

Lycée des métiers
de la maintenance aéronautique
du transport et de la logistique

LIVRET DE COURS

PRATIQUES D'ATELIER

	FONCTION	NOM	DATE	VISA
REDACTION	Enseignant			
VERIFICATION				
APPROBATION				

Lycée professionnel ALEXANDRE DENIS – MONTMIRAULT – 91590 CERNY
Tél : 01 64 57 60 22 – Fax : 01 64 57 49 44 – Email : 0910630r@ac-versailles.fr

Ce document est destiné à l'enseignement et ne sera pas remis à jour. En conséquence, il n'est pas une documentation technique de référence.

Reproduction même partielle interdite sans l'autorisation des auteurs.

Nom :

Classe :

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 1 sur 32

SOMMAIRE

Présentation s/module 11/1.1	Page 1/32
Sommaire	Page 2/32
Bibliographie	Page 2/32
Glossaire	Page 3/32
Api	Page 5/32
Utilisation des équipements d'atelier	Page 10/32
Dimension unités grandeurs	Page 23/32
Etalonnage	Page 29/32

Bibliographie :

- Référentiel de certification du domaine professionnel .Certificat d'aptitude professionnelle(ministère de l'éducation nationale,) ;
- Du référentiel à l'évaluation édition FOUCHER ;
- Documentation technique constructeur ;
- Documentation et cours personnels.

glossaire

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 2 sur 32

APPAREILS DE PROTECTION INDIVIDUELS

Le casque anti bruit ou bouchons d'oreille :

Obligatoire si le niveau sonore quotidien est supérieur à 85 dB. Il doit permettre de ramener le niveau sonore à 85 dB.

Les bouchons d'oreille sont individuels

Les lunettes de protection :

Obligatoire pour tous travaux

- sur des matériaux durs susceptibles de produire des éclats (soudage, meulage, perçage...)
- de manipulation de liquides nocifs (électrolyte, acides....)
- en atmosphère viciée (dégraissage, nettoyage.....)

Les masques de protection respiratoire :

- Afin d'empêcher l'inhalation des vapeurs et poussières nocives. (travaux dans les réservoirs, de nettoyage...)
- Pour les travaux de rivetage, soudage ou découpage sur des éléments recouverts de peinture au minium de plomb.
- Ces masques, s'ils ne sont pas jetables, doivent être maintenus en bon état de fonctionnement et désinfectés avant utilisation.

Les chaussures de sécurité :

Equipées d'une coquille métallique, elle protège les orteils. (les semelles en caoutchouc protègent des étincelles et la cellule des avions)

Le casque :

L'obligation de port est défini par le chef d'établissement.

Il protège la tête des chutes de petits outillages et objets divers tombant d'une passerelle par exemple.

Les gants de manutention :

Recommandés lors des travaux risquant des blessures aux mains, lors de manutention d'objet lourds et en cas de risque de brûlures. (Travail sur parties chaudes)

Les gants de protection :

Pour tous travaux de manipulation de liquide nocifs (nettoyage, remplissage de batteries...)

Vêtements de protection (tenues de travail) :

Ils protègent des éventuelles agressions physiques et chimiques.

Ils présentent une bonne résistance à la propagation de la flamme.

Ils présentent une bonne résistance à l'abrasion et à l'usure.

Ils peuvent être complétés par une tenue jetable appropriée à un travail particulier.

Des poches fermées par des velcro sont recommandées.

Les gilets fluorescents sont obligatoires pour le travail sur les aires de trafic des aérodromes.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 5 sur 32



Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 6 sur 32

LES OUTILLAGES ET EQUIPEMENTS SPECIFIQUES D'ATELIER

Les outillages spécifiques sont des outillages que l'on n'utilise pas régulièrement.

Leurs utilisations feront appel aux connaissances du technicien lors d'une intervention usuelle.

Leurs utilisations feront référence à la documentation avion (AMM,AWM,...) lors d'une intervention spécifique.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 7 sur 32

les outils a mains doivent être notamment :

- **BIEN ADAPTES**

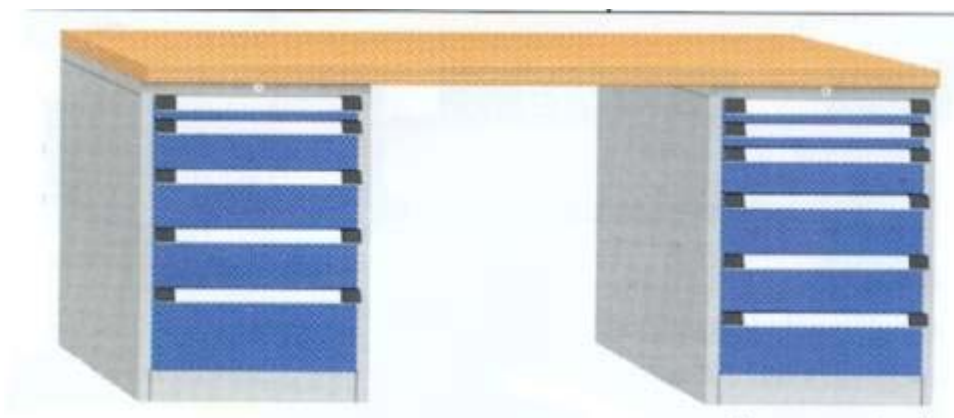
en bon état la lame de tournevis bien ajustée .
burin bien ébarbé .
face de clés bien parallèle .

- **BIEN UTILISES**

-clés en bonne position.

- **BIEN RANGES**

tiroirs adaptés,
panoplies,de rangement.
boîtes à compartiments .



La mécanisation tend à réduire de plus en plus le travail manuel.

Toutefois, malgré les progrès réalisés dans la conception et la construction des machines-outils et malgré la facilité et la rapidité que celles-ci apportent à l'exécution de tâches toujours plus complexes, l'utilisation des outils à main garde toute son importance.

La fabrication, le réglage, l'entretien des machines et les différents travaux réalisés dans chaque profession nécessitent une grande variété d'outils à main de plus en plus perfectionnés.

Ceux-ci doivent être adaptés non seulement aux travaux à exécuter, mais également aux normes et Sécurité des utilisateurs .

Leur utilisation peut nécessiter le port d'équipements individuels de protection (lunettes, gants, chaussures coiffure) : contre :

- PROJECTIONS, ECLATS (perçage, burinage, etc.)
- CHOCS, ABRASION, COUPURE (ponçage, découpage
- CHUTE D'OUTILS POINTUS OU TRANCHANTS

La manipulation d'outils particulièrement **LOURDS** ou **ENCOMBRANTS** peut requérir une **ASSISTANCE** ou l'emploi de **MOYENS MECANIQUES** (chariots, potence, etc.).

L'association française de Normalisation (AFNOR classe E) a normalisé certains types ou éléments d'outils à main, tel que marteau tournevis clés .etc.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 9 sur 32

UTILISATION DES EQUIPEMENT D ATELIER

Port du harnais de sécurité

Le filet de sécurité (ou autre équipement de sécurité de travail en hauteur)n'est obligatoire que si le travail en hauteur doit durer plus de 1 jour.

Le harnais mis à la disposition du personnel doit comporter un jeu de sangles sous pelviennes ou "cuissards".

La vérification du point d'attache est primordiale.

La chute maximum avec ce type de harnais doit être de 1 mètre maximum.

La chute doit être amortie par un équipement à absorbeur d'énergie (si possible)

Les harnais doivent être stockés dans un vestiaire ou un local à l'abri des intempéries. Ils ne doivent en aucun cas être mélangés à des matériels pouvant les détériorer.

Avant utilisation, ils doivent être inspectés et au moins une fois tous les 6 mois. (indication sur le registre de sécurité). En cas de doute, le harnais sera retourné au fabricant ou mis hors service.

Ces dispositions s'appliquent aussi pour les câbles traversant les hangars.



Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 10 sur 32

Les escabeaux, passerelles et échafaudages .

Tous les matériels devant supporter du personnel doivent être maintenus en bon état.

Une plaque ou une notice doit donner les limites d'utilisation (charge admissible sur plancher, hauteur maximale d'utilisation...)

L'amarrage (par le coté ou le haut) est obligatoire à partir d'une certaine hauteur.

L'appui au sol et le freinage des roues est à vérifier avant de monter.

Toutes les marches d'escaliers doivent être en état et antidérapantes.

Tous les accès en hauteur de plus de 3 m doivent être protégés par des garde-corps placés à une hauteur de 0,90 m et des plinthes de 15 cm au moins. Les garde-corps doivent être rigides.

Eviter de laisser des objets sur les échafaudages, passerelles et escabeau. (risque de chutes)

Par grand vent, le travail doit s'effectuer en toute sécurité. (freins et maintiens par un aide)

A la suite de tout incident ou accident, les passerelles et escabeaux doivent être vérifiés



Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 11 sur 32

Les appareils de levage, treuils, palans et grues mobiles :

Sur les appareils doivent figurer une plaque indiquant les limites d'emploi.

Le tambour de treuil doit avoir un diamètre au moins égal à 20 x le diamètre du câble.

Le diamètre des poulies doit être au moins égale à 22 x le diamètre du câble.

Les poulies doivent être munies d'un dispositif empêchant le câble de sortir de la gorge.

Il doit toujours rester au moins 3 tours de câble autour du tambour.

Le crochet doit disposer une sécurité pour que la charge ne puisse se décrocher accidentellement.

Les treuils mus à la main doivent être munis d'un dispositif de sécurité permettant leur immobilisation immédiate et s'opposant au retour de manivelle.

Tout câble métallique présentant une hernie, un étranglement ou une déformation doit être retiré du service.

Tout câble métallique présentant un toron cassé ou un nombre de fils cassé > 20% du câble doit être retiré du service.

La norme européenne définit les coefficients (charge de rupture / charges appliquées) à adopter :

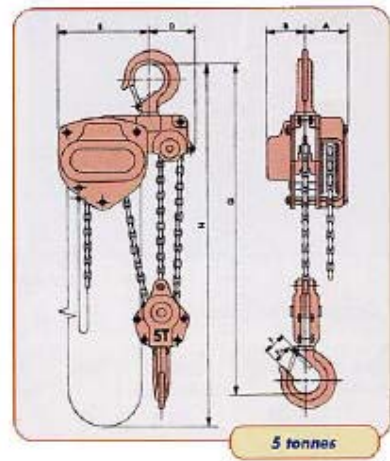
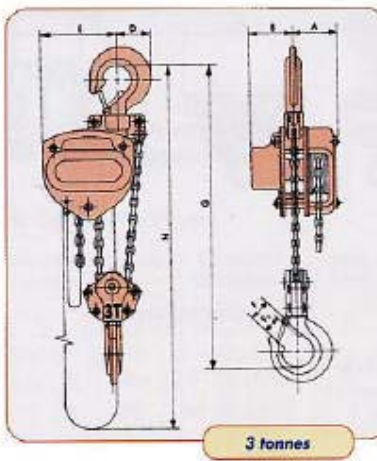
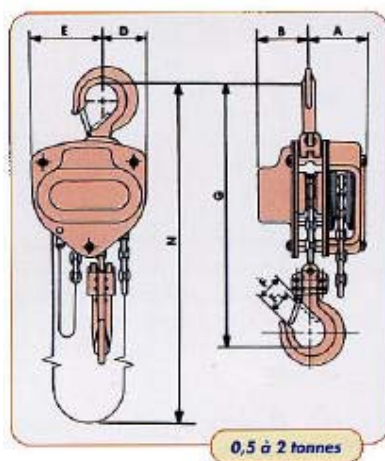
- 5 pour les câbles et leurs terminaison.
- 4 pour les chaînes.
- 7 pour les câbles ou sangles textiles.


Ces coefficients sont à majorer en cas d'utilisation intensive ou dans un environnement agressif.

La réparation d'une chaîne ne peut être effectuée que par le fabricant.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 12 sur 32

Palan manuel à chaîne



Modèle	Capacité kg	Levée standard m	Hauteur perdue mm	Effort sur ch. de man. kg	Chaîne de charge		Chaîne dévidée pour 1m de levée m			Dimensions en mm						
					Nbr de brins	ø x pas mm		Levée 3M00 kg	Le m sup. kg	A	B	D	E	F	F1	G
TPM 05	500	3	305	21	1	6,3x19	35	10,3	1,5	89	67	50	80	30	26	305
TPM 10	1000	3	340	25	1	6,3x19	57	11,1	1,5	89	67	63	87	33	28	340
TPM 15	1500	3	385	32	1	7,1x21	64	15,5	1,8	93	73	75	105	38	34	385
TPM 20	2000	3	420	34	1	8,0x24	84	19,7	2	98	77	85	115	43	38	420
TPM 30	3000	3	465	34	2	7,1x21	128	23,4	2,5	93	73	60	150	43	38	465
TPM 30	5000	3	575	37	3	8,0x24	252	37,8	4,5	98	77	120	210	57	52	575

Treuil de levage manuel



Palan électrique portable à câble passant 220V Monophasé avec ENROULEUR et commande RADIO



Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 14 sur 32



Les échelles :

Elles doivent être fixées ou maintenues de façon à ne pouvoir glisser du bas ni basculer.

Elles doivent dépasser l'endroit où elles donnent accès d'1 mètre au moins.

Pour les échelles à coulisse, les recouvrements doivent être d'1 mètre minimum.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 15 sur 32

ESCABEAUX

DOCKS

SERVANTES

TABLES DE DEPOSES



UTILISATION

Les servantes doivent obligatoirement freinées sur l'espace de travail .

Ne doivent pas être encombrées de matériels inutiles au travail,

Nettoyées après utilisation .

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 16 sur 32



Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 17 sur 32



UTILISATION

Les tables de dépose doivent obligatoirement freinées sur l'espace de travail .
Ne doivent pas être encombrées de matériels inutiles au travail,
Nettoyées après utilisation .

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 18 sur 32

DOCKS MOTEURS

TRETEAUX pour dépose matériels

ESCABEAUX PORTES D ACCES



Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 19 sur 32

ELEVATEURS ELECTRIQUES



AVANT UTILISATION

les rambardes amovibles
doivent être vérifiées essayées

les rambardes fixes
doivent être en bon état

toutes les rambardes d'une plate forme élévatrice doivent être mises en place
c est a dire **IMPÉRATIVEMENT REMONTEES ET VEROUILLEES**

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 20 sur 32

DOCKS DE QUEUE et VERINS DE LEVAGE



Les docks doivent être freinés ,calés,en position horizontale,
Etre dégagé de tout objet durant la manipulation .risque de chute .
Placé de façon a ne pas toucher l avion .
Les barrières de sécurités doivent être en position .
Etre adapté a la machine.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 21 sur 32



Les vérins :

Les vérins permettent le levage partiel ou complet d'un avion. Ils sont constitués d'un fût tripode et d'une tige coulissante filetée.

L'extension et la rétraction sont hydrauliques, la commande est manuelle ou pneumatique et le verrouillage est mécanique (contre-écrou).

Une barre de tractage et des roues permettent leur mise en œuvre.

Ils doivent être régulièrement vérifiés

Ils doivent être adaptés au travail demandé ..levage autorisé type de machines.

Les crics :

Les crics permettent le levage partiel d'un avion. Ils sont constitués d'un fût et d'une double ou triple tige coulissante concentrique.

A fin de faciliter l'approche une des tiges est filetée.

L'extension et rétraction sont hydrauliques, la commande manuelle ou pneumatique.

Une barre de tractage et des roues permettent leur mise en œuvre.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 22 sur 32

Les normes sont des textes de références, internationaux, nationaux ou européens, qui définissent un cahier des charges de conception et de dimensions des produits.

Grandeurs unités dimensions

L'aéronautique est dominée par les **unités anglo-saxonnes** depuis ses débuts et un mécanicien d'entretien avion peut être appelé à travailler sur des **aéronefs français ou européens** mais équipés de moteurs américains et ce dans le monde entier d'où l'objectif de cette leçon qui est pour l'élève: **d'être capable de convertir une grandeur en unité française dans une unité anglo-saxonne afin d'identifier les outillages** nécessaires dans les opérations d'entretien, et d'interpréter les indications du pilote ou des instruments de bord afin de les comparer aux abaques et aux consignes édictées par la documentation.

Unités de longueur

Le **pouce ou inch** (inches au pluriel, abréviation in) se lit sur un outil.

C'est égal à **0,0254 m soit 2,54 cm ou 25,4 mm**

Il n'existe pas de décimales dans le système impérial mais des fractions de pouce comme le demi-pouce noté $1/2''$ ou encore le quart de pouce noté $1/4''$ puis $1/8''$, et $1/16''$, $1/32''$, $1/64''$, $1/128''$, etc.

Une clé de $1'' 1/16$ est égale à 1 pouce plus $1/16$ de pouce soit $25,4\text{mm} + 1,6\text{mm} = 27\text{mm}$ mais il est formellement interdit d'utiliser la clé de 27 car on risquerait d'endommager l'écrou la valeur trouvée étant légèrement arrondie.

Lors de la dépose d'un élément sur un avion il faut **mesurer la cote de l'écrou** avec un pied à coulisse puis convertir la **côte trouvée en mm** dans sa valeur en pouce et fraction de pouce par exemple :

La lecture sur le pied à coulisse est 22,4mm donc inférieure à un pouce. Il faut la diviser par une des fractions de pouce connues comme le **$1/16''$** :

$22,4\text{mm} : 1,6\text{mm} = 14$ soit 14 fois $1/16$ de pouce donc $14/16''$ ce qui correspond après simplification (comme pour toutes les fractions) à **une clé de $7/8''$** .

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 23 sur 32

Si la lecture est supérieure au pouce comme par exemple 28,6mm on commence par diviser cette valeur par celle du pouce: $28,6\text{mm} : 25,4\text{mm} = 1.125$ et on ne tient compte que du nombre entier trouvé avant la virgule, **ici 1** qui signifie qu'il y a un pouce que t'on soustrait à la valeur lue sur le pied à coulisse soit :

$$28,6\text{mm} - 25,4\text{mm} = 3,2\text{mm}$$

(La clé sera identifiée comme faisant 1" plus quelque chose !).

Il suffit maintenant d'appliquer le même raisonnement que dans le premier exemple: $3,2\text{mm} : 1,6\text{mm} = 2$ il y a donc 2 fois $1/16"$ soit $2/16"$ donc $1/8"$.

La bonne clé est celle de 1" 1/8.

Avec une lecture de 4mm le cheminement impose une révision des additions de fractions

$$4\text{mm} : 1,6\text{mm} = 2,5 \text{ il y a donc au moins 2 fois } 1/16" \text{ soit } 1/8" \text{ plus quelque chose...}$$

$$4\text{mm} - (2 \times 1,6\text{mm}) = 0,8\text{mm} \text{ ce qui correspond à } 1/32"$$

$$\text{La clé mesure } 1/8" + 1/32" = 4/32" + 1/32" \text{ soit } 5/32".$$

A l'inverse pour convertir des pouces en mm :

$$2" = 2 \times 25,4\text{mm} = 50,8\text{mm}$$

$$1" 3/4 = 25,4\text{mm} + \frac{25,4\text{mm} \times 3}{4} = 44,45\text{mm}.$$

- Le **pied** ou foot (feet, ft) unité de mesure de l'altitude : **1 ft = 0,3048 m**

1 ft = 12 in

- L'altitude est symbolisée par la lettre **Z**
- Le **mile** ou **statute mile** unité de mesure de distance terrestre : **1 SM** est égal à **1609 m**
- Le **mille marin** ou **Nautic Mile** unité de mesure de distances marines et aériennes : **1NM** est égal à **1852 m**.

(Le nautique peut s'écrire avec pour symbole une ancre de marine).

Unités de masse

- La **livre britannique (pound)** est aussi utilisée pour calculs de masse: **1lb = 0,454 kg**.

$$500 \text{ lbs} = 500 \times 0,454 \text{ kg} = 227 \text{ kg}$$

(un peu moins de la moitié contrairement à la livre française qui vaut 0,5kg)

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 24 sur 32

Unités de force

- Une force comme le poids est le produit de la masse par l'accélération terrestre soit environ 9,81 m/s ($P = m.g$) avec m exprimé en kg et P en Newton.

La **livre-force** (pound-force) remplace le Newton.

1lbf = 4,45 N = 0,445daN (une masse d'une livre soit 0,454 kg multipliée par g soit 9.81).

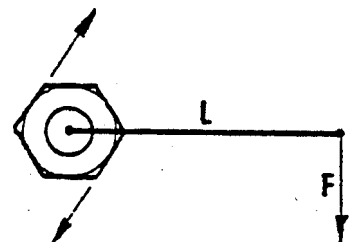
Le serrage

Pour assurer une sécurité maximum sans détériorer les éléments le serrage se fera de manière précise selon les prescriptions édictées par la documentation constructeur.

Le Mécanicien d'entretien doit être capable d'appliquer les couples de serrage prescrits par le constructeur.

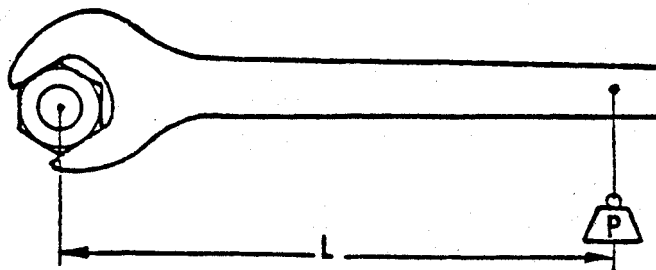
L'intensité du serrage se définit par **le couple** ou **le moment d'une force**, c'est à dire le produit de cette force par son bras de levier. $M^t = F \times L$.

Le couple sera appliqué avec une **clé dynamométrique** à lame, à cardan, à déclenchement ou un tournevis dynamométrique.



Unités employées.

Un couple étant le produit d'une force par son bras de levier il faut utiliser les unités de force et de distance employée dans le chapitre des grandeurs et unités.



Le **mètre kilo** est le couple d'une masse de 1kg appliqué au bout d'une clé de 1m de longueur.

Si la clé ne mesure que 0,5m il faut une masse de 2kg pour assurer le même couple : $1m \times 1kg = 1m.kg$ et $0,5m \times 2 kg = 1m.kg$.

Une masse de 1kg correspondant à un poids donc à une force de 9,81N soit à peu de choses près à 10N.

Certains couples seront préconisés en mètre **décaNewton**. $1m.kg = 1m.daN$.

Les petits couples de serrage s'expriment en **mètre.Newton**.
 $1m.N = 0,1 m.kg = 0,1 m.daN$.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 25 sur 32

Les unités de serrage anglo saxonnes sont basées sur le même principe : produit de leurs unités de masse ou de force par leurs unités de longueur.

- **Le pouce livre** est le couple d'une masse de **1lb** appliquée au bout d'une clé de **1in** de longueur.
- **Le pied livre** est le couple d'une masse de **1lb** appliquée au bout d'une clé de **1ft** de longueur.
- **Le pouce livre force** est le couple d'une force de **1lbf** appliquée au bout d'une clé de **1in** de long.
- **Le pied livre force** est le couple d'une force de **1lbf** appliquée au bout d'une clé de **1ft** de long.

Les unités d'entretien ne disposant pas forcément de clés graduées dans toutes les unités existantes, il est indispensable de savoir les convertir entre elles.

Pour cela il suffit de respecter la correspondance entre les unités utilisées et celles à trouver et de les remplacer.

- **1in.lb** = 1in x 1lb = 0,0254 m x 0,454kg,
Le résultat sera donc en m.kg **.1in.lb = 0,01153 m.kg.**

- **1m.kg** étant presque égal au **m.daN** on peut écrire:
- **1in.lb** = 0,01153 m.daN soit 0,1153 m.N.
- **1ft.lb** = 1ft x 1lb = 0,3048 m x 0,454 kg le résultat en m.kg est: 1ft lb = 0,13 m.kg.

- **1in.lbf** = 1in x 1lbf = 0,0254 m x 4,45 N,
Le résultat sera donc en m.N **.1in.lbf = 0,11303 m.N**

Pour trouver le résultat en m.daN, il suffit de remplacer 4,45N par 0,445daN, ce qui permet d'écrire: 1in.lbf = 0,011303 m.daN = 0,011303 m.kg.

- **1ft lbf** = 0,3048 m x 4,45N = 1,35m.N

Le calcul inverse est un peu plus complexe car pour convertir des m.kg en in.lb, il faut déterminer le nombre de pouces contenus dans 1m et le nombre de livres contenues dans 1kg puis multiplier ce résultat par le nombre de m.kg donnés par exemple pour convertir 2.5m.kg en in.lb, on pose :

$$\frac{1\text{m}}{0,0254\text{ m}} \times \frac{1\text{ Kg}}{0,454\text{ Kg}} \times 2,5 = 216,7\text{ in.lb}$$

Autre exemple -pour convertir des m.daN en ft. Lbf, par exemple 3m.daN.
Il faut accorder les unités ne connaissant que la valeur de la lbf en N et non en daN.
3m.daN = 30 m N

$$\frac{1\text{m}}{0,3048\text{ m}} \times \frac{1\text{ N}}{4,45\text{ N}} \times 30 = 22,11\text{ ft .lbf}$$

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 26 sur 32

De même un couple de 1.5m.daN se convertira comme suit en in.lbf :

$$\frac{1\text{m}}{0,0254\text{ m}} \times \frac{1\text{ daN}}{0,454\text{ daN}} \times 1,5 = 132,7\text{ in.lbf}$$

Unités de température

- Le **degré Fahrenheit** (°F) remplace le degré Celsius dans les mesures de température cylindre :

Un moteur dont le cylindre est à 80°C à une température de (80°C x 1,8) + 32 = 176°F.

Un câble devant être tendu à une température de 56°F doit l'être à (56°F-32) \div 1,8 = 13,3°C.

- Le **degré Kelvin** (°K) tiré d'une échelle de température basée sur le **zéro absolu**, son 0°K correspond à **-273,15°C**, ce qui entraîne que le **0°C** correspond à **+ 273,15°K**. Ainsi une température de + 15°C est égale à +273,15°K + 15°C = + 283,15°K.

Unités de vitesse

La vitesse est le rapport de la distance parcourue sur le temps mis pour la parcourir, en système international le mètre par seconde ou le kilomètre par heure.

Les aéronefs ont une vitesse indiquée sur leur anémomètre **en nœuds** et certaines indications de vitesses comme la vitesse maximale des pneumatiques sont en **mph**.

Il est à noter que certains avions disposent d'un Machmètre qui établit le rapport entre leur vitesse et la célérité du son gradué en **Mach**.

- Le **nœud ou knot** est la vitesse en vol d'un avion parcourant **1852 m/h**.
Un avion volant à 350 kts évolue à 350 x 1852 m/h = 648200m/h soit 648,2km/h.

- Le **mile per hour ou mph** est la vitesse au sol d'un avion parcourant **1609m/h**.
Pour un aéronef décollant à 120kts les pneumatiques doivent avoir une vitesse maximale indiquée supérieure à : $120\text{kts} \times \frac{1609\text{m}}{1852\text{m}} = 138,1\text{mph}$.

- Le **nombre de Mach** varie avec la température car c'est le rapport de la vitesse de l'avion V en m/s sur la célérité du son C en m/s qui dépend de la température de l'air.

$$M = V / C$$

C = 20,1√T avec T qui est la température de l'air en **degré Kelvin**.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 27 sur 32

Nota: pour le calcul il faut convertir les m/h en m/s donc diviser par 3600.
 Un avion volant à 950 kts par une température extérieure de 3°C

$$(950 \text{ kts} \times 1852 \text{ m/h}) / 3600 = 488 \text{ m/s}$$

$$20.1 \sqrt{276.15} = 334 \text{ m/s}$$

$$488 / 334 = 1,46 \text{ Mach}$$

Unités de pression

La pression est l'unité de force appliquée sur une surface donnée $P = F / S$.

La force est le produit de la masse par l'accélération $F = m \times g$.

Les unités de pression utilisées en aéronautique sont nombreuses et sur un même avion plusieurs de ces unités peuvent mesurer des pressions de différents circuits.

- Le **bar** (b) mesure de pression de circuit hydraulique ou de lubrification moteur, correspond à une pression exercée par une **masse de 1kg** sur une surface **de 1 cm²**.
- Le **Pascal** (Pa) et son sous multiple l'**hectopascal** (hPa).
- **1Pa** correspond à une pression exercée par une force de **1 Newton** sur une surface de **1m²**. **1bar = 100 000 Pa.**

L'hectopascal mesure la pression atmosphérique et remplace donc son équivalent plus connu le millibar.

Les avions ont un altimètre qui leur indique leur altitude par rapport à la pression atmosphérique en hectopascal.

La **livre force par pouce carré** (**Pound force per square inch**) employé dans les circuits carburant et hydrauliques, est la pression exercée par une force d'une livre force sur une surface de un pouce carré
 (attention aux conversions car les unités de calcul doivent correspondre, pour convertir des **psi en bar** il faut convertir les **lbf en kg** et les **in² en cm²**, alors que la conversion en pascal nécessite de conserver les **lbf en N** et les **in² en m²**.

$$1 \text{ PSI} = \frac{0,454 \text{ kg} \times 9,81}{0,0254 \times 0,0254} = \frac{4,45 \text{ N}}{0,0006452 \text{ m}^2} = 6903 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ PSI} = \frac{0,454 \text{ kg}}{2,54 \times 2,54} = 0,069 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 14,51 \text{ psi} = 10^5 \text{ Pa}$$

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 28 sur 32

Le **pouce de mercure (inch Hg)** utilisé pour la mesure de **pression d'admission** des moteurs à pistons correspond à une **hauteur en inches** d'une colonne de mercure de Torricelli dont la hauteur varie avec la pression atmosphérique, plus la pression est forte, plus le mercure monte dans la colonne.

Pour une pression de **1013,25 Hpa** la colonne est à **76 cm de mercure ou 760 mm Hg** ce qui après conversion représente une hauteur de **29,92 inHg**.

Ces trois valeurs sont importantes car elles représentent la **pression atmosphérique standard** utilisée pour tous les calculs.

Dans l'atmosphère standard la température est de **15°C** sol et perd **6,5°C** tous les **1000m** ou **2°C** tous les **1000 ft**.

Unités de capacité

Les pleins de carburant ou avitaillements se comptabilisent en litres, en kilogrammes, mais aussi en **gallons américains (US gallon)** ou plus rarement **anglais (UK gallon)**

- **1USG = 3,785 Litres.**
- **1UKG = 4,546 Litres.**

Unités de puissance

Dans le système international, la puissance est exprimée en **WATT**.

- Le **horse power** indique la puissance des moteurs comme le cheval vapeur.
- **1hp = 746 Watts** ou **1,014 CV**
- **1cv = 736 Watts**

Les principaux motoristes utilisent aussi le SHP qui est l'abréviation de **Shaft Horse Power**, ou **puissance sur l'arbre**.

1SHP = 746 Watts

Ex : 2050 SHP = 2078 en CV

5739 CV = 4224 kW 5739 x 0,736

$$\frac{2050 \times 746}{736}$$

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 29 sur 32

Conversions

25 in en cm =

38ft en m =

765m en NM =

12000 ft en hm =

6394 in³ en m³ =

35 ft³ en cm³ et m³ =

309 USG en dm³ =

44.5 N en lbf =

3 daN en N et m.kg =

37ft.lbs en m.kg =

196in.lbs en ft.lbs =

2,8m.daN en ft.lbs =

21ft.lbs en m.daN et m.kg =

150 kts en mph et km/h =

168 kts en mph =

3200km/h en mph et kts =

1500 psi en b et hpa et inHg =

1473 hPa en b =

1468 psi en kg/cm² =

72inHg en mb =

15inHg en hPa =

100b en psi =

750mmHg en psi =

29°C en °F =

32°F en °C =

L'ETALONNAGE

Le résultat d'un étalonnage permet de déterminer les écarts d'indication d'un appareil de mesure, par rapport aux références nationales.

Il permet, par application de corrections systématiques (déduites du tableau de mesures) de réduire les incertitudes de mesure permettant ainsi de tirer un meilleur parti de l'instrument.

Il permet également de quantifier les dérives de l'instrument par comparaison entre chaque étalonnage.

L'étalonnage est formalisée par un CERTIFICAT d'ETALONNAGE conforme à la norme AFNOR NF X07-012

Ce document comprend un tableau de mesures correspondant au programme demandé par l'utilisateur. Les valeurs étalons, les valeurs mesurées (ou générées suivant le cas) ainsi que les incertitudes de mesure sont indiquées pour chaque point d'étalonnage.

Le certificat d'étalonnage permet d'avoir une traçabilité aux étalons nationaux, mais ne porte pas de jugement de conformité sur l'appareil.

A NORME NF X07-012

PRESTATION : ETALONNAGE

Document édité : Certificat d'Etalonnage Cette norme définit le contenu du **certificat d'étalonnage**.

Le résultat d'un étalonnage permet de déterminer les valeurs des écarts d'indication d'un appareil de mesure, par rapport à un étalon de travail raccordé aux références nationales

L'étalonnage permet également, par application de corrections systématiques (déduites du tableau de mesures) de réduire les incertitudes des mesures permettant ainsi de tirer un meilleur parti métrologique de l'instrument

. L'étalonnage ne porte pas de jugement sur la conformité de l'appareil par rapport aux spécifications données par le constructeur ou par le client et ne comprend pas d'ajustage.

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 31 sur 32

En aéronautique ,tous les matériels de mesures ,de test , doivent être envoyés régulièrement dans un laboratoire spécialisés dans l'étalonnage .

Une étiquette suiveuse est alors établie en fonction de la date de la visite ,et de la date de la prochaine visite ...

Chaque matériel de test sera dirigé en fonction de son utilité vers différents labos.

Métrologie des masses et des poids

Métrologie des masses volumiques et des volumes

Métrologie des instruments de pesage

Métrologie des forces

Métrologie des couples

Viscosimétrie

Métrologie des températures et hygrométrie

Métrologie chimique et matériaux de référence

Débitmétrie des gaz

Métrologie des rayonnements optiques et pyrométrie

Electricité - Magnétisme - Courant continu et basse fréquence

électricité - Magnétisme - Haute fréquence

Caractérisation des propriétés thermiques et optiques des matériaux

Conductivité thermique des matériaux faiblement conducteurs

Métrologie acoustique

Agrément Partie 147	Édition : 1	Révision : 0	
N° FR.147.0027	Date :	Date :	Page 32 sur 32