et de suivre les volets du regard. Il existe deux versions, celle avec un interrupteur deux positions, et celle avec un interrupteur trois positions pour gérer trois positions de volets (approche, milieu et plein volets) ou le mode « reflex », c'est à dire le cran de volets négatif en croisière.

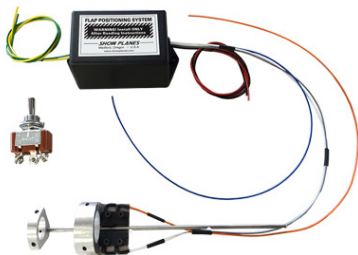


Photo 6 : Module Show Planes FPS

Le FPS est compatible avec l'actuateur fourni par Van's Aircraft.

Prix : \$225 HT USA.
Fabricant : www.showplanes.com

Aircraft Components eFlaps Flap controller

Le contrôleur eFlaps est un module électronique permettant de positionner automatiquement les volets sur une position prédéfinie.

Chaque bouton est illuminé en vert sur la position sélectionnée.

La position des volets est fournie soit par un POS-12 ou similaire, soit par le potentiomètre interne de l'actuateur le cas échéant.



Photo 7 : Module eFlaps

Il peut être monté verticalement ou horizontalement.

Prix : \$185 à \$200 HT USA (225 à 240 € TTC en Europe)
Source : www.aircraft-spruce.com

Aircraft Extra FPS-Plus

Le module FPS-Plus est une gestion complète des volets par impulsion. Dix positions peuvent être paramétrées et l'on passe de l'une à l'autre en pressant une fois, dans les deux sens. Quand on reste appuyé plus d'une seconde sur le bouton de rentrée des volets, la rétractation devient complète.

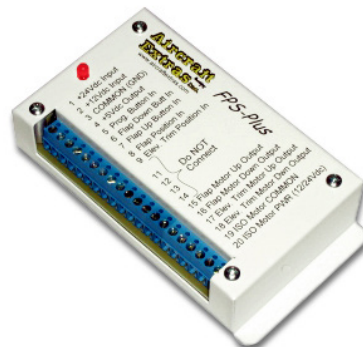


Photo 8 : Module FPS-PLUS

La fonction « Plus » permet de paramétrer le compensateur (Trim) pour chaque position de volets.

Le module fonctionne en 12 ou 24V et est compatible avec la plupart des actuateurs et indicateurs (non fournis). Les interrupteurs de limite ne sont pas nécessaires. Il existe également pour le mode Reflex (volets négatifs en croisière).

Prix : \$189 à \$284 HT USA
Fabricant : www.aircraftextras.com

Garmin GAD-27 pour EFIS G3X

Le module GAD-27 est un contrôleur additionnel faisant partie de l'EFIS Garmin G3X Touch.



Photo 9 : Module Garmin GAD-27

Il apporte les fonctionnalités suivantes :

- Contrôleur de volets programmable
- Contrôleur de commande de compensateurs (pilote & copilote)
- Gestion de l'éclairage de bord
- Gestion des phares (Wig Wag)
- Stabilisateur de tension
- Entrées d'alarme additionnelles

Concernant les volets, leurs positions sont programmables à partir de l'écran de l'EFIS G3X Touch pour commander l'actuateur et amener les volets automatiquement aux positions pré-programmées, à la demande du pilote.

Le système permet d'empêcher le déploiement involontaire des volets à haute vitesse.

Prix : \$499 HT USA, connecteur \$85
Source : www.aircraft-spruce.com

Conclusion

La gestion des volets est un sujet totalement lié à l'ergonomie : soit vous pouvez prendre le temps d'attendre que les volets changent de position en restant appuyé sur le bouton, soit vous préférez appuyer une fois et porter votre attention sur autre chose.

Une fonctionnalité permettant de limiter la sortie des volets au dessus de la V_{FE} , similaire à celle du VP-X décrit plus avant, apporte un degré de sécurité supplémentaire.

Patrick Cottreau

Radio et filtre antiparasites

En cette période de renouvellement des radios vers la norme 8.33, il s'agit ici de rappeler les bonnes pratiques du câblage d'une radio VHF.

Norme 8.33

Pour mémoire, 8.33 kHz (prononcez huit trente-trois) correspond à l'espacement entre deux fréquences. Il était jusqu'à présent de 25 kHz. A titre d'exemple, la fréquence suivant 123.500 MHz était 123.525, elle est maintenant 123.50833 MHz, suivie par 123.51666 MHz, pour enfin retrouver 123.525 MHz. Ceci permet d'augmenter le nombre de canaux disponibles, mais oblige à remplacer les anciennes radios qui, du fait des tolérances précédentes, risquent de déborder sur les nouveaux canaux adjacents. En aviation, même si des canaux ont été définis par un espacement standard, on les appelle toujours par leurs fréquences respectives.

Installation type

Le schéma présenté est une vue standard et il faut, bien évidemment, suivre celui fourni avec votre radio.

Deux expériences récentes m'incitent à vous rappeler de bien comparer les

dates et versions des schémas fournis dans la documentation papier et celle que vous pouvez télécharger sur le site Internet du fabricant.

Le Diagramme 1 présente l'installation la plus courante. Notez qu'il est de plus en plus rare de monter un haut parleur externe, l'usage des casques étant maintenant généralisé, non seulement pour mieux entendre le trafic, mais aussi pour protéger nos oreilles.

Le principal point d'attention concerne le câblage des micros. Il est nécessaire de blinder le câble Mic+, le blindage étant relié à la masse. Selon votre radio, il se peut qu'il y ait une broché spécifique pour le Mic-. Cela ne retire pas le besoin de blindage.

Si vous vous demandez pourquoi il y a trois broches sur les prises micro, sachez que la troisième sert au micro à main qui dispose d'un PTT (Push To Talk = Appuyez pour parler). En l'absence de micro main, cette fonction est traditionnellement installée sur le manche pour plus de confort. Il est alors inutile de câbler cette troisième broche, sauf si vous avez prévu d'avoir un micro à main en secours.

Les prises casques peuvent être mono

ou stéréo. Veillez à les rendre accessible en vol, tout en évitant la possibilité de les cogner, par exemple avec le genou.

Intercom

L'intercom peut être interne ou externe.

Lorsqu'il est interne, il est pratique de monter l'interrupteur optionnel permettant de le neutraliser. En effet, votre passager peut être tenté de passer un appel téléphonique avec son casque Bluetooth® pendant le roulage...

Lorsqu'il est externe, ce sont vos prises casques et micros qui vont s'y raccorder. La neutralisation est alors possible avec le bouton marche/arrêt.

Si les radios sont par construction en mono, le montage de prises de casques stéréo est possible, si l'intercom le permet, notamment pour permettre l'écoute de musique avec une bonne qualité.

Une fonction d'isolement du pilote et/ou de neutralisation du signal musical en cas de transmission fournira le bon niveau de sécurité pour la conduite du vol.

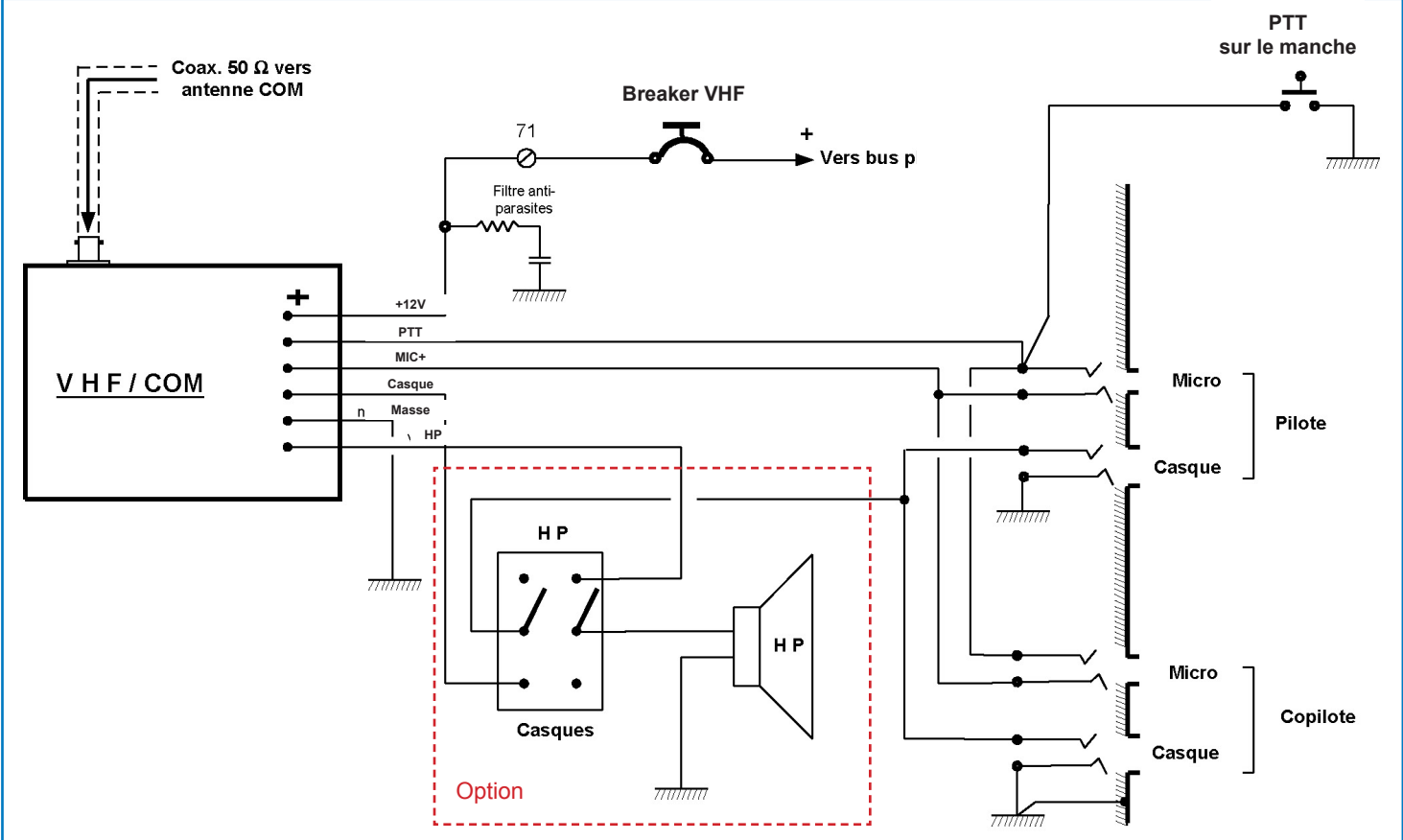


Diagramme 1 : Installation radio typique pour information uniquement. Référez-vous à la notice de votre radio.

Filter antiparasites

La solution présentée a été définie d'après l'ouvrage de Bob Nuckolls.

Il s'agit de protéger la radio des parasites avec une double approche : filtrer la radio en entrée et filtrer les appareils sources de parasites en sortie.

Les filtres sont conçus en fonction de l'intensité à faire circuler. Ils sont composés d'une inductance et de deux condensateurs.

Notez les sens d'entrée et de sortie car il va être différent en fonction de l'usage que vous en ferez : l'entrée côté +12V pour une radio et inversement pour un « générateur » de parasites.

Les deux types de composants mis en oeuvre sont présentés sur les Photos 1 & 2 ci-dessous.



Photo 1 : Condensateur axial

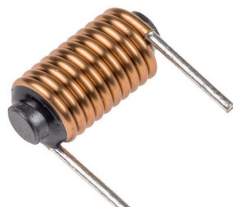


Photo 2 : Inductance de puissance

A titre d'exemple, voici les références matériels utilisés obtenus chez St Quentin Radio (cf. adresse Dossier 1) et <http://fr.rs-online.com> pour les inductances :

Composant commun :

- Condensateur 1µF 63 V, axial - série ASM, Ref. D039. Prix : 1,5 €.

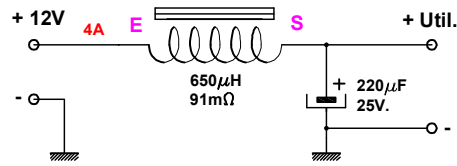
Filter 4 A :

- Condensateur 220 µF 25 V, axial - série ASM, BCcomponents. Ref. D084. Prix : 2,5 €.
- Inductance 650 µH / 91 milli-Ohm. Ref. : 769-0596. Prix : 7,23 €

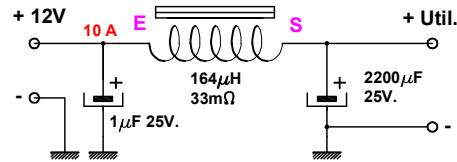
Filter 10 A :

- Condensateur 2200 µF 25 V, axial - série ASM, BCcomponents.

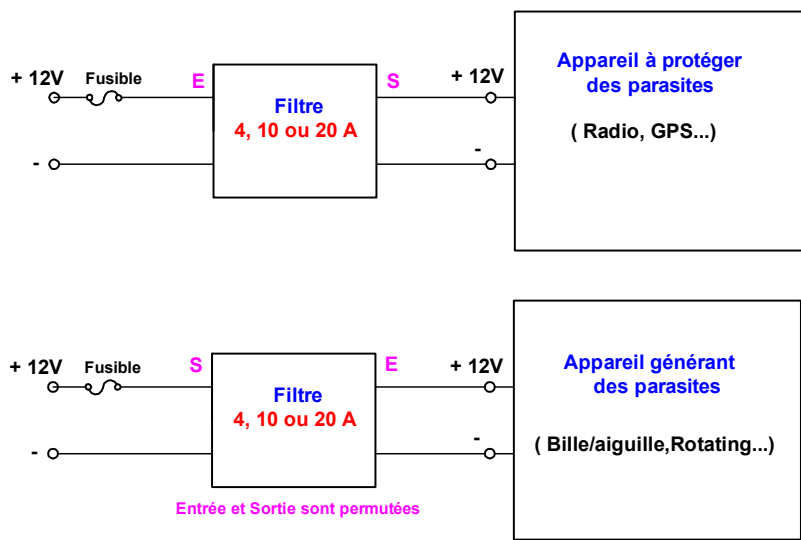
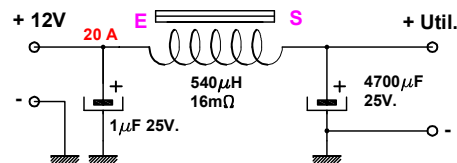
Filter 4 Amp.



Filter 10 Amp.



Filter 20 Amp.



Ref. D110. Prix : 2,5 €

- Inductance 164 µH / 33 milli-Ohm. Ref. : 736-2122. Prix : 5,40 €

Filter 20 A :

- Condensateur 4700 µF 40 V, axial - série ASM, BCcomponents. Ref. D118. Prix : 4,5 €
- Inductance 540 µH / 16 milli-Ohm. Ref. : 871-1408. Prix : 15,30 €

Les valeurs peuvent varier par rapport à la théorie, le plus important étant l'intensité admissible.

Vous pouvez aussi faire des essais avec des filtres du commerce, par exemple chez Banggood ou autres vendeurs en ligne (mots clés pour

la recherche : « noise filter »). Vous trouverez de nombreux modèles pour quelques euros. Là encore, veillez à l'intensité (Photo 3).

Michel Suire
michel.suire2@wanadoo.fr



Photo 3 : Exemple de filtre du marché pour un circuit de 10 A.

A la découverte de l'Arduino

À la recherche de solutions pour construire soi-même des instruments légers et peu coûteux, certains constructeurs d'ULM ont fait apparaître sur les forums des instruments de bord à base d'Arduino.

Apparu dans les universités et centres de recherches il y a plus de dix ans, l'Arduino est un microcontrôleur open source très peu coûteux et polyvalent.

La seule limite aux usages est votre imagination. Vous trouverez son utilisation dans le prototypage de laboratoires de recherche, dans des projets personnels autour de la domotique ou de la robotique et même dans certaines œuvres d'art basées sur l'interaction, le mouvement ou les jeux de lumières.

Qu'est-ce qu'un microcontrôleur ?

Il y en a partout : le plus évident est celui de votre machine à laver où il a supplanté les programmeurs mécaniques, permettant d'avoir de beaux écrans de contrôle et plus de possibilités de réglage. En fait, tout ordinateur est un assemblage plus ou moins complexe de microcontrôleurs.

Dans le cas qui nous intéresse, il s'agit de matériels conçus spécifiquement pour gérer des entrées et des sorties. Les entrées sont connectées à des sondes (analogiques ou numériques) ou des contacteurs d'état (ouvert/fermé) et les sorties permettent de commander des accessoires (relais, écrans, périphériques connectés, LEDs...)

Très polyvalent, vous trouverez des microcontrôleurs Arduino dans des drones, des robots, des objets connectés, des imprimantes 3D ou encore dans des machines à commandes numériques (CNC).

Sur une seule carte, il rassemble un microprocesseur, de la mémoire flash pour stocker le programme, de

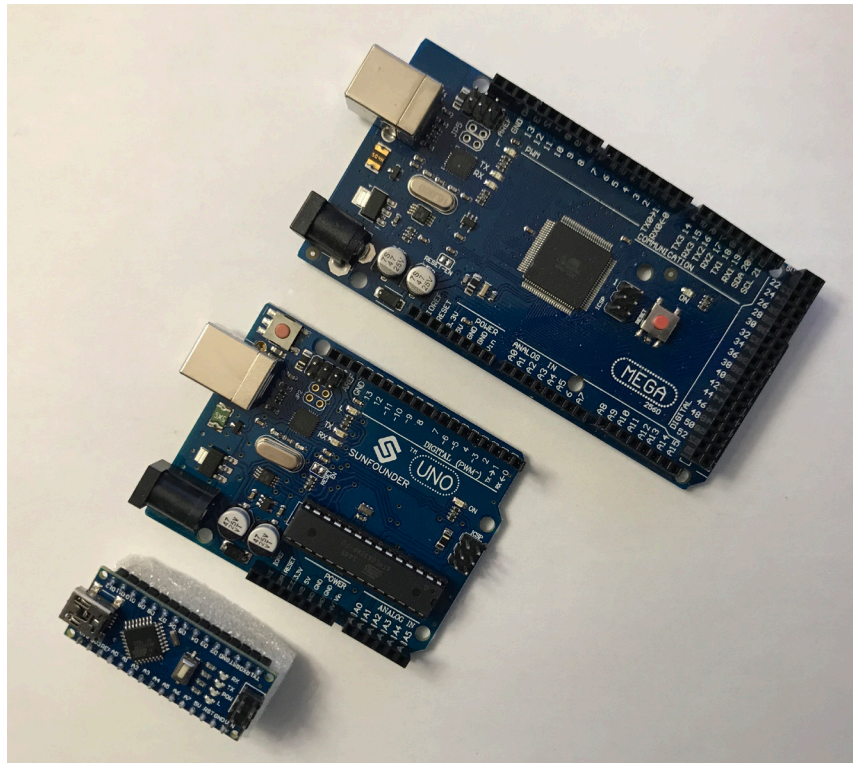


Photo 1 : Les trois cartes Arduino les plus courantes. De haut en bas : Mega, Uno, Nano.

la mémoire vive pour l'exécuter et un nombre variable d'entrées sorties numériques et analogiques.

Il peut être alimenté par port USB, via une prise d'alimentation normalisée, directement sur le Pin +5V ou encore sur la broche « Vin » si vous voulez utiliser une tension supérieure à 5 V.

La photo 1 présente les trois cartes Arduino les plus courantes.

Open source et peu coûteux

Le fait qu'Arduino soit diffusé en mode « open source » signifie qu'il existe de nombreuses versions fabriquées par des constructeurs qui n'ont pas de licence à payer pour les fabriquer. A cela s'ajoute la simplicité qui contribue au faible coût de ces solutions.

A titre d'exemple, l'Arduino original coûte une vingtaine d'euros et des versions chinoises peuvent se trouver autour de 3 euros. Notez que la

marque Arduino « originale » s'appelle « Genuino » en Europe : dans les faits, aucune différence.

Son faible coût et sa simplicité ont permis l'émergence d'une très grande communauté d'utilisateurs à travers le monde. Faites une recherche sur votre moteur de recherche préféré et vous verrez l'ampleur du phénomène.

Les modèles courants

Arduino est devenu un standard sur le marché, même si d'autres types de cartes existe aussi, telles que le Raspberry Pi, par exemple.

Ce qui différencie les modèles courants d'Arduino, c'est la mémoire, la dimension et le nombre d'entrées sorties. Le tableau 1 compare les principales caractéristiques de ces modèles courants.

Je recommande ici des modèles fonctionnant nativement en 5 V car les

Modèle	Processeur	Alim. Alim. Int. /Ext.	Vitesse	Memoire flash	Ports Entrées analogiques	Ports E/S numériques	Dimensions
Nano v3.1	ATmega328P	5 V / 7-12 V (maxi 6-20 V)	16 MHz	32 KO	8	14	Petite 45 x 18 mm
Uno Rev3					6		Moyenne 69 x 53 mm
Mega 2560 Rev 3				ATmega2560	256 KO	16	54

Tableau 1 : Caractéristiques des trois cartes Arduino les plus courantes.

sondes les plus courantes pour nos usages aéronautiques utilisent aussi cette tension. Vous en trouverez pour une tension de 3,3 V, elles devront être alimentées par la broche 3,3 V fournie par l'Arduino. Il ne faut pas se tromper sous peine de les faire griller.

La tension indiquée dans le tableau est la tension d'alimentation maxi sur la broche « Vin » ou sur l'entrée d'alimentation externe. La limite extrême étant de 20 V, vous pouvez utiliser directement l'alimentation de bord, mais il vous faudra tout de même une alimentation 5 V pour les sondes, alors le plus simple est de tout mettre en 5 V.

En fait, plus la tension d'utilisation est proche de 5 V, moins ça chauffera. Un convertisseur 12 V vers 5 V / 5 A ne coûte que quelques euros. (Photo 2)

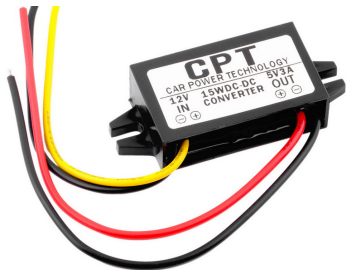


Photo 2 : exemple de convertisseur 12-5V

Vous trouverez ces cartes, des sondes et des convertisseurs de tension dans des boutiques en ligne telles que Banggood.com, Amazon.fr, eBay.fr, conrad.fr etc. Comparez les prix car les versions chinoises fonctionnent aussi bien que les produits de marque, parfois vendus 3 à 5 fois plus cher.

Si vous ne savez pas par où commencer, offrez-vous un kit de développement comprenant une carte, de nombreux capteurs, un support de prototype avec des fils et une notice. Ces kits existent aussi en Français. (Photo 3)

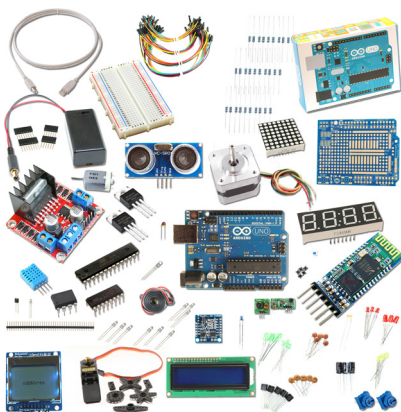


Photo 3 : exemple de kit pour débuter.

Que peut-on faire avec un Arduino ?

La première chose à comprendre, c'est qu'un Arduino tout seul ne sert à rien... sauf peut être à faire clignoter une led interne, souvent présenté comme un premier exercice de prise en main.

Il faut lui adjoindre des sondes pour qu'il collecte des données, et des relais pour qu'il agisse sur l'extérieur, par exemple en actionnant un clapet de ventilation... On peut également lui connecter un écran si l'on souhaite afficher une vitesse, une température...

Sur le Uno et le Mega, il est possible d'installer un « Shield » ou « bouclier » en français, sorte de prothèse spécialisée, par exemple pour connecter un écran TFT, faciliter l'utilisation de nombreuses sondes, ajouter une capacité Wifi ou encore contrôler des moteurs. Ça dépend du projet et ça n'est surtout pas obligatoire. (Photo 4).

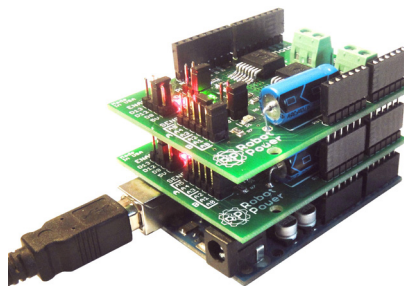


Photo 4 : Exemple d'empilement de deux « Shield » sur un Uno.

Le Nano est si petit (45 x 18 mm) qu'il est plus pratique de le monter sur un support permettant de brancher les fils via un bornier à vis, ou encore un support ajoutant des broches classiques. Les photos 5 et 6 présentent ces montages.

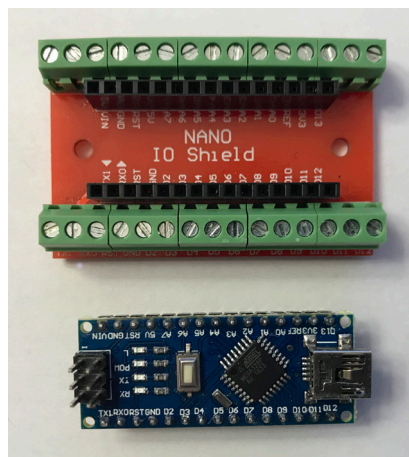


Photo 5 : Support à bornier pour Nano.

Pour nos aéronefs, un Arduino peut servir à faire des instruments de bord : Altimètre, badin, variomètre, thermomètre, voltmètre, ampèremètre, détecteur de monoxyde de carbone, panneau d'alarmes...

Pour faire un badin il faut à minima : un Nano, deux sondes de pression, un écran LCD et un convertisseur 12-5V.

Pour ajouter une fonction variomètre, rien à ajouter, juste un peu de programmation autour de la variation de la valeur de la pression statique et un étalonnage.

Pour ajouter une fonction altimètre, il faut juste ajouter un bouton encodeur afin de pouvoir régler la pression de référence.

Vous voulez un thermomètre pour les températures extérieure et carburateur ? Encore plus simple : Un Nano, un écran LCD et deux sondes de température... La photo 7 page suivante présente différents types d'écran.

Ça n'est pas plus compliqué pour mesurer une tension ou une intensité. Il faut juste des sondes spécifiques valant quelques euros et l'écran qui vous convient le mieux. Il faudra veiller à la lisibilité en plein soleil.

Enfin, le panneau d'alarme peut consister à brancher des interrupteurs en entrée (contacteur de train, de verrière verrouillée, de coffre fermé, de pression d'huile, etc.) et de mettre des LEDs en sortie sur le tableau de bord. L'intérêt de l'Arduino, par exemple, est alors de pouvoir choisir si le contact en entrée doit être en position ouvert ou fermé pour activer l'alarme. De plus, rien n'empêche de connecter autre chose que des LEDs en sortie ; ça peut être aussi un buzzer ou un message audio dans la casque.

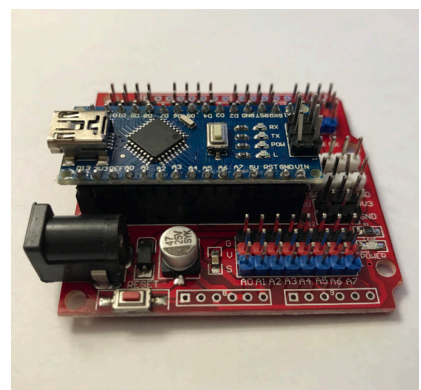


Photo 6 : Support à broches pour Nano.

Au-delà des instruments, il est possible de mettre en place des automatismes, en veillant à garder des solutions de secours, électriques ou manuelles, si les fonctions sont critiques pour la conduite du vol.

A titre d'exemple, sur ma construction en cours qui comporte cinq réservoirs de carburant (un réservoir principal central et quatre réservoirs auxiliaires dans les ailes), je suis en train de concevoir un automate de transfert de carburant des ailes vers le central afin de réduire la charge de travail du pilote au simple contrôle, sans avoir à gérer plusieurs robinets ou plusieurs pompes de transfert. L'approche choisie consiste à garder le réservoir central toujours au dessus de 80% tant qu'il y a de l'essence dans les ailes. Cela permet également de tenir compte du centrage pour un avion en tandem, et d'équilibrer latéralement en alternant aile droite / aile gauche lors des transferts. Les quatre pompes de transfert seront commandées par des relais « solid state » (photo 8). Un article ultérieur présentera ce cas d'usage.

J'ai également prévu de gérer le mélange air froid / air chaud du chauffage de bord afin de supprimer l'effet « bouffée de chaleur » que l'on connaît bien l'hiver quand le flux d'air chauffé par l'échappement entre dans la ca-



Photo 7 : exemples d'écrans pour Arduino (TFT couleur en bas à droite, OLED couleur en haut à droite, les autres sont des LCD classiques à lignes de caractères).

bine. En y ajoutant un simple capteur « détecteur de flamme », cela pourra fermer automatiquement la ventilation en cas de feu moteur.

Présentation détaillée du Nano

Le Nano étant le plus simple, je vous propose d'en décrire le branchement et les principes de base. Tout cela se retrouve sur le Uno et le Mega. L'intérêt que je vois pour le Nano, outre sa taille, c'est le support externe (Photos 4 & 5 précédentes) permettant des

branchements plus fiables que des broches de prototypage.

La photo 9 présente les connexions du Nano et le Tableau 2 décrit ces connexions en langage clair.

Comment faire vos premiers pas ?

Il va vous falloir commencer par le programmer. Pour cela, il existe un logiciel gratuit à télécharger sur www.arduino.cc et nommé « IDE ». Une fois installé sur un PC, un Mac ou sur Linux, les choses sérieuses commencent.

- Indiquer le modèle d'Arduino
- Charger les bibliothèques (en fonction de l'écran choisi, des relais, des sondes...)
- Programmer dans IDE avec deux incontournables : une « boucle » de déclaration (setup) et une « boucle » principale (loop) qui va porter le programme.
- Transférer le programme d'IDE vers l'Arduino.
- Tester en redémarrant la carte (bouton reset ou débrancher puis rebrancher).

Au démarrage de l'Arduino, lorsque le « bootloader » du microcontrôleur exécute votre programme, c'est la fonction « setup » qui est lancée en premier. C'est, par exemple, dans cette fonction que vous définirez si une broche de l'Arduino est utilisée en tant qu'entrée ou sortie.

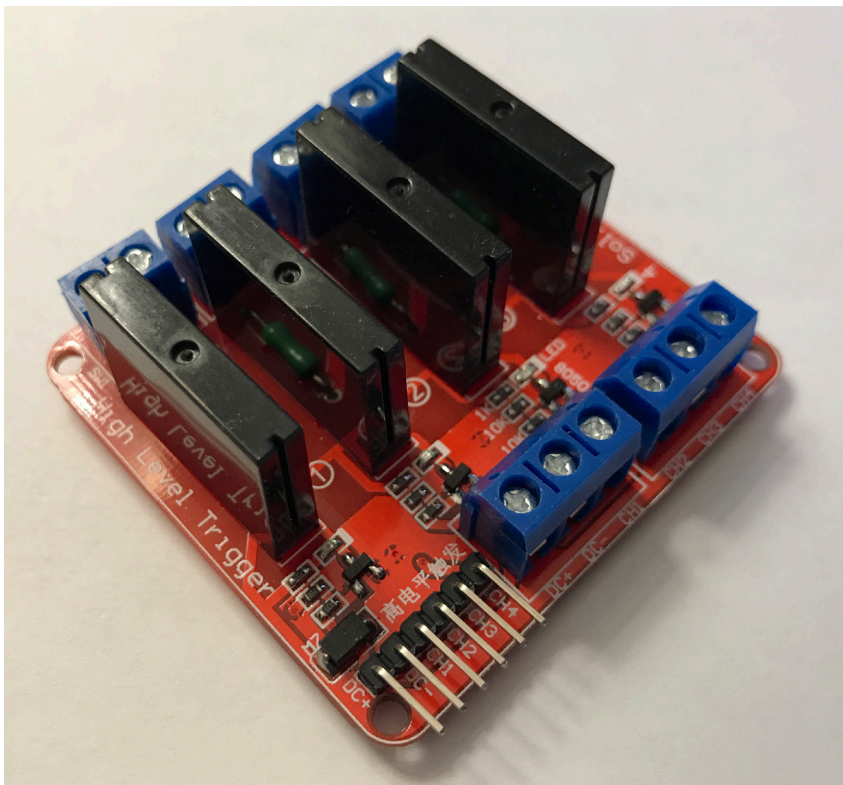


Photo 8 : exemple de carte comportant quatre relais « solid state », c'est-à-dire sans éléments mécaniques.

Broche	Nom	Type	Description
1,2	TX & RX	Entrée/Sortie	Ports de communication série.
5-16	D0-D13	Entrée/Sortie	Entrées ou sorties Digital sur les ports 0 à 13
3, 28	Reset	Entrée	Reset (mise à la masse ponctuelle)
4, 29	GND	PWR	Mise à la masse.
17	3V3	Sortie	Sortie +3.3v. Utilisé uniquement pour les capteurs 3,3V
18	AREF	Entrée	Tension de référence pour les ports analogiques, ici 5V
19-26	A0-A7	Entrée	Entrées Analogiques, canaux 0 à 7.
27	+5V	Entrée/Sortie	Alimentation externe de +5V (celle qui nous intéresse) ou sortie +5V fournie par le régulateur interne si la broche Vin est alimentée >5V
30	Vin	PWR	Alimentation externe 7 à 12 v. Le plus bas chauffera moins.

Tableau 2 : Description des broches de l'Arduino Nano.

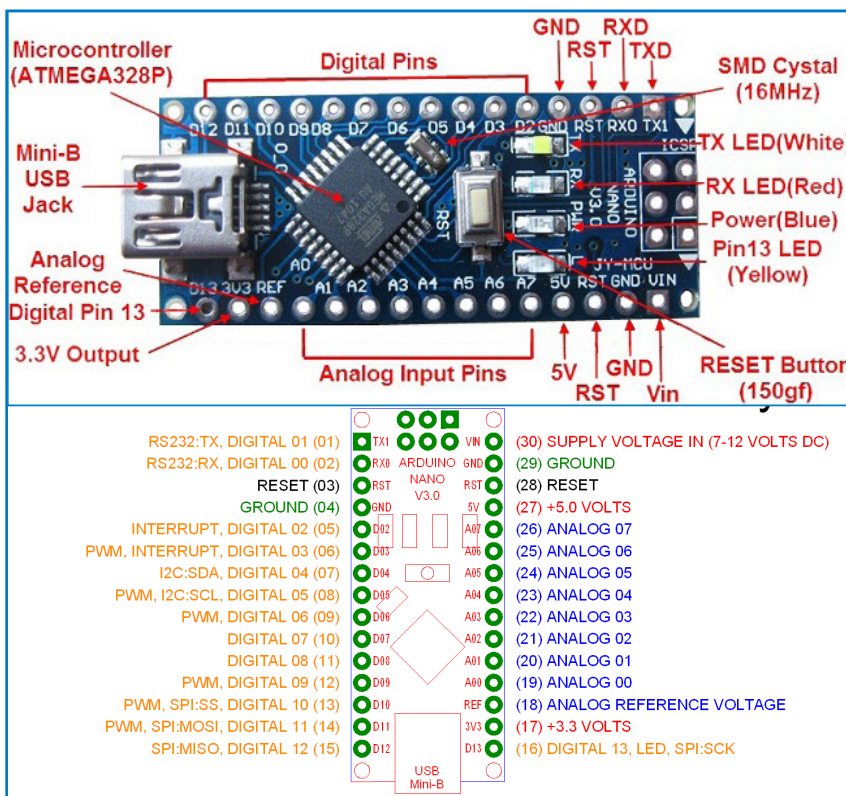


Photo 9 : Description des broches du Nano (source www.arduino.cc)

Une fois la fonction « setup » exécutée, c'est la fonction « loop » qui démarre et reste seule à s'exécuter tant que l'Arduino est alimenté ou qu'une interruption apparaît.

Je n'ai pas ici l'ambition de vous apprendre à programmer. Je peux cependant vous assurer que ceux qui ont un peu codé dans leur jeunesse s'y retrouveront facilement. Pour les autres, suivez des cours en ligne sur YouTube, regroupez-vous, allez sur les forums (il existe un forum en Français sur le site officiel : <http://forum.arduino.cc> rubrique « International »). Un ouvrage de références est présenté en fin de dossier dans la bibliographie.

Ceux qui sont intéressés par ce type de développement pendant leur construction ou après, pour faire évoluer leurs machines, peuvent se retrouver sur le forum de notre site www.rsafrance.com.

Patrick Cottureau

Renouvelez votre certificat de navigabilité avec le RSA-Nav

Le service de gestion de navigabilité proposé par la Fédération RSA

Votre Fédération RSA a créé le **RSANav**, organisme agréé par l'État pour procéder au **renouvellement** du Certificat de Navigabilité des aéronefs ayant un titre de navigabilité restreint : CNRA, CNSK, CNRAC, LP EASA (ex CDNR) et CDNS/OACI.

Renseignements sur :

www.rsanav.com

Pour votre sécurité, et celle de vos passagers !

Bibliographie :

Bases d'électricité avion de M. Valentin

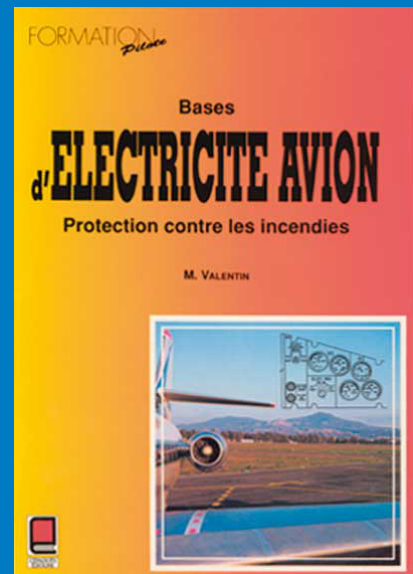
Ce livre décrit, dans leurs grandes lignes, la structure et le fonctionnement des générations électriques d'avions, ainsi que les dispositifs de lutte contre les incendies à bord. Compte tenu du programme traité il s'adresse tout particulièrement aux candidats au CPL/IR.

Des rappels fondamentaux sont indiqués au lecteur : en électricité générale, en électrotechnique, en électronique. Une batterie de tests d'autoévaluation est fournie en fin d'ouvrage.

Editeur : Cépaduès éditions www.cephadues.com

ISBN : 2854282701 - 96 pages

Année de parution : 1991



Maîtrisez les microcontrôleurs à l'aide d'Arduino de Clemens Valens

L'ambition de cet ouvrage est de vous faire entrer dans le monde Arduino puis de vous en faire ressortir victorieux pour vous emmener plus loin dans l'apprentissage de la programmation des microcontrôleurs. Il met la théorie en pratique sur une carte Arduino avec l'environnement de programmation Arduino.

Après ce parcours initiatique inédit, plaisant et ludique, vous programmerez vous-même n'importe quel microcontrôleur. Ce livre sera donc votre premier livre sur les microcontrôleurs avec une fin heureuse !

Editeur : Publitronic - Elektor (3e édition, 2017)

ISBN : 978-2-86661-206-1 - 444 pages



Les Cahiers du RSA

Le magazine des Aviateurs Constructeurs et Restaurateurs d'Aéronefs

Secrets de constructeurs

Électricité (3)



Sommaire :

Introduction
Choisir son avionique
Réglementation sur les EFIS
Tableau comparatif
Spécificités AFS
Spécificités Dynon
Spécificités Garmin
Spécificités GRT
Spécificités MGL
Glossaire

Auteur :

Patrick Cottreau

Remerciements :

Olivier Dancer de Delta Omega
Eric Moret pour le CAN-Bus G3X
Dominique Simon pour la réglementation

Dossier Électricité (partie 3)

Pour mettre en pratique les deux premiers dossiers présentés fin 2017, nous allons regarder le vaste sujet de l'avionique. Vaste, car il ne s'agit plus seulement de la radio et du transpondeur, mais aujourd'hui de contrôle moteur, navigation, contrôle de vol, alertes voire de pilote automatique.

Le gain de poids est également très significatif par rapport à une instrumentation analogique. Vous pouvez espérer plusieurs kilogrammes d'écart à fonctionnalités équivalentes. Notons que les gains de poids réalisés sont inversement proportionnels aux coûts de ces matériels...

Pour éviter d'entrer dans les débats philosophiques, tant sur le choix de la marque et du modèle, que des fonctionnalités mises en œuvre (les anciens contre les modernes...), sachez que le marché est bien plus étendu que ce qui va être présenté et qu'il bouge sans discontinuer. Certaines marques ont déjà disparu, d'autres ont fusionné et de nouvelles sont apparues sur des marchés de niche. Inutile de prétendre être exhaustif dans ce contexte.

L'objectif ici va être de présenter les systèmes les plus courants sur notre marché de l'aviation non certifiée et de mettre en évidence les particularités en termes d'installation. Si vous ne trouvez pas votre bonheur dans ces pages, pensez à initier une discussion dans le forum du site www.rsafrance.com.

Pour lever tout de suite une éventuelle ambiguïté, et parce que ce type de choix est bien souvent « philosophique », j'ai personnellement fait le choix du Garmin G3X. J'espère que cet article restera suffisamment impartial vis à vis des autres systèmes et que vous pourrez vous faire votre propre opinion.

On peut voir trois grandes options dans le choix d'une avionique :

1. Vous voulez le minimum : radio & transpondeur et garder vos pendules analogiques, voire en remplaçant une en installant un mini EFIS.
2. Vous voulez vous faire plaisir ou voler dans une ambiance « avion de ligne », et mettre un système complet, comme la photo 1.



Photo 1 : Exemple de tableau de bord « glass cockpit » de la documentation AFS.

3. Vous voulez un système répondant à vos besoins réels et/ou à un budget limité.

1) Le minimum

L'installation d'une radio et d'un transpondeur est extrêmement simple et ces appareils sont indépendants. Il vous faudra bien suivre les recommandations des notices de montage, notamment le blindage de certains câbles. Le pictogramme usuel est indiqué Figure 1 ci-dessous. Pour les outils à utiliser pour réaliser vos câblages, référez-vous aux deux premiers dossiers dans les Cahiers #296 & #297.

Certains font le choix de remplacer une de leurs « pendules » analogiques avec leur version électronique, sans

dénaturer l'approche « classique » mais en bénéficiant de la sécurité d'un horizon à moindre coût. Vous trouverez pour cela de nombreux « mini EFIS » aptes à se loger dans un trou de diamètre 80 ou 57 sur votre tableau de bord actuel. Quelques exemples, non exhaustifs, sont fournis photos 2 à 8. N'hésitez pas à leur adjoindre une petite batterie de secours.

Quoi qu'il en soit, la Figure 2 ci-contre rappelle 14 règles de bon sens permettant de concevoir un tableau de bord efficace et sûr.

Enfin, si vous naviguez avec un GPS portable, celui-ci peut avoir besoin d'une alimentation, voire un support approprié. Pensez à lui adjoindre un breaker ou un fusible. Rien de nouveau...

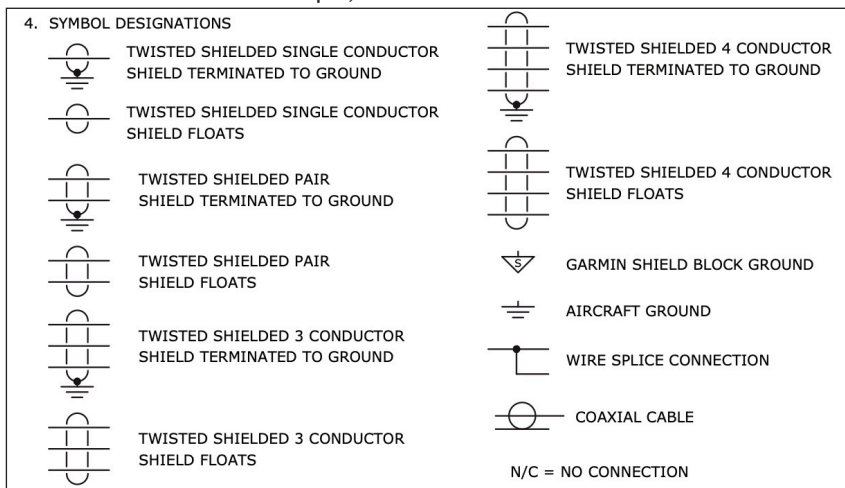


Figure 1 : Pictogramme indiquant un câble blindé sur les schémas de câblage. Source : notice d'installation Garmin. Voir le glossaire en fin de dossier pour la traduction.

Choisir son avionique



Photo 2 : Dynon D10A



Photo 3 : Garmin G5



Photo 4 : GRT Mini.



Photo 5 : MGL Xtreme.



Photo 6 : AVmap Ultra EFIS



Photo 7 : Kanardia Horis, existant en diamètres 80 ou 57 mm à retrouver sur www.kanardia.eu



Photo 8 : Flybox OBLO à retrouver sur www.flyboxavionics.it

Les 14 règles pour un tableau de bord efficace et sûr :

1. La normalisation est préférable à l'innovation. Le positionnement non standard des instruments contribue à de nombreux accidents issus d'erreurs de pilotage.
2. Vérifiez le bon fonctionnement de votre tableau avec la check-list de votre appareil. Pensez également aux contrôles hors check-list, telles que les vérifications du moteur au début du roulage au décollage.
3. Votre tableau doit être conçu pour vous faciliter la gestion d'une panne moteur et/ou les procédures d'urgence.
4. Équilibrez visuellement le tableau et assurez-vous une bonne fluidité visuelle. La symétrie peut être esthétique, mais elle ne doit jamais être recherchée au détriment d'une bonne fluidité.
5. Vous ne devriez jamais avoir à lire une étiquette ou à compter les positions pour trouver quoi que ce soit. Corollaire: ne mettez jamais plus de cinq commutateurs identiques d'affilée.
6. Évitez les emplacements qui nécessitent un mouvement vertical de la tête, en particulier pour les composants critiques.
7. N'improvisez pas dans l'utilisation des couleurs. Cela dérouterait les pilotes qui auraient la chance de piloter votre appareil.
8. Ne cachez jamais les jauges de carburant au sol et ne les envoyez pas aux extrémités du tableau.
9. Ne placez pas les commandes et interrupteurs non critiques (comme le chauffage de la cabine) à côté des commandes et interrupteurs critiques (comme la mixture ou d'autres commandes qui affecteront le moteur ou le pilotage). Différenciez les éléments critiques et non-critiques par des emplacements, formes et couleurs appropriés et standardisés.
10. Rendez vos interrupteurs accessibles à la main qui ne pilote pas.
11. Placez l'anémomètre à gauche et l'altimètre à droite. Rapprochez-vous le plus possible du « six pack » standard.
12. Ayez suffisamment de gyroscopes pour vous permettre de survivre à un passage en IMC par inadvertance.
13. Pensez aux chocs, votre tête pouvant avoir un impact sur les boutons des instruments. Le harnais à quatre points doit être privilégié quand c'est possible.
14. Installez un système de désembuage de pare-brise.

Figure 2 : Les 14 règles pour un tableau de bord efficace et sûr.

Sauf indication contraire, les photos sont issues des sites et documents des constructeurs. Toutes les marques citées sont la propriété des constructeurs respectifs.

2) Le système complet

Le système complet, ou EFIS (pour Electronic Flight Instrument System, soit système électronique d'instrumentation de vol. Cf. le glossaire en fin de dossier) va nécessiter que vous vous formiez afin de maîtriser les fonctions de base mais également les subtilités, sachant que ces systèmes peuvent avoir des approches différentes : boutons physiques et/ou écran tactile, leurs positionnement, l'enchaînement des menus, etc.

Ce qui doit vous rassurer, c'est que nous en sommes à la troisième génération depuis le début des années 2000 et que ces matériels sont conçus par des passionnés, comme nous.

2.a) Comment choisir ?

Quelques marques se répartissent le marché non certifié et, pour ne citer qu'elles, vous trouverez le plus souvent Advanced Flight Systems (AFS), Dynon, Garmin, GRT avionics et MGL avionics.

Ces systèmes sont modulaires et existent en plusieurs tailles, de 7 à 12 pouces, avec des écrans positionnés horizontalement ou verticalement. L'interface tactile a ses partisans et ses opposants : à vous de tester en vol et de vous faire une idée ; l'un des critères sera la sensibilité de votre machine à la turbulence. Chaque tableau de bord y trouvera son compte.

La grande majorité des Aviateurs Constructeurs ne veulent que sur leur machine, le choix est donc bien « personnel », même si penser à la vente ou à un usage en copropriété peut pousser à choisir un système connu sur le marché.

Vous pouvez bien sûr faire comme votre voisin de Club RSA pour tirer partie de son expérience.

2.b) Sur la durée

Pensez à imprimer un guide d'utilisation pour faciliter l'amphi cabine si vous prêtez votre machine, ou pour vous remettre dans le bain après quelques semaines sans voler. C'est d'autant plus important que ces systèmes reçoivent régulièrement des mises à jour et qu'il faut s'y adapter.

Puisque l'on parle des mises à jour,

Fonctionnalités que l'on peut trouver dans un système complet :

- EFIS : instruments de contrôle de vol
- EMS/EIS : contrôle moteur
- Navigation sur carte déroulante
- Affichage des reliefs en effet 3D
- Affichage des pistes et taxiways
- Accès aux cartes d'aérodromes
- Anti-collision : affichage des appareils aux alentours sur la cartographie (ADS-B, TCAS ou FLARM)
- Affichage d'informations basées sur des entrées « discrètes » (alertes train rentré, coffre ouvert...)
- Intégration avec la radio pour la présélection des fréquences
- Intégration avec un transpondeur en boîtier déporté
- Interphone avec répartition de flux audio externes
- Mélangeurs de VHF, connexion Bluetooth avec les casques...
- GPS complémentaire certifié (ex GTN-650 ou 750, 625, 725)
- Pilote Automatique deux ou trois axes
- Asservissement des trims avec le Pilote Automatique
- TOGA : configuration de décollage (Take Off) ou de remise de gaz (Go Around)
- Devis de masse et centrage
- Collecte des données de vol pour analyse
- Carnet de vol automatique
- Affichage des check-lists
- Alertes visuelles, sonores ou vocales
- AOA : Mesure de l'angle d'incidence
- Gestion des volets avec protection de vitesse de sortie
- Camera : affichage sur EFIS
- VP-X ou ECB : intégration avec l'électricité de bord (affichage des breakers et autres fonctions de gestion des volets, trims et lumières...)

Je vous laisse regarder le prix de certains de ces équipements et les mettre en regard de votre budget ou du prix de revient de votre cellule. Mais quand on aime on ne compte pas !

Le tableau comparatif détaillé vous permettra peut-être d'y voir plus clair.

vous avez compris que l'on passe d'un monde où les pendules pouvaient rester trente ou quarante ans sur le tableau, à un fonctionnement proche de ce que l'on vit dans l'informatique, à savoir une obsolescence liée à l'évolution des fonctionnalités nécessitant une augmentation de la puissance du matériel (ce fut le cas lors de l'arrivée des cartes déroulantes, puis des vues 3D), à la fragilité des systèmes électroniques soumis aux vibrations, aux durées de disponibilité des pièces détachées annoncées par les fabricants, voire l'apparition de systèmes plus performants (même s'il paraît toujours difficile de le justifier pour l'usage que l'on en fait...).

Tout ça pour dire qu'il faut penser au remplacement au moment de l'installation, par exemple en pensant au passage des faisceaux, ce qui vous servira également pour la maintenance si besoin.

Pour certains équipements, il faudra ajouter une ventilation forcée, pour la plupart c'est inutile, sauf à voler dans une région particulièrement chaude. Ceci est indiqué dans la notice d'installation. La dénomination anglaise pour ce type de matériel est « *Avionics Cooling Fan* ». Quand vous verrez à quoi cela correspond, cela vous donnera l'envie de le faire vous même avec un ventilateur et quelques plaques et tubes d'aluminium...

2.c) Notice d'installation

Sachez que certaines notices d'installation font plus de 900 pages et sont uniquement en anglais.

Prenez la peine de les lire plusieurs fois en surlignant les fonctionnalités retenues et les spécificités. A titre personnel, je me suis fait un document PowerPoint® détaillant tous les choix et leurs conséquences sur l'ins-

tallation finale. Ceci inclut une vue des tableaux de bord, avec de nombreuses notes, qui doit en être à la version 63... Il est aussi possible de télécharger des images à l'échelle des différents instruments et de les positionner sur une maquette en taille réelle pour valider l'ergonomie.

Surveillez également les mises à jour de la notice d'installation en vous assurant de disposer de la toute dernière lors de votre câblage final. La régularité de ces mises à jour sera un gage de pérennité de votre système.

La relative complexité peut vous pousser à commander un faisceau de câblage (harness) tout fait. Si c'est une bonne idée pour éviter de faire des erreurs, j'ai remarqué que la documentation à fournir pour passer commande permettait d'arriver à mi-chemin de la solution : après avoir patiemment décrit l'ensemble du besoin, il ne restait plus qu'à faire le câblage, ce qui finalement n'est pas insurmontable avec un peu de patience.

Pour fixer les idées, voici la liste des questions à se poser pour préparer le câblage :

- Liste exhaustive de tous les éléments de votre système. Des types d'écrans, au capteur de monoxyde de carbone, en passant par les entrées discrètes envisagées.
- Positionnement des éléments dans l'avion et enchaînement sur le CAN-Bus ou sur le réseau, avec les longueurs de câble associées.
- La même chose pour les connexions RS232.
- Les conditions d'alimentation électrique, notamment les solutions de secours prévues, toujours avec les longueurs de câble.
- La liste des accessoires et options, tels que le magnétomètre externe et le capteur de température extérieure (OAT).
- La liste des éléments externes compatibles, tels que radio, transpondeur, audio-panel, intercom, incluant en détail les longueurs de câble vers chacun des passagers...
- Même chose avec l'éventuel mo-

dèle FLARM ou ADS-B, GPS NavCom, interface ARINC, etc.

- Vient ensuite le module de gestion moteur (EMS), notamment le positionnement pour son interconnexion et son alimentation.
- Le câblage des sondes relatives au Groupe Moto Propulseur, des entrées discrètes et du circuit essence peut être traité séparément, son point de départ étant, évidemment, le boîtier d'interface EMS.
- La partie Pilote Automatique va nécessiter pas mal de détails, notamment si vos trims électriques y sont asservis. Si vous avez fait le choix d'un panneau de commande dédié au PA, il ne faut pas l'oublier, ou en prévoir le câblage pour le futur.
- Si vous avez un VP-X, cela doit également être pris en compte à ce stade.
- Un mini EFIS indépendant aura besoin de sa longueur de câble d'alimentation. S'il sert de redondance d'ADAHRS, comme le G5 pour le G3X, il faudra mesurer la longueur de câblage associée.

Une fois que vous aurez documenté ces éléments, et tous ceux de votre système que je n'aurais pas cité, vous avez fait la moitié du travail.

A titre d'exemple, vous pouvez demander à Aircraft Spruce un formulaire de commande de faisceau (custom harness) pour le G3X nommé « *Garmin G3X Harness Worksheet* ». Vous pourrez toujours décider, après l'avoir rempli, si vous souhaitez aller au bout seul ou avec de l'aide.

Profitez des forums de constructeurs pour poser vos questions à ceux qui sont passés par le même chemin que vous. Vous y trouverez des commentaires désintéressés et des conseils souvent absents des notices.

2.d) Recommandations de bon sens

- S'il est intéressant de faire son choix avant la fin de votre construction pour préparer l'installation, il est totalement contre-productif d'acheter une solution avant d'avoir une idée précise de la date de fin du projet : au mieux vous aller sérieusement entamer (voire

dépasser) la période de garantie, au pire un nouveau modèle sera apparu entre-temps. Il y a suffisamment de documentation avec les dimensions pour préparer le terrain avant d'acheter quoi que ce soit.

- Si vous envisagez un Pilote Automatique, il faudra installer les supports pour les servos afin qu'ils se connectent sur la chaîne de commandes de vol. Plus vous anticiperez, plus cela sera facile de positionner les supports. Il est possible d'acquérir des kits de montage (sans le servo) et de se référer aux nombreux schémas et photos disponibles sur le Web pour réaliser l'implantation. Là encore, les servos ont une durée de garantie limitée et il est inutile de les acheter trop tôt. On ne parle pas ici du Trutrak ECO qui se monte directement sur les gouvernes avec des tabs, mais qui semble avoir disparu du catalogue lors du rachat par Bendix King l'été dernier.
 - Câbler une avionique moderne nécessite des méthodes et des outils spécifiques. Reportez vous aux deux premiers dossiers dans les Cahiers #296 et #297.
 - Étudiez la redondance analogique ou numérique dès le début pour s'assurer de disposer de la place nécessaire sur le tableau de bord. Cela peut amener à réduire la taille de l'EFIS lui-même pour certains appareils monoplace ou en tandem, ou d'opter pour une redondance analogique de très petite taille dont le tarif sera malgré tout très élevé.
 - Si la marque choisie n'est pas représentée en Europe, soyez en conscient car toutes les interactions se feront à distance et en anglais.
 - Enfin, la mise à jour des données de cartographie est payante, tout comme le renouvellement de vos cartes papier... que les plus précautionneux d'entre nous garderont en secours.
- Les marques les plus connues se valent en termes de fonctionnalité et vous trouverez plus loin un tableau comparatif des cinq principales marques. J'aurais peut-être pu y ajouter en détail AVmap, Kanardia ou Flybox, et si quelqu'un veut le faire, les Cahiers du RSA lui sont ouverts.

3) Les besoins réels

De nombreuses offres existent pour disposer d'instruments numériques unitaires.

3.a) Mini EFIS

Nous avons vu au début les mini EFIS. Ils sont des solutions assez économiques pour ajouter un gyro à moindre coût et remplacer quelques « pendules » nécessitant une révision, voire pour ajouter celles qui manquaient jusqu'alors. Ces appareils coûtent entre 1000 et 1500 euros. Reportez-vous aux photo 2 à 8 pour voir quelques modèles, complétées par IFD-NET, Sandia & LX (Photos 9 à 11).



Photo 9 : Mini EFIS de IFD-NET à retrouver sur www.ifd-net.com (PC)



Photo 10 : Sandia SAI 340 Quattro, à retrouver sur www.sandia.aero



Photo 11 : LX navigation à retrouver sur www.lxnavigation.com

Certaines marques proposent, sur le même format un HSI ou un EMS complet. Ils peuvent disposer d'une batterie autonome, comme le Garmin G5, voire contribuer à la redondance d'une plate-forme inertielle d'un système EFIS complet.

3.b) Contrôles moteurs

Selon les marques, ils se nomment EMS ou EIS. Vous en trouverez avec des écrans LCD monochromes ou couleurs.

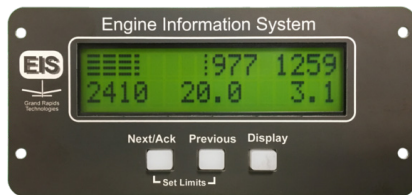


Photo 12 : EIS de GRT

Des marques sont spécialisées dans ce domaine, et vous découvrirez très vite que le fait qu'elles soient principalement sur le marché « certifié » les rend très coûteuses.

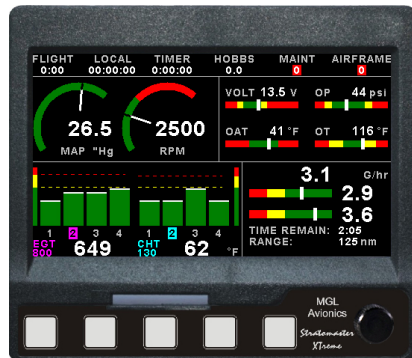


Photo 13 : MGL XTreme EMS.

Les marques déjà citées pour les EFIS ont parfois une offre indépendante dédiée au contrôle moteur. C'est le cas, par exemple, de GRT (Photo 12) ou MGL (Photo 13). Indépendante signifie ici que l'instrument peut être installé sans aucun lien avec un EFIS.

3.c) Contrôle de vol

Vous trouverez, par exemple chez MGL, de nombreux instruments numériques à monter en remplacement de pendules analogiques classiques. (Photo 14)

Il suffit d'une alimentation associée à un breaker ou un fusible.



Photo 14 : Badin & altimètre MGL

3.d) Les EFIS tablettes

Une autre approche consiste à connecter une tablette tactile du marché (iOS ou Android) avec un boîtier installé dans la cellule (ADAHRS). Les plus connus sont TALOS & LEVEL.

TALOS propose le Aeolus-Sense (www.talosavionics.com), photo 15. Ici encore, rien de spécial pour la connexion, la liaison avec la tablette se faisant avec le câble USB fourni.



Photo 15 : Talos Aeolus-Sense (PC)

LEVEL aviation (www.levelaviation.com) propose, en plus d'une solution tablette, le BOM, un concept de capteurs externes dans une « bombe » profilée, reliée sans fil et auto-alimentée par une hélice. (Photo 16)



Photo 16 : LEVEL BOM, ici fixée sous une aile haute (PC)

AVMap propose un système comportant un écran amovible se montant dans un support intégré au tableau de bord. (Photo 17)



Photo 17 : AVMap EKP V, 7 pouces

Réglémentation sur les EFIS

Le 27 mars 2007, la DGAC a publié la première édition d'un texte définissant les « *Conditions techniques complémentaires pour aéronef en CNSK équipé d'un système d'indication électronique fournissant des informations de vol, navigation et paramètres moteur* ».

Nous les reprenons ici intégralement et, si ce texte est dédié aux appareils en kit, il s'applique implicitement à tous les restreints, la principale exigence pour la sécurité étant « *qu'il doit être démontré qu'une panne électrique du circuit principal de bord n'induit par une perte des fonctions requises rendant difficile voir dangereuse la poursuite du vol* ».

Il n'est donc pas imposé de badin mécanique ou d'altimètre à capsule de secours, et il est possible d'avoir un CNRA juste avec deux écrans avec une double alimentation électrique séparée.

1. Fonction et installation

Chaque élément d'équipement installé doit :

- Être d'une nature et d'une conception appropriées à sa fonction prévue ;
- Être étiqueté suivant son identité, sa fonction, ses limitations de fonctionnement, ou toute combinaison applicable de ces facteurs ;
- Être installé conformément aux limitations spécifiées pour cet équipement ;
- Fonctionner correctement, une fois installé.

2. Équipements, systèmes et installation

La conception de chaque équipement ou système doit être examinée séparément et en relation avec les autres systèmes et installations de l'aéronef pour déterminer si la disponibilité et l'intégrité de cet équipement ou de ce système sont nécessaires à la poursuite du vol en sécurité.

Chaque élément d'équipement, lorsqu'il effectue sa fonction prévue, ne doit pas affecter défavorablement :

- La réponse, le fonctionnement ou la précision de n'importe quel équipement essentiel pour l'utilisation sans danger ; ou
- La réponse, le fonctionnement ou la précision de tout autre équipement à moins qu'il y ait un moyen d'avertir le pilote de l'effet.

Les conditions critiques d'environnement doivent être considérées.

Les équipements, systèmes et installations doivent être conçus de manière à réduire au minimum les dangers pour l'aéronef dans le cas d'un mauvais fonctionnement ou d'une panne probable.

3. Instruments d'affichage électroniques

Les indicateurs à affichage électronique doivent répondre aux exigences de disposition et visibilité. Ils doivent être situés de sorte que le pilote assis aux commandes puisse contrôler l'information affichée.

Si des voyants lumineux d'alarme, d'avertissement ou d'information sont installés dans la cabine, ils doivent être :

- Rouges, pour les voyants lumineux d'alarme ;
- Ambres, pour les voyants lumineux d'avertissement ;
- Verts, pour les voyants lumineux de fonctionnement sûr ;
- Et de toute autre couleur, y compris le blanc, pour les voyants non décrits précédemment dans cette section, à condition que la couleur diffère suffisamment des couleurs prescrites précédemment dans cette section pour éviter une confusion possible.

4. Alimentation électrique

Des dispositifs de protection tels que les fusibles ou les disjoncteurs doivent être installés.

Chaque câble de connexion électrique doit être d'une section adéquate.

Il doit être démontré qu'une panne électrique du circuit principal de bord n'induit par une perte des fonctions requises rendant difficile voir dangereuse la poursuite du vol.

5. Repères et limitations

L'aéronef doit comporter les repères et plaques indicatrices exigées pour l'utilisation sûre.

Les limitations du système doivent être décrites dans la documentation de l'équipement ou au travers d'étiquettes.

6. Documentation

Les documents d'exploitation du fournisseur doivent comporter les informations suffisantes pour la bonne utilisation et d'une bonne maintenance du système d'affichage électronique des informations de vol, navigation, et paramètres moteur.

Le manuel de vol doit spécifier les instruments redondants devant être installés, le cas échéant.

Moyens acceptables de conformité et interprétation

Fonction et installation / Équipements, systèmes et installation

1. Description / niveau de performance

La conformité à des critères fonctionnels, de précision et d'intégrité doit être établie. Cette conformité doit être établie à partir de spécifications techniques de l'équipementier permettant de démontrer que l'équipement répond bien à sa ou ses fonctions attendues.

2. Niveau de conception

D'un point de vue matériel, les conditions d'environnement telles que température, vibrations, interférences électromagnétiques doivent être examinées. (Lors de cette évaluation il est fortement recommandé d'utiliser la norme Eurocae ED14 / RTCA DO 160 « *Conditions environnementales et procédures d'essai pour l'équipement de bord* ».)

Le développement du logiciel doit suivre une méthode qui permet de minimiser le risque d'erreur.

La gestion du logiciel et en particulier ses évolutions doit permettre un suivi de toutes les versions développées.

Un processus d'assurance qualité doit être mis en place pour s'assurer que les précédentes mesures sont appliquées.

Instruments d'affichage électroniques

Pour l'utilisation du système, les critères de facilité d'accès aux différentes fonctions, de lisibilité et d'alarmes doivent être examinés.

Les couleurs et les moyens de contrôle de la fonction d'affichage doivent être facilement exploitables par le pilote.

Le postulant doit procéder à une analyse de la lisibilité de l'écran lorsque le système affiche tous les modes et sous-modes pouvant être sélectionnés par le pilote (analyse de la « surcharge de l'affichage »).

Alimentation électrique

La fiabilité de l'alimentation électrique doit être en accord avec l'utilisation de l'équipement.

Un bilan électrique de l'installation et l'identification des Circuit Breakers pourra constituer un moyen acceptable de conformité.

Marque	Advanced Flight Systems (Dynon)	Dynon
Pays d'origine	USA	USA
Web constructeur	www.advancedflightsystems.com	www.dynonavionics.com
Dernier modèle	Serie AF-5000	Skyview HDX
Date de sortie	2012	2016
Tailles d'écrans (pouces)	12.1" / 10.4" / 8.4"	10.31" / 7"
Écran tactile	OUI	OUI
Préparation et navigation	OUI	OUI
Vision synthétique 3D	OUI	OUI
Guide de trajectoire	OUI	OUI
Emergency glide / Best glide ring	OUI	OUI
Affichage des trafics	OUI	OUI
Affichage tête haute (HUD)	NON	NON
Contrôle moteur	Jusqu'à 12 cylindres	Jusqu'à 12 cylindres
Option Mini EFIS	Dynon D10A	Dynon D10A
Connexion accessoires mobile	Wifi	Wifi
Panneaux de commandes déportées	Pilote Automatique & boutons rotatifs	Pilote Automatique & boutons rotatifs
Nombre d'entrées discrètes	Variable	Variable
Entrée pour caméra	Option	Option
Types de connexions internes	SV Network, Ethernet & RS232	SkyView Network, Ethernet & RS232
Alarme lumineuse externes	OUI	OUI
Alerte sonore / vocale	OUI / OUI	OUI / OUI
Check List	OUI	OUI
Gestion du temps de vol pilote	OUI	NON
Collecte des données de vol	OUI	OUI
Suivi de la maintenance aéronef	OUI	OUI
Devis de masse & centrage	OUI	OUI
Tension d'alimentation	14 V	14 - 28 V
Alimentation de secours	OUI	OUI
Boîtier de raccordement simplifié	AdvancedPanel, SkyView Network Hub	AdvancedPanel, SkyView Network Hub
Gestion du circuit électrique	Advanced CM ou VP-X (licence \$275)	Advanced CM ou VP-X (licence \$275)
AOA	OUI	OUI
Magnétomètre externe	OUI	OUI
Pilote automatique	1, 2 ou 3 axes	1, 2 ou 3 axes
Boutons ailes à plat / demi-tour	OUI / OUI (écran)	OUI / OUI (écran)
Protection enveloppe de vol	NON	NON
Réglage du compensateur	OUI	OUI
TO/GA	NON	OUI
Compatibilités externes (radio, XPDR...)	●●●	●●●
Prix indicatif pour mono écran 10" avec EMS 4 cylindres Lycoming & Pitot+AOA	\$7690	\$7545
Prix de l'option PA deux axes	\$1610	\$1610
Prix mise à jour cartographie	150€/an	150€/an
Langue de l'interface	Anglais	Anglais, Français, Allemand
Langue documentation	Anglais	Anglais
Qualité de la documentation	●●●	●●●
Date dernière mise à jour (à parution)	Vx15.01.23 décembre 2019	v15.4.7 juin 2019
Principal différentiateur	Câblage simplifié. Écran de 12 pouces. Nombreux éléments en commun avec Dynon.	Câblage simplifié. Dispose maintenant d'une certification ce qui va favoriser sa diffusion auprès de l'aviation certifiée.
Distributeur en France (par ordre alphabétique et pour autant que l'on puisse les trouver facilement sur Internet...)	Pas de distributeur en France	www.aeroglide.fr www.finesse-max.com
Distributeur en Europe	www.aircraftspruce.eu	www.aeroshop.eu www.aircraftspruce.eu www.dynonavionics.de www.gps.co.uk

Garmin	GRT (Grand Rapids Technology)	MGL Avionics
USA	USA	Afrique du Sud
www.garmin.com	www.grtavionics.com	www.mglavionics.co.za
3GX Touch	Horizon HXR & Sport	iEFIS Touchscreen
2014	2012	2013 & 2019 (MX-1)
10.6" / 7"	12.1" / 10.1" / 8.4" / 7" / 6.5"	10.4" / 8.5" & MX-1 en 7"
OUI	Option	OUI
OUI	OUI	OUI
OUI	Option	OUI
OUI	OUI	OUI
OUI	NON	NON
OUI	OUI	OUI
Option AOA	Option	NON
Jusqu'à 12 cylindres	4 ou 6 cylindres	Jusqu'à 24 cylindres
Garmin G5	GRT Mini X	MGL XTreme
Bluetooth	Bluetooth	Bluetooth
Pilote Automatique	NON (mais intégré latéralement pour radio)	NON
11	8	8
OUI	Option	OUI
CAN-Bus & RS232	RS232 & Ethernet	RG174 coax, CAN-Bus & RS232
OUI	OUI	OUI
OUI / OUI	OUI / OUI	OUI / OUI
OUI	OUI	OUI
OUI	NON	NON
OUI	OUI	OUI
NON	NON	NON
OUI	NON	NON
14 - 28 V	14 V (option 28 V)	14 V (option 28 V)
OUI	OUI	OUI
NON	NON	iBOX
GAD-27 ou VP-X	VP-X	AvioGuard, SP-10 ou VP-X
OUI	Option	OUI
OUI	OUI	OUI
1, 2 ou 3 axes	1 ou 2 axes	1, 2 ou 3 axes
OUI / NON (rotation du cap)	NON	OUI / OUI
OUI (ESP-X)	NON	NON
OUI	NON (alerte seulement)	Option
OUI	NON	NON
●●●	●●●	●●●
\$7690	\$7110	\$6440
\$1560	\$1540	\$2090
\$350 à \$550/an	\$175 à \$340/an	130 à 220 €/an
Anglais	Anglais	Menus Anglais, affichage personnalisable
Anglais	Anglais	Anglais & Français(*)
●●●●	●●	●●●
v8.60 décembre 2019	v7.02 janvier 2019	vA1.1.0.2 décembre 2019
Utilisation proche de celle des versions certifiées (G1000...) et système également récemment certifié. PA avec ESP-X.	Nombreuses compatibilités. Prix. Écran de 12 pouces. Option HUD.	Prix. Grandes possibilités de personnalisation de l'interface. Ouverture des protocoles. Simulateurs sur PC.
www.bayo.com www.opaleaero.com (appelez-les si vous n'accédez pas au site) www.seam-avionic.com www.seram-aeromat.fr www.sibavionique.com	Pas de distributeur en France	www.delta-omega.com ou www.mglavionics.eu ou www.stratmaster.eu (*) fourni les manuels en français
www.aeroshop.eu www.aircraftspruce.eu www.gps.co.uk	www.aircraftspruce.eu	www.aeroshop.eu www.aircraftspruce.eu

Advanced Flight Systems AF-5000

Advanced Flight Systems (AFS) a été créé en 1999 et son premier produit fut un matériel de contrôle moteur pour le RV4 que son fondateur était en train de construire.

Les trois générations de systèmes AFS sont supportées, mais seule la série AF-5000, apparue en 2012, reste au catalogue.

Advanced Flight Systems a été acheté par Dynon en 2013, affichant tout de suite l'objectif de conserver cette marque pour le haut de gamme. Ils en ont profité pour unifier les protocoles d'interfaçage et sont capables maintenant de partager des accessoires tels que les panneaux de boutons externes ou le fort pratique Advanced Panel System.

Spécificités du système

La version AF-5800 de 12 pouces est un des plus grands écrans EFIS du moment.

Le boîtier optionnel Advanced Panel System (APS) est apparu en 2014 afin de simplifier le câblage en évitant au maximum la nécessité de sertir des connecteurs. En 2018, le boîtier a été amélioré afin de proposer une gestion du circuit électrique, des volets, des trims et des lumières, nommé « Advanced Control Module ». (Photo 8+)

AFS propose en option les panneaux de commande Dynon permettant de compléter la saisie tactile en ajoutant des boutons rotatifs et des commandes du Pilote Automatique.

AFS et Dynon partagent d'autres éléments tels que l'EMS, l'ADAHRS, les servos, antennes, magnétomètre, tubes pitots, etc.

Notons que l'utilisation du VP-X de Vertical Power nécessite une licence unique à \$275 chez Dynon et AFS, contrairement aux autres qui le fournissent sans surcoût.

Spécificités du câblage

La série AF-5000 utilise des câbles Ethernet entre les écrans, un réseau spécifiques, identique au Dynon, nommé SkyView Network (SN) entre les principaux éléments, des liaisons RS232 pour les interconnexions entre les éléments externes, ainsi qu'une ligne dédiée audio pour commander



Photo 1 : L'écran 10 pouces AF-5600 de AFS.

la radio depuis l'EFIS. (Figure A)

Le SN a la particularité d'être fourni sous forme de sections pré-câblées en différentes longueurs (Photo 9). Il assure nativement la redondance du système.

Un concentrateur cinq ports, le SV-NET-HUB (Photo 7), permet de relier très simplement les éléments au SV Network, notamment en l'absence d'un Advanced Control Module.



Photo 9 : Câble type du SV network

AFS et Dynon semblent avoir tout fait pour simplifier l'installation par des constructeurs pressés de terminer leur machine et d'aller voler !

Qualité de la documentation

La notice d'installation est de bonne qualité et dans un anglais technique accessible. On doit bien reconnaître que la simplification à l'extrême des modalités de câblage limite le besoin de détails concernant le sertissage des connecteurs...

En revanche, ils présentent des montages types des éléments du système pour les appareils les plus courants du marché américain.

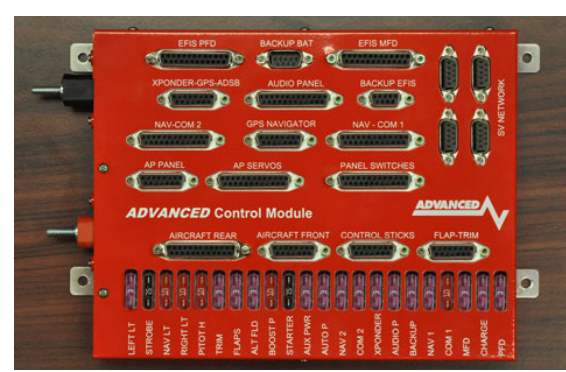


Photo 8 : L'Advanced Control Module (version fusibles)

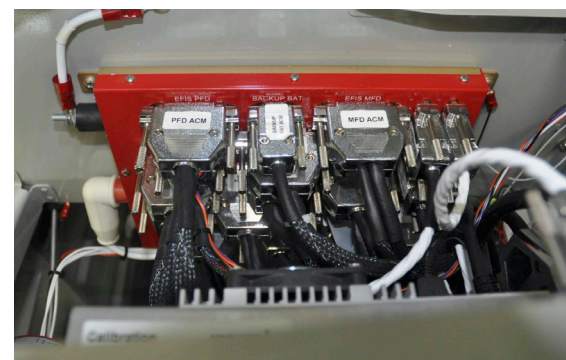


Photo 8bis : L'Advanced Control Module en situation.

Les informations fournies ici forment un résumé non exhaustif et n'ont pas pour vocation de remplacer la documentation constructeur qui, seule, peut faire référence.

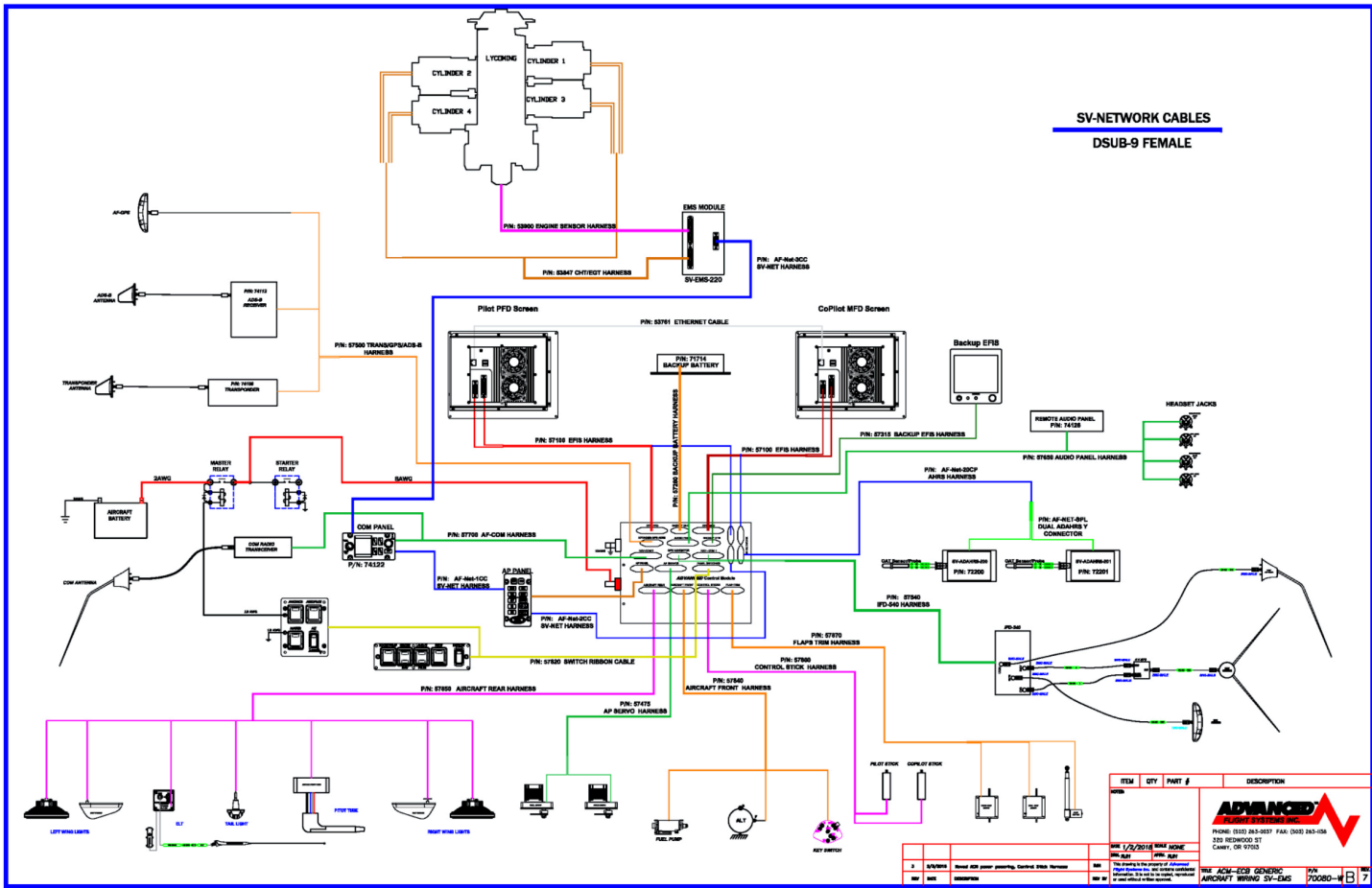


Figure A : Schéma des types de connexion de la série AF-5000 autour d'un Advanced Control Module.

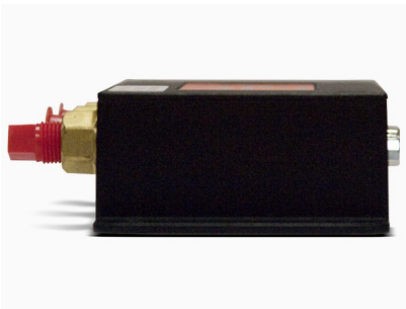


Photo 2 : ADAHRS, vue de côté.



Photo 4 : Servo SV32/SV42/SV52, ici en version capstan.



Photo 6 : Antenne GPS.



Photo 3 : Sonde OAT.



Photo 5 : Tube pitot/AOA.



Photo 7 : SV Network Hub 5 ports

Dynon SkyView HDX

Que de chemin parcouru depuis 2000, lorsque Dynon proposait un capteur pitot pour AOA. Puis vint le mini EFIS D10 en 2003, ancêtre d'une grande lignée actuellement emmenée par le SkyView HDX sorti en juillet 2016.

Les trois générations de systèmes SkyView restent disponibles au catalogue, incluant le SkyView SE de mars 2016 (sans cartographie, ni vision synthétique) et le SkyView Classic de 2009.

Dynon a fait l'acquisition de Advanced Flight Systems en 2013, afin d'élargir sa gamme vers le haut. Ils en profitent pour unifier les protocoles d'interfaçage et sont capables maintenant de partager des accessoires tels que les panneaux de boutons externes ou le fort pratique Advanced Panel System.

La gamme Dynon existe depuis peu également pour l'aviation certifiée, en retrofit ou en première monte.

Spécificités du système

Comme pour AFS : Advanced Panel System (APS) et Advanced Control Module simplifient le câblage.

Dynon propose en option des panneaux de commande permettant de compléter la saisie tactile en ajoutant des boutons rotatifs (Photo 6) et des commandes du Pilote Automatique (Photo 5).

Trois servos de PA sont proposés, offrant des forces croissantes (Photo 4).

La platine basse portant les boutons poussoirs et rotatifs est inclinée vers le pilote. (Photo 8)

Un magnétomètre externe optionnel permet de résoudre des problèmes d'interférence. (Photo 9)

Notons que l'utilisation du VP-X de Vertical Power nécessite une licence unique à \$275 chez Dynon et AFS, contrairement aux autres qui le fournissent sans surcoût.

Spécificités du câblage

Le SkyView HDX utilise des câbles Ethernet entre les écrans, un réseau spécifique nommé SkyView Network (SN) entre les principaux éléments, des liaisons RS232 pour les intercon-



Photo 1 : L'écran 10 pouces du Dynon Skyview HDX.

nexion entre les éléments externes, ainsi qu'une ligne d'interconnexion audio pour commander la radio depuis l'EFIS. (Figure A)

Le SkyView Network a la particularité d'être fourni sous forme de sections pré-câblées en différentes longueurs. Il assure nativement la redondance du système.

Un concentrateur 5 ports, le SV-NET-HUB (Photo 7), permet de relier très simplement les éléments au SV Network.

Dynon recommande fortement de n'utiliser que du câble Ethernet garanti « Low Smoke Zero Halogen » pour le montage dans un avion afin de réduire au maximum les risques d'intoxication en cas d'incendie.

Les connexions RS232 sont principalement utilisées pour connecter des éléments compatibles, tels que les transpondeurs, GPS/Com, systèmes d'anti-collision.

Qualité de la documentation

La notice d'installation est de bonne qualité et dans un anglais technique accessible. On doit bien reconnaître que la simplification à l'extrême des modalités de câblage limite le besoin de détails concernant le sertissage des connecteurs...



Photo 8 : La vue de côté du HDX, avec sa platine basse inclinée pour une meilleure ergonomie.

Les informations fournies ici forment un résumé non exhaustif et n'ont pas pour vocation de remplacer la documentation constructeur qui, seule, peut faire référence.

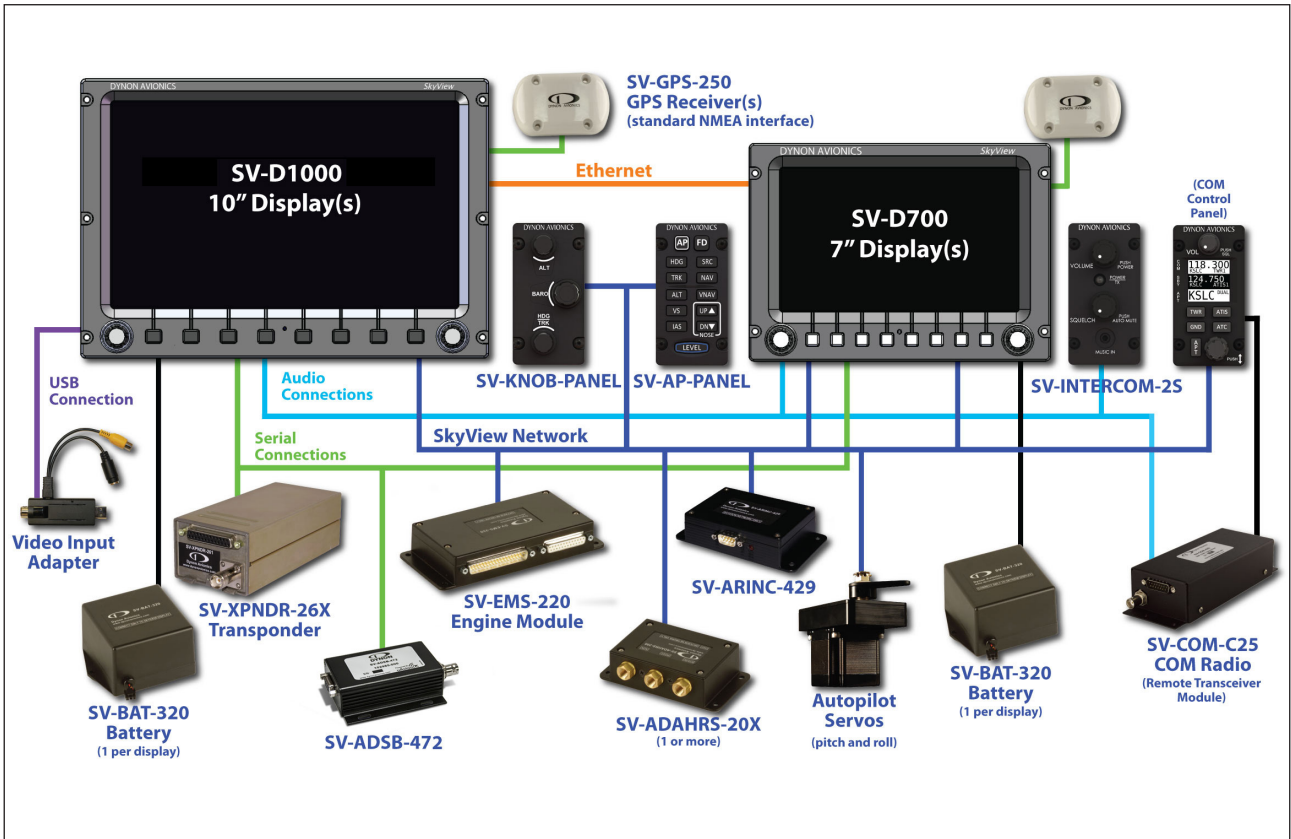


Figure A : Schéma des types de connexion du Dynon SkyView.



Photo 9 : Magnétomètre externe.

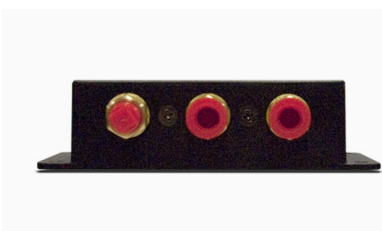


Photo 2 : ADAHRS, vue de face.

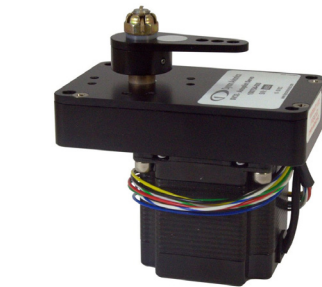


Photo 4 : Servo SV32/SV42/SV52.



Photo 6 : Boutons rotatifs externes.



Photo 3 : EMS SM-EMS-220..



Photo 5 : Commandes externes PA.



Photo 7 : SV Network Hub 5 ports

Les informations fournies ici forment un résumé non exhaustif et n'ont pas pour vocation de remplacer la documentation constructeur qui, seule, peut faire référence.

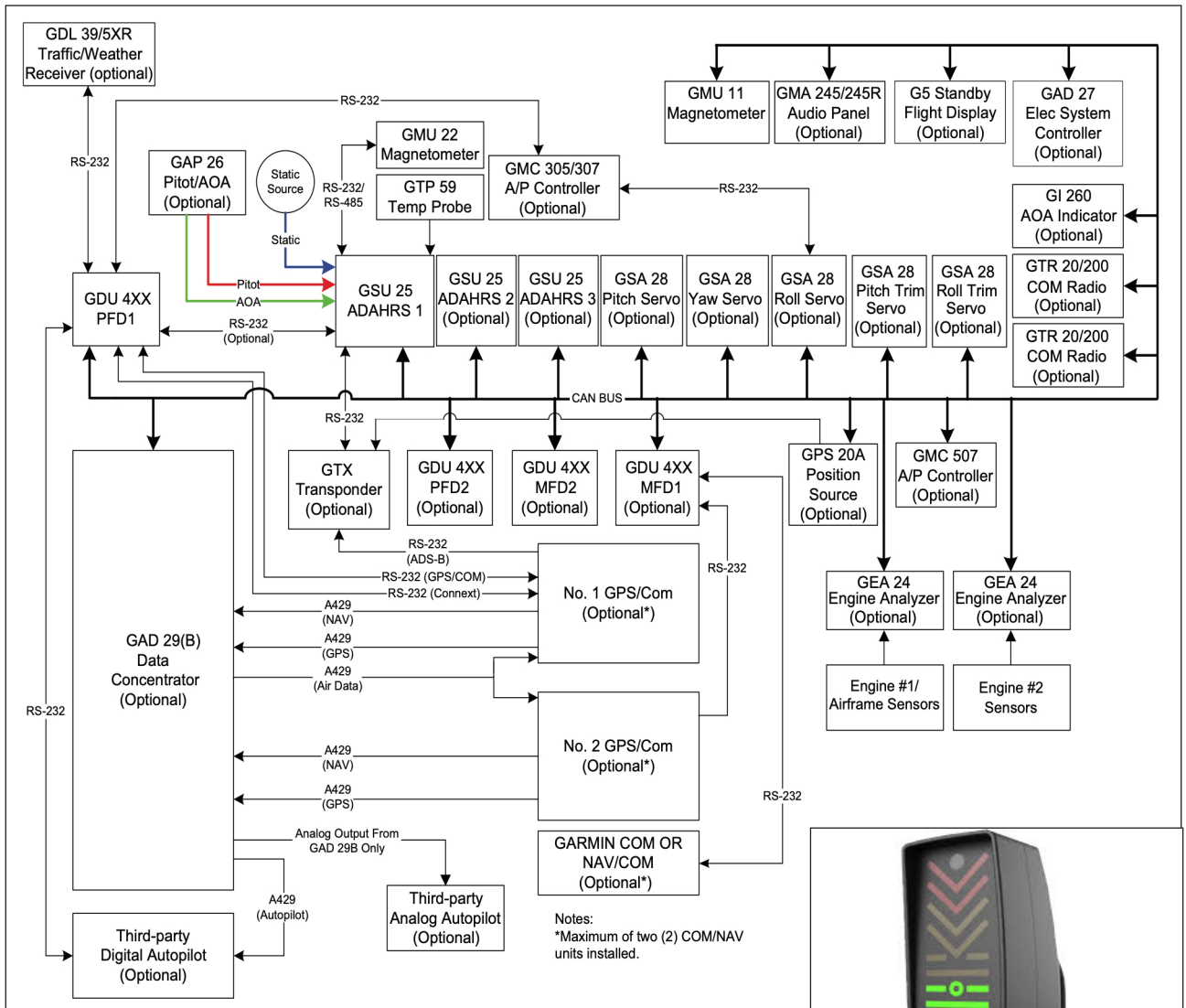


Figure A : Schéma des types de connexion du Garmin G3X Touch.



Photo 9 : AOA tête haute GI-260



Photo 2 : ADAHRS GSU-25.



Photo 4 : Servo GSA-28.



Photo 6 : Commande PA GMC-305.



Photo 3 : EMS GEA-24.



Photo 5 : Magnétomètre GMU-11.



Photo 7 : GAD-27.

GRT Horizon HXr

Grand Rapids Technologies a été fondée en 1991 par un passionné d'aviation pour adresser le marché du contrôle moteur, où 25000 instruments ont été diffusés depuis.

En 2003, avec l'arrivée d'un autre passionné, GRT a développé son premier EFIS et n'a cessé d'évoluer depuis.

La gamme HXr est arrivée sur le marché en 2012, avec des écrans horizontaux de 6.5, 8.4, 10.1 et 12.1 pouces (Photo 1).

Spécificités du système

La version de 12 pouces est un des plus grands écrans EFIS du moment.

Des boutons additionnels sont présents sur le côté droit et peuvent servir à commander une radio sans afficheur.

GRT propose un écran de Vision tête haute (HUD) en option. (Photo 7)

Le contrôle moteur, appelé EIS, peut fonctionner combiné avec l'EFIS ou bien seul.

Un module ARINC est intégré avec une capacité de 8 ports série.

Il ne semble pas y avoir de contrôle de lacet sur le Pilote Automatique GRT.

Spécificités du câblage

Les écrans sont reliés entre eux avec des câbles Ethernet tandis que tous les éléments de l'EFIS sont interconnectés en RS232.

GRT propose un faisceau de câblage avec des connecteurs qui devront être sertis par le constructeur.

Qualité de la documentation

La documentation n'existe qu'en anglais et m'a semblé assez légère, d'autant que la grande majorité des documents n'a pas évolué depuis 2013.

Bien qu'ayant reçu une mise à jour du logiciel début 2019, le manuel d'installation date de mai 2015.

Ces manquements sont probablement compensés par le service client qui a bonne réputation sur les forums.



Photo 1 : L'écran 10 pouces du GRT HXr.

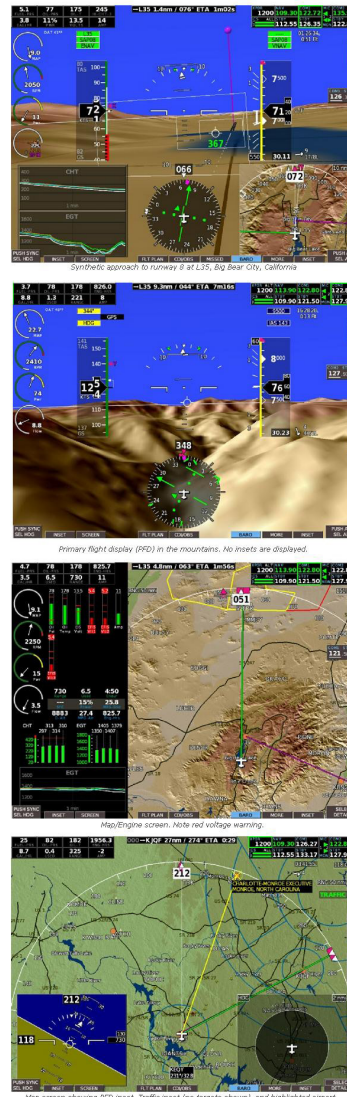


Photo 8 : Quelques écrans GRT.

Les informations fournies ici forment un résumé non exhaustif et n'ont pas pour vocation de remplacer la documentation constructeur qui, seule, peut faire référence.

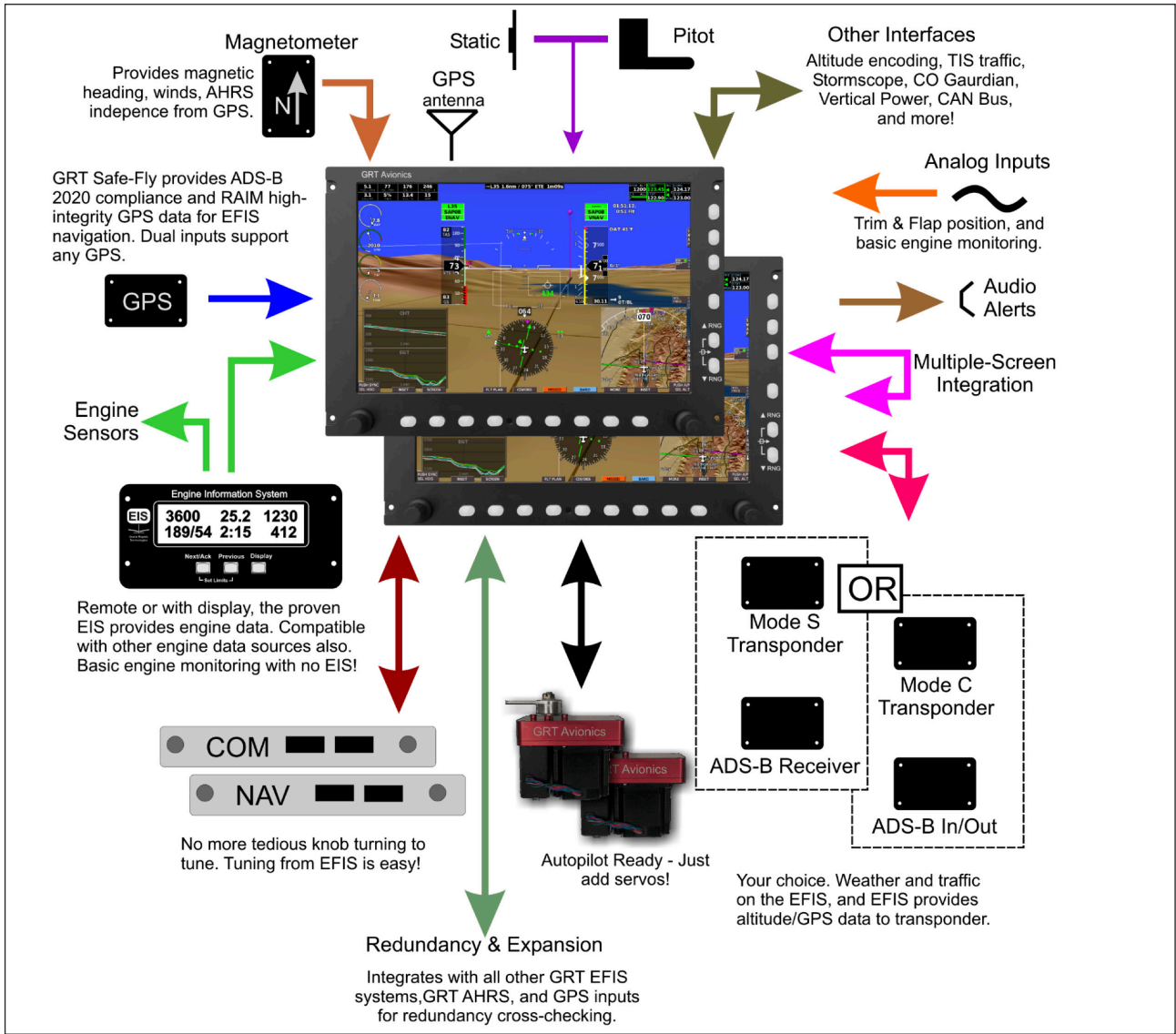


Figure A : Schéma des types de connexion du GTR HXR.



Photo 2 : Adaptive AHRS.



Photo 4 : Servo GRT



Photo 6 : GPS Safe-Fly 2020

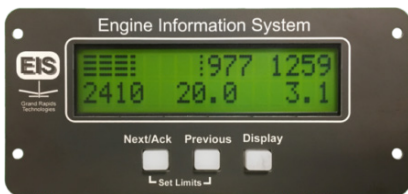


Photo 3 : EIS GRT



Photo 5 : Magnétomètre GRT

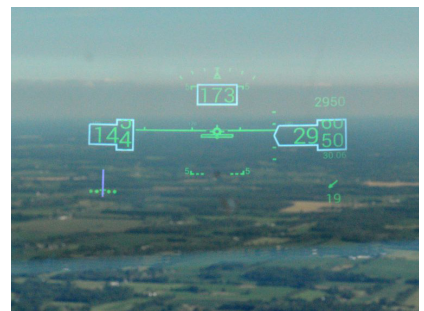


Photo 7 : HUD de GRT

MGL iEFIS

MGL a été fondée en 2001 par deux passionnés d'aviation Sud Africains qui fabriquent leurs matériels près du Cap.

MGL s'est fait connaître avec de nombreux instruments LCD aux formats 57 et 80 mm, puis par la gamme XTreme en EFIS et en EMS, des radios et transpondeurs.

La gamme iEFIS est arrivée sur le marché en 2013, avec des écrans horizontaux de 7, 8,5 et 10.4 pouces (Photo 1). En 2019, MGL a lancé une évolution nommée MX-1 comportant des écrans verticaux de 7 pouces. (Photo 9)

Un forum utilisateurs indépendant est disponible sur www.mglavionicsusers.org avec de nombreux conseils et tutoriels.

Spécificités du système

MGL a créé une boîte de raccordement nommée iBOX pour simplifier l'installation. (Photo 6)

Les volets et les trims sont gérés via le boîtier SP-10. Il offre également une fonction autotrim lorsqu'il est associé au PA MGL. (Photo 7)

Outre sa compatibilité avec le VP-X, MGL propose un ECB, Electronic Circuit Breaker, comportant huit canaux et permettant le wigg-wag et la gestion du strobe. (Photo 8)

Jusqu'à quatre sources vidéo peuvent être connectées à un écran.

La grande particularité de MGL est de proposer la possibilité de configurer totalement l'interface de votre EFIS. Des simulateurs sur PC vous permettront de vous entraîner.

Spécificités du câblage

Le iEFIS utilise deux CAN-Bus pour relier les principaux éléments (par exemple le Bus 1 pour les PA et le transpondeur et Bus 2 pour les capteurs), ainsi que six connexions RS232 pour les radios et autres accessoires.

Un réseau dédié, nommé « EFIS LAN », permet de relier les écrans entre eux et avec la iBOX. Il est réalisé avec du câble coaxial à la norme RG-174.

Les versions « Lite » de iEFIS n'utilisent pas iBOX et proposent deux



Photo 1 : L'écran 10.4 pouces du iEFIS « Challenger ».

connexions RS232 et un CAN-Bus.

La connexion d'un Pilote Automatique non MGL peut se faire via le boîtier ARINC.

Les remarques concernant le CAN-Bus sont proches de celles du Garmin, alors j'en profite pour signaler quelques règles de câblage :

- Vos câblages doivent être les plus courts et circuler le plus directement possible.
- Évitez les coudes à faible rayon de courbure.
- S'ils doivent passer près des câbles de commandes, assurez-vous de bien les fixer pour qu'ils ne frottent pas.
- Assurez-vous d'avoir suffisamment de place pour manipuler et retirer les connecteurs.
- Ne faites pas passer le coax d'antenne GPS à côté des coax radio et transpondeur.
- Ne faites pas passer vos câbles avionique près des faisceaux d'allumage ou à côté de moteurs (train, trim...) afin d'éviter les interférences.

Qualité de la documentation

La documentation est composée de nombreux fichiers PDF en anglais disponibles en téléchargement. Les notices d'installation ont été traduites en français par Delta Omega, à l'usage exclusif de ses clients.



Photo 9 : Nouveau MX-1, écran vertical de 7 pouces.

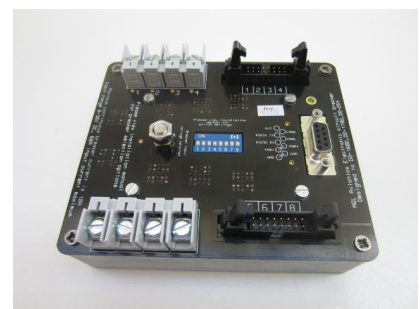


Photo 8 : ECB

Les informations fournies ici forment un résumé non exhaustif et n'ont pas pour vocation de remplacer la documentation constructeur qui, seule, peut faire référence.

Example system design

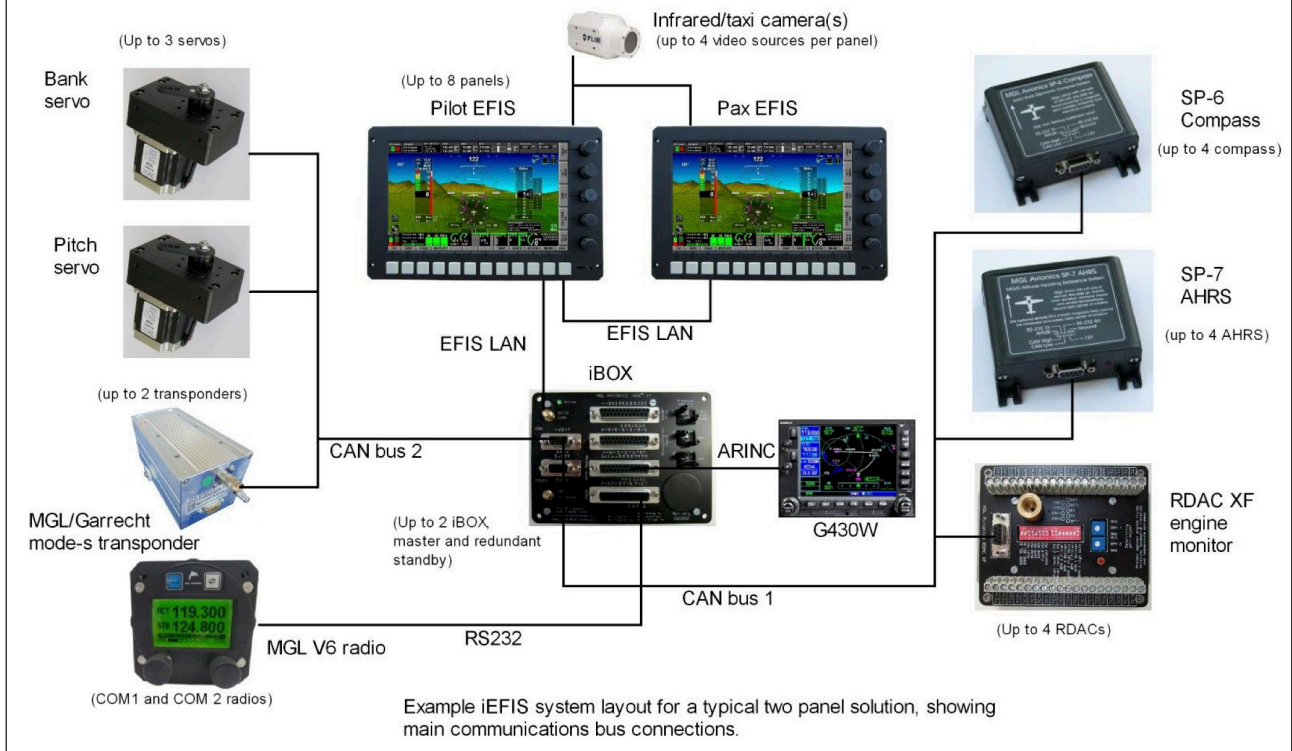


Figure A : Schéma des types de connexion du MGL iEFIS avec iBOX.



Photo 2 : AHRS SP-7



Photo 4 : Servo MGL



Photo 6 : iBOX

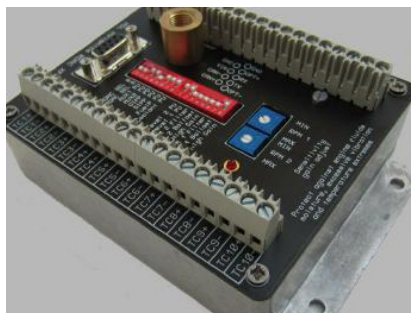


Photo 3 : EMS RDAC XF



Photo 5 : Magnétomètre SP-6



Photo 7 : SP-10

Glossaire

ADAHRS : Air Data, Attitude, and Heading Reference System. AHRS incluant les données « air » en provenance du pitot et des prises statiques, ainsi que de l'AOA.

ADS-B : Automatic Dependent Surveillance-Broadcast. Système de surveillance collaboratif pour le contrôle du trafic aérien. Il informe aussi bien le contrôle aérien que les autres appareils.

AHRS : Attitude and Heading Reference System. Ensemble de capteurs sur trois axes permettant de définir la position d'un avion dans l'espace grâce aux accélérations et aux champs magnétiques qu'ils subissent.

AOA : Angle Of Attack. Mesure et affichage de l'angle d'incidence de l'aile.

AP/PA : Auto Pilot / Pilote Automatique

CAN-Bus : Controller Area Network Bus. Méthode d'interconnexion de systèmes par multiplexage, utilisé notamment dans l'automobile.

Capscan : Système mécanique d'accrochage d'un câble de commande de vol sur un servo. Utilisé principalement pour la commande de lacet.

ECB : Electronic Circuit Breaker. Disjoncteur piloté électroniquement et dont l'affichage du statut se fait sur l'EFIS.

EFIS : Electronic Flight Instrument System. Système d'instrumentation de vol électronique avec affichage sur écran. Également appelé « Glass cockpit ».

EIS ou EMS : Engine Information System ou Engine Monitoring System. Système de contrôle moteur, incluant l'affichage des données mesurées, des alertes, des graphismes et des informations consolidées (exemple Lean of Peak).

Discrete input : Entrée logique permettant de collecter une information d'état, telle qu'un contact de fermeture d'un coffre ou d'une jambe de train rentrée..

FLARM : Flight Alarm. Système anti-collision très répandu dans les planeurs.

Glass cockpit : Littéralement « Tableau de bord en verre ». Tableau de bord équipé d'EFIS et donc d'écrans (glass).

GPS : Global Positioning System. Système de localisation par satellites. Similaire au GLONASS et à Galileo.

Ground : Masse.

Harness : Faisceau électrique.

HSI : Horizontal Situation Indicator. Instrument de guidage pour les approches ILS, visualisant l'écart avec la trajectoire dans le plan vertical.

HUD : Head Up Display. Vision tête haute par affichage des paramètres de vol sur une plaque transparente disposée au dessus du tableau de bord.

Lean of Peak : Mixturage du moteur optimisé pour réduire la température des cylindres en limitant la consommation et la puissance.

Moving Map : Carte géographique défilante ou déroulante.

Shielded : Blindé. Ce dit d'un câblage entouré d'un filet métallique, relié ou pas à la masse.

Shield Floats : Blindage non connecté à une masse.

TCAS : Traffic Collision Avoidance System. Système d'alerte de trafic et d'évitement de collision.

Touchscreen : Écran tactile.

Twisted : Se dit d'une paire de fils torsadés. Ceci limite le rayonnement électromagnétique du câble.

VHF : Very High Frequency, Très haute fréquence. Acronyme utilisé pour désigner la radio.

Voice alert : Alerte vocale par phares pré-enregistrées ou synthétisées.

VP/X : Système électrique centralisé de Vertical Power compatible avec les plus grandes marques.

XPDR : Acronyme utilisé pour le transpondeur.

Yaw damper : Système d'amortissement de lacet, troisième axe optionnel du Pilote Automatique.