VOUS NE POUVEZ PAS CONSTRUIRE UN AVION SANS BOULON NI ÉCROU

Bien sûr vous utiliserez des écrous et des boulons. Mais, à moins que vous n'utilisiez des boulons de qualité aéronautique et que vous ne les installiez correctement, autant essayer de construire sans eux, car vous ne serez jamais vraiment sûr qu'ils maintiendront les éléments ensemble dans les conditions de vol que vous rencontrerez.

Les quincailleries et les magasins discount ne vendent pas de boulons ou d'écrous de qualité aéronautique. Les boulons en acier ordinaires achetés dans ces magasins ne doivent jamais être utilisés dans des aéronefs à des fins structurelles. Fabriqués en acier doux (faible teneur en carbone) et ayant une résistance à la traction relativement faible (environ 55 000 psi), ils manquent de la fiabilité nécessaire dans les structures d'aéronefs.

Ces boulons sont faibles, ils se plient facilement et sont très sensibles à la corrosion. Vous pouvez reconnaître ces boulons de quincaillerie à leur tête carrée ou hexagonale, généralement dépourvue de tout marquage d'identification. De plus, pour la plupart, ces boulons ont des filetages grossiers et sont normalement utilisés avec des écrous simples dépourvus de capacité d'auto-verrouillage.

Les boulons en acier ordinaires pourraient convenir pour fabriquer des bancs de pique-nique et des barbecues portables, mais pas pour la construction d'avions… pas si vous tenez à votre vie ! Même les constructeurs de karts utilisent des matériels aéronautiques, et pourtant ils ne volent pas (du moins pas en hauteur). Oui, la plupart des constructeurs d'ultralégers utilisent également des boulons aéronautiques. Et j'aimerais croire que tous les constructeurs sont suffisamment informés pour insister sur l'utilisation de boulons et de matériels de qualité aéronautique dans l'ensemble de leur aéronef.

Me croiriez-vous ? Dans cette étrange économie qui est la nôtre, il est souvent possible d'acheter des boulons aéronautiques à moindre coût que certains des modèles vendus en quincaillerie ! Ainsi, en effet, envisager l'usage de boulons ordinaires de quincaillerie est totalement dénué de sens.

IDENTIFICATION DES BOULONS ET NORMES

Il n'existe pas de méthode simple pour un constructeur à temps partiel de se familiariser avec les différentes classes et types de boulons aéronautiques, car ils sont fabriqués dans d'innombrables formes et avec toutes sortes de marquages.

Les têtes de boulons aéronautiques sont marquées pour identification avec des symboles en relief. Ces marquages indiquent le matériau dont est fait le boulon… et souvent le fabricant qui l'a produit. Parfois, la tête ne présente qu'un astérisque ou un simple X pour l'identifier comme un boulon aéronautique standard en acier résistant à la corrosion. Plusieurs des types de boulons les plus couramment utilisés sont illustrés à la Figure 1.

À une époque, il n'existait qu'une seule norme générale pour les boulons aéronautiques. Comme l'aviation militaire était le plus grand utilisateur, l'Armée et la Marine ont décidé d'établir une série de boulons spéciaux connus sous le nom de série AN. La norme des boulons AN est toujours largement utilisée dans l'aviation générale, bien que d'autres normes fassent progressivement leur apparition et compliquent ainsi les choses pour le personnel de maintenance et d'approvisionnement, en particulier pour les constructeurs amateurs. Une partie de cette complexité provient du matériel fabriqué selon les normes militaires (MS), les normes aérospatiales nationales (NAS) et autres. Mais n'ayez crainte. Le matériel conforme à la norme AN répond toujours à la plupart des besoins des constructeurs amateurs, et à moins de vouloir utiliser largement le matériel conforme aux normes MS ou NAS, vous ne devriez pas rencontrer de difficultés majeures. La plupart des fournisseurs destinés aux constructeurs amateurs stockent exclusivement le matériel AN le plus connu. Si d'autres types sont disponibles, ils seront très probablement référencés dans leurs catalogues.

Les boulons AN sont fabriqués à partir d'un alliage de nickel, en acier résistant à la corrosion et sont traités thermiquement pour atteindre au minimum 125 000 psi. D'un autre côté, des boulons en acier conformes aux normes NAS ou MS similaires ont une résistance à la traction égale (ou supérieure), 160 000 psi étant la plus fréquente.

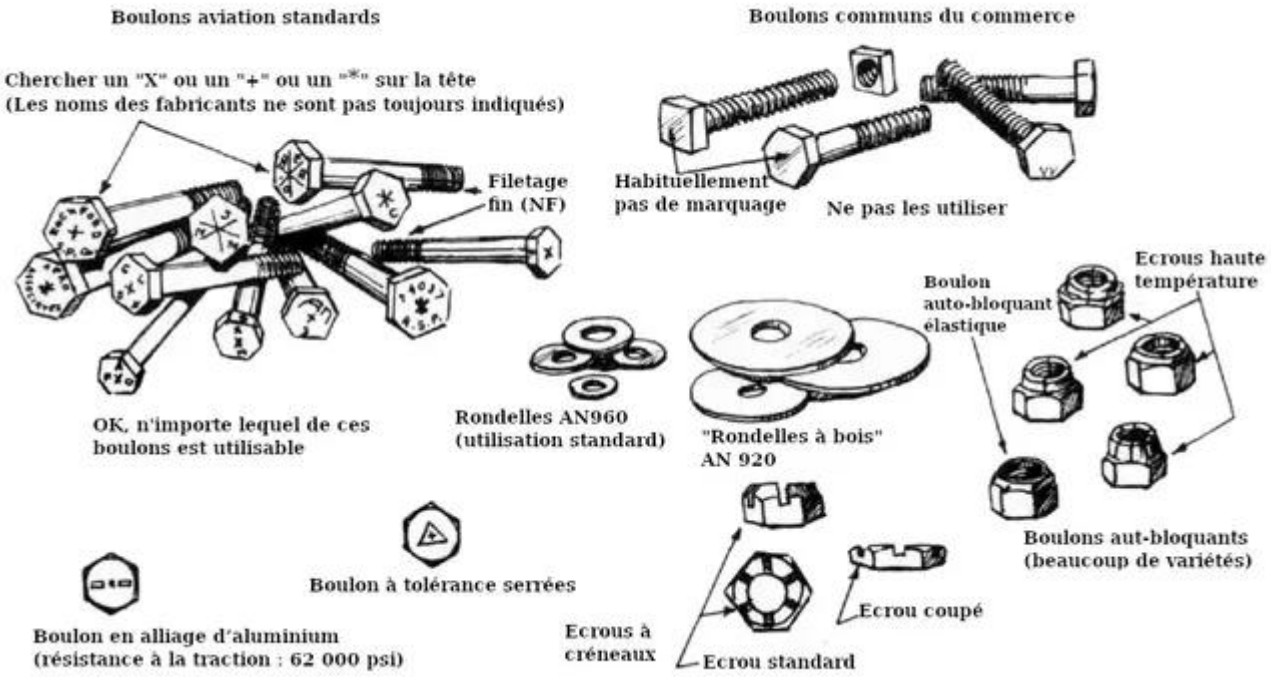
Les boulons AN vont en diamètre du AN3, qui est un boulon de 3/16″, jusqu'aux boulons AN20 (diamètre d'1/2″). Dans les catalogues d'approvisionnement et sur les plans, les boulons aéronautiques sont normalement listés par leur numéro AN. Le numéro AN est généralement suivi d'un tiret et d'autres chiffres et/ou lettres pour indiquer la longueur du boulon et si la tête et la tige sont percées à des fins de sécurité. Pas besoin de mémoriser ces numéros après le tiret… il suffit de se référer à un catalogue de fournitures pour constructeurs amateurs et tout y sera listé… y compris le prix, bien sûr.

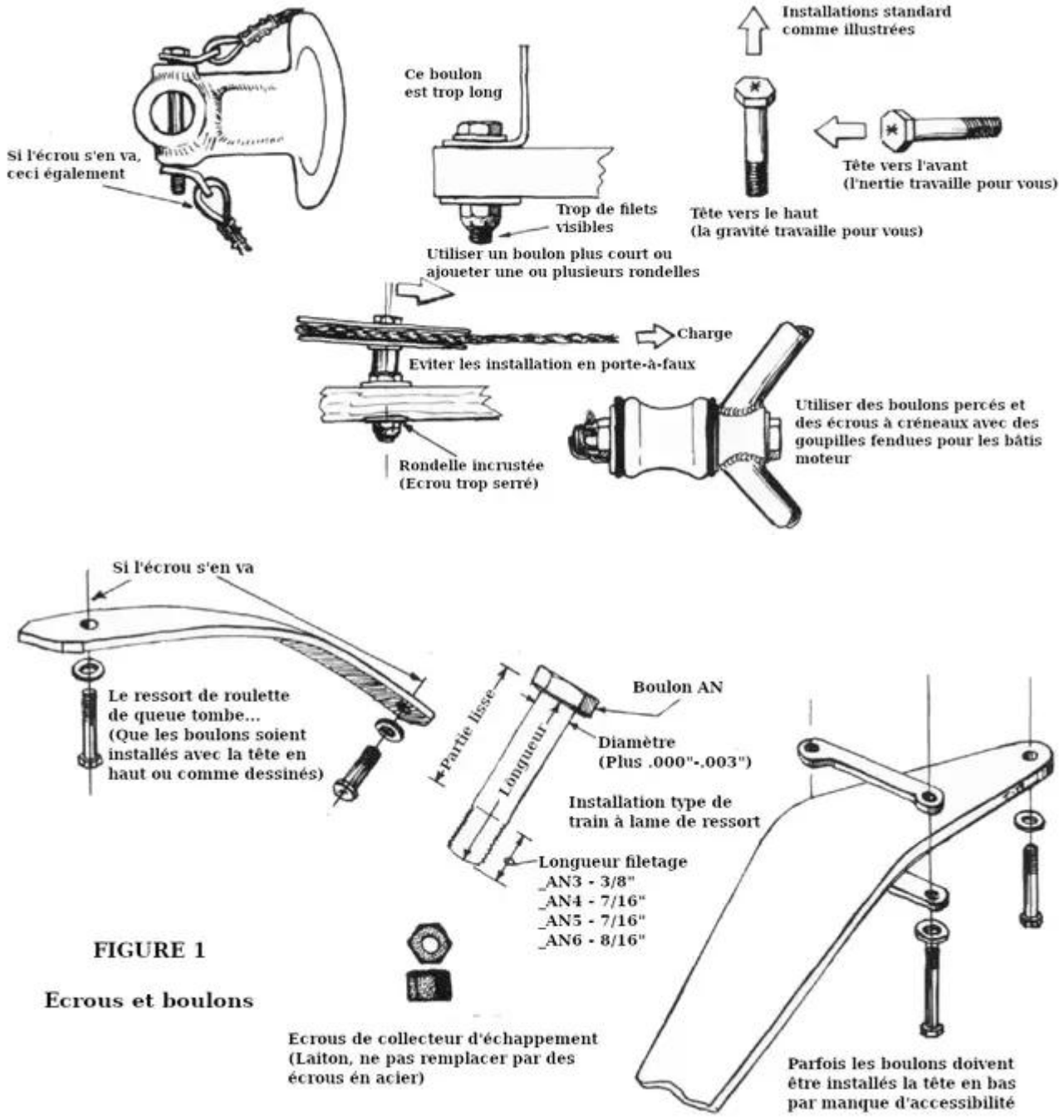
CONSEILS POUR LA SÉLÉECTION ET L'UTILISATION DES BOULONS

Le boulon AN3 est le boulon en acier de plus petit diamètre acceptable pour une utilisation dans la structure primaire de votre aéronef. Cela inclut toute structure dont la défaillance pourrait avoir des conséquences désastreuses. Les boulons de fixation d'ailes, de train d'atterrissage, d'hélice, de support moteur, etc., sont des exemples de structure primaire. D'autres zones, bien que moins visibles, peuvent être tout aussi importantes.

C'est une mauvaise pratique que de couper les filets supplémentaires sur un boulons trop long. D'une part, la protection contre la corrosion par placage de cadmium serait perdue. pour le mettre à la longueur requise. De plus, le filetage en atelier semble affaiblir le boulon à l'endroit où le filet se termine… donc, n'utilisez pas de boulons modifiés dans des endroits très sollicités.

Il peut arriver qu'un boulon s'ajuste un peu trop lâchement à votre goût. Saviez-vous qu'il existe une tolérance dans les diamètres standard des boulons du même numéro AN ? Prenons l'exemple d'un boulon AN3. C'est un boulon de 3/16″ et son diamètre mesurera 0,189″ plus 0,000″ à moins 0,003″. Ainsi, à cause de cette marge, un boulon peut s'ajuster parfaitement tandis qu'un autre peut être un peu lâche.





Si vous vous trouvez dans une situation comme celle-là, vous pourriez trier vos boulons pour trouver celui qui s’adapte le mieux. En parcourant votre catalogue de fournitures préféré, vous pourriez constater que vous avez encore un petit problème pour déterminer la longueur exacte de boulon dont vous avez besoin. Beaucoup de catalogues indiquent seulement la longueur totale, du bas de la tête du boulon jusqu’à l’extrémité du boulon. Comme la partie filetée ne doit pas supporter de charge dans la structure ou l’assemblage… quelle doit être la longueur du boulon pour fournir la longueur de serrage nécessaire ? Peut-être que ceci vous aidera.

Les boulons d’aéronef ont une partie filetée relativement courte, qui représente environ 3/8″ d’un boulon AN3… 7/16″ d’un boulon AN4 ou AN5 et environ 9/16″ pour les boulons plus grands. Cela limite sévèrement l’utilisation de n’importe quelle longueur de boulon à une plage très étroite, car seule la tige (la partie lisse) est conçue pour supporter les charges de cisaillement. Lorsque vous installez un boulon, sa tige doit être suffisamment longue pour que les filets ne soient pas utilisés en appui. Autrement dit… pas plus d’un filet du boulon ne doit supporter une charge à l’intérieur d’un assemblage (être à l’intérieur du bois). Si c’est le cas, utilisez le boulon de taille supérieure suivante. Vous avez peut-être remarqué dans les catalogues que les boulons sont disponibles en longueurs graduées par incréments de 1/8″. Parfois, le boulon de taille supérieure suivante sera un peu trop long, mais vous pouvez utiliser jusqu’à deux rondelles standard pour compenser.

Il a déjà été souligné que les boulons AN, pour un diamètre donné, varient d'environ 0,003″. Si vous avez besoin d'un ajustement très serré dans une installation boulon métal-sur-métal, vous devriez percer le trou légèrement sous-dimensionné et l'aléser à la taille. Lorsque cet ajustement serré est nécessaire, vous devriez utiliser des boulons à tolérance serrée. Ces boulons sont identifiés par un triangle en relief sur la tête du boulon. Les boulons à tolérance serrée sont usinés avec précision après le placage au cadmium. Cela permet d'obtenir des diamètres très uniformes entre les boulons. La tolérance de fabrication est indiquée comme 0,0005″ ou moins.

BOULONS EN ALLIAGE D'ALUMINIUM

Avec des constructeurs de plus en plus attentifs au poids et avec l'essor des aéronefs ultralégers, j'attends une augmentation de l'utilisation des boulons en alliage d'aluminium. La règle pour les aéronefs conventionnels a toujours été de ne jamais utiliser de boulons en aluminium dans la structure primaire pour des diamètres inférieurs à 1/4″. Les boulons en aluminium sont normalement utilisés dans des applications en cisaillement, jamais en traction. Installez les boulons en aluminium avec des écrous en aluminium. Bien qu'il n'existe pas d'interdiction formelle d'utiliser un écrou en aluminium sur un boulon en acier, je n'apprécie pas cette pratique. Mélanger des écrous et boulons en aluminium et en acier est une mauvaise pratique, en particulier lorsque l'assemblage est dans un hydravion. Le risque de corrosion sérieuse est important chaque fois que des métaux différents non protégés, en contact étroit, sont exposés à l'eau de mer ou aux embruns (d'ailleurs les contacts entre métaux différents favorisent l'oxydation, même sans présence d'eau salée).

Les boulons et écrous en alliage d'aluminium ne conviennent pas aux endroits où ils doivent être fréquemment retirés pour maintenance ou inspection, car ils ne tolèrent pas des démontages et réinstallations répétés.

Vous pouvez identifier un boulon en aluminium à ses marquages sur la tête, deux traits en relief, et à son poids relativement léger. Ils sont assez solides pour leur poids et ont une résistance à la traction d'environ 65 000 psi.

TOUJOURS PROCÉDER AINSI… PARFOIS

Il existe beaucoup de ce que l'on pourrait appeler du folklore concernant les boulons d'aéronef et la manière dont ils doivent être utilisés. La plupart de ces révélations reposent sur la logique, certes, mais au fil du temps, la vérité a tendance à se tordre un peu. Par exemple :

« Il est obligatoire d'installer les boulons avec leur tête vers le haut ou orientée dans le sens du sillage. »
Ce n'est pas vraiment le cas. C'est une bonne pratique coutumière, mais ce n'est pas un décret gouvernemental. L'origine remonte à l'idée que, dans l'hypothèse très improbable où un écrou se détacherait, le boulon ne tomberait pas et l'assemblage ne se désolidariserait pas. Logique, mais cela ne fonctionne pas toujours. Parfois, le boulon ne peut être inséré que dans une seule direction et, si cela se produit par le bas… eh bien, tant pis. Dans d'autres cas, même si l'écrou se détache, certains assemblages se désolidariseraient malgré tout même si le boulon avait été installé dans la position classique, tête en haut. En effet, si possible, insérez le boulon tête en haut et/ou vers l'avant. Sinon, vous ne violez aucune réglementation et vous ne vous exposez pas à de graves conséquences.

Voici un autre exemple que la plupart des constructeurs considèrent comme vérité :
« Ne jamais utiliser un écrou nylstop avec un boulon percé. »
Les bords du trou du boulon, supposément, déchireraient la fonction de verrouillage par frottement et détruiraient la capacité d'auto-verrouillage. Encore une fois, ce n'est pas exact. Bien sûr, s'il y a un copeau autour du trou de goupille (peu probable), il pourrait causer un dommage… mais détruire la capacité d'auto-verrouillage de l'écrou élastique est très improbable !

Et celui-ci :
« Ne jamais, jamais réutiliser un écrou Nylstop. »
Encore faux. Ces écrous peuvent être réutilisés autant de fois que nécessaire… peut-être jusqu'à 50 fois sans réduire la fonction d'auto-verrouillage. Le contrôle évident pour la plupart des écrous auto-bloquants est qu'il ne doit pas être possible de visser complètement l'écrou avec les doigts. Si l'écrou se met en place aussi facilement, la fonction d'auto-verrouillage est « morte ». Cependant, ici je tombe dans le même piège de généralisation. Il existe des écrous auto-bloquants qui se vissent entièrement avec les doigts et dont la fonction d'auto-verrouillage n'entre en action qu'une fois l'écrou serré au couple.

Et parlant de couple. Que penser de ceci :
« Tous les écrous et boulons utilisés dans les aéronefs doivent être serrés au couple avec une clé

dynamométrique calibrée. »
Pas un mauvais conseil, vraiment, mais dans la réalité, c'est souvent peu pratique et parfois inefficace. La plupart des constructeurs et mécaniciens n'utilisent pas de clé dynamométrique sauf pour le moteur. Pour réduire le risque de serrage excessif, utilisez une clé à manche court. C'est important, car je doute que n'importe quel constructeur amateur soit jamais coupable de serrage insuffisant… et si c'est le cas, ce sera probablement parce qu'il a tout simplement oublié de serrer. La plupart des constructeurs appliquent trop de couple aux écrous et boulons… surtout aux petits boulons AN3. Les boulons AN3 peuvent se casser parce que les écrous sont conçus pour ne pas se dénuder.

Les boulons dans les structures en bois peuvent rarement être serrés à la valeur idéale du tableau sans écraser certaines fibres de bois tendre. Voici un conseil utile pour serrer les écrous et boulons utilisés dans les structures en bois. Serrez l'écrou jusqu'à ce que vous voyiez légèrement la rondelle s'imprimer dans le bois. Arrêtez-vous là. Ne continuez pas à serrer l'écrou jusqu'à ce que la rondelle s'enfonce complètement dans la surface du bois !

Vous avez sûrement entendu celui-ci :
« Ne jamais tourner la tête du boulon… toujours serrer l'écrou. »
Encore un idéal de rêve. Eh bien, si vous ne pouvez pas faire autrement, évidemment, la tête du boulon devra être tournée avec la clé. La nécessité de le faire se présente dans les endroits où des écrous à platine sont installés, et il se peut même que vous deviez faire de même dans d'autres assemblages. Mais la logique indique que tourner le boulon devrait normalement être évité, car le placage au cadmium risque de s'user et le trou de s'élargir, même légèrement.

RONDELLES D'AÉRONEF

La rondelle standard a une épaisseur de 1/16″ et est disponible en deux types pour chacun des diamètres de boulons les plus couramment utilisés. La rondelle de plus petit diamètre est connue sous la référence AN960, et la rondelle de plus grand diamètre, AN970.

La rondelle de plus grand diamètre est souvent appelée rondelle à bois, car elle est le plus fréquemment utilisée contre des surfaces en bois afin de fournir une plus grande surface d'appui.

Les rondelles plates sont utilisées dans les assemblages boulonnés pour offrir une surface d'appui lisse et plane pour la tête du boulon ou l'écrou… parfois pour les deux. Placez une rondelle sous la pièce à serrer, qu'il s'agisse de l'écrou ou de la tête du boulon, ou sous les deux si vous le jugez nécessaire. Tout endroit où un boulon n'est pas perpendiculaire à la surface peut nécessiter l'utilisation d'une cale conique ou d'une rondelle conique spécialement fabriquée.

Comme les longueurs de boulon sont fabriquées par incréments de 1/8″, des rondelles peuvent parfois être nécessaires pour obtenir la longueur de serrage correcte pour un boulon légèrement trop long. Un maximum de deux rondelles standard de 1/16″ d'épaisseur suffit pour corriger un boulon légèrement trop long. Sinon, utilisez le boulon de taille inférieure suivante.

Les rondelles de blocage en acier peuvent être utilisées comme dispositif de verrouillage pour les écrous plats, mais ne placez pas de rondelle de blocage en acier contre un écrou en alliage d'aluminium ou un assemblage en aluminium.

Les deux types d'écrous auto-bloquant (type tout métal et type fibre) sont interchangeables, sauf que le type à fibre (Nylstop) ne peut pas être utilisé dans des endroits où la température dépasse 250°F. Les écrous auto-bloquants métalliques sont utilisés dans des endroits où les températures dépassent 250°F et peuvent atteindre jusqu'à 400°F.

Les écrous Nylstop peuvent être réutilisés de nombreuses fois, certainement jusqu'à ce que la fibre perde sa friction de verrouillage ou devienne cassante avec l'âge. Si vous pouvez visser l'écrou complètement à la main, remplacez-le.

ÉCROUS DE CISAILLEMENT

Les écrous de cisaillement, qu'ils soient auto-verrouillants ou de type à goupille, sont facilement reconnaissables. Ce sont ces écrous d'apparence fine, et ils sont le plus souvent utilisés avec des boulons à chape. N'utilisez jamais d'écrous à cisaillement là où l'assemblage est soumis à des charges en traction.

ÉCROUS

Si vous êtes un nouveau venu dans le domaine des avions de construction amateur et de la maintenance aéronautique, vous pourriez être surpris d'apprendre que les boulons d'aéronef ne sont pas vendus avec des écrous. Chaque écrou et chaque boulon s'achètent séparément. Principalement, je suppose, en raison de la très grande variété d'écrous disponibles pour des besoins spécifiques d'aéronefs.

Les écrous d'aéronef ne comportent aucun marquage ni inscription, mais ils sont fabriqués dans le même matériau que les boulons.

Tous les écrous peuvent être démarrés avec les doigts. Si un écrou vous pose problème à cet égard, mieux vaut vérifier à nouveau les filetages… ils pourraient être grossiers au lieu de fins. Les écrous et boulons d'aéronef ont parfois des filetages grossiers, bien qu'ils soient rarement utilisés par les constructeurs amateurs.

Écrous auto-bloquants et dispositifs de sécurité pour écrous
Tous les assemblages écrou/boulon de votre aéronef devraient comporter des dispositifs de sécurité pour éviter leur desserrage en service. Les méthodes employées incluent les écrous auto-bloquants, les combinaisons goupille/collier, les écrous de blocage, les rondelles de blocage, les palnuts, et encore trouvés dans des zones primitives, le rivetage de l'extrémité du boulon avec un marteau.

Les écrous auto-bloquants sont de loin le type d'écrous le plus couramment utilisé, car ils ne nécessitent aucune aide externe pour la sécurité. Les écrous disposent d'un dispositif de sécurité intégré dans leur conception.

Les écrous auto-bloquants sont utilisés parce qu'ils offrent des assemblages serrés et anti-vibrations capables de résister à des vibrations continues et sévères. Cependant, ils ne doivent pas être utilisés dans un joint ou une connexion où l'écrou ou le boulon est soumis à une rotation. Les écrous auto-bloquants peuvent être utilisés avec tous les roulements antifriction (rotules, poulies de commande) mais seulement si la bague intérieure du roulement est serrée sur un assemblage (ou une partie de la structure) par un boulon et un écrou.

Écrous à goupille (écrous à créneaux, écrous crénelés)

Ces écrous ne possèdent pas de dispositif auto-bloquant, ils doivent donc être sécurisés mécaniquement sur le boulon à l'aide d'une goupille, d'un fil de sécurité ou d'un type de clip, sinon ils pourraient se desserrer sous vibration.

L'écrou à goupille est fendu et nécessite un boulon percé pour accepter une goupille. Les écrous à goupille standard sont robustes et capables de supporter de fortes charges en traction.

Table de serrage

	TORQUE (inch pounds)	PILOT HOLE (drill size)	FINAL DRILL (or ream size)
AN 3 (10/32 or 3/16)	20 - 25	No. 21 (.159)	No. 11 (.191)
AN 4 (1/4)	50 - 85	7/32 (.2187)	1/4 (.250)
AN 5 (5/16)	100 - 160	9/32 (.2812)	5/16 (.3125)
AN 6 (3/8)	160 - 220	11/32 (.3437)	3/8 (.375)
AN 7 (7/16)	430 - 580	13/32 (.4062)	7/16 (.4375)
AN 8 (1/2)	480 - 690	15/32 (.4687)	1/2 (.500)
AN 9 (9/16)	800 - 1000	17/32 (.531)	9/16 (.5625)
AN 10 (5/8)	1100 - 1400	19/32 (.594)	5/8 (.625)

Dimensions forets

Figure 2

Soyez prudent lors de l'utilisation d'un écrou à goupille sur un boulon à chape dans le système de commande où les pédales de gouvernail ou d'autres liaisons pourraient interférer avec d'autres pièces. Les goupilles ont tendance à s'accrocher.

SERRAGE AU COUPLE

Sauf en dernier recours, ne serrez pas un boulon en le tournant.

Serrez ou appliquez le couple aux écrous à goupille comme vous le feriez pour n'importe quel autre écrou

standard. Si les fentes et le trou de la goupille du boulon ne s’alignent pas pour la sécurité, serrez l’écrou jusqu’à la fente suivante, même si les valeurs de couple recommandées sont dépassées. Cette marge de serrage excessive s’applique uniquement aux écrous à goupille et pas aux autres.

Les goupilles, lorsqu’elles sont utilisées, doivent s’ajuster parfaitement mais pas au point de devoir les enfoncer au marteau dans le trou du boulon. Pliez les extrémités de manière qu’une extrémité dépasse de l’extrémité du boulon jusqu’au centre ou légèrement au-delà. L’autre branche est pliée fermement contre l’écrou.

Les filetages grossiers nécessitent un couple légèrement inférieur, tout comme les écrous à cisaillement. En fait, environ la moitié du couple est suffisante pour eux.

Et enfin, même si vous n’utilisez pas de clé dynamométrique… aucun constructeur amateur digne de ce nom ne se permettra jamais de serrer un écrou avec une paire de pinces. (Oh, quelle honte !)