

AFMAÉ — CFA DES MÉTIERS DE L'AÉRIEN

ANTI-SÈCHE

LE SERRAGE AU COUPLE & LES CLÉS DYNAMOMÉTRIQUES

Livrets CFA 1266 — Révision QCM — CQPM 082

Préparé pour Youcef
AFI KLM E&M — Toussus-le-Noble

SOMMAIRE

1. Réglementation & principes généraux3
2. Comportement d'une vis soumise à un couple3
3. Charges sur un filet — relations clés4
4. Les outils — règles d'utilisation5
5. Les outils de serrage au couple6
6. Fonctionnement d'une clef à claquage6
7. Unités de couple7
8. Choisir la bonne clef dynamométrique7
9. Correction du couple de serrage (rallonges)8
10. Autres méthodes de mesure du couple de serrage9
11. Points de vigilance — ce qui tombe souvent en QCM9

1. Réglementation & principes généraux

La procédure d'assemblage est toujours fournie par une documentation officielle : AMM, SRM ou CMM.

- **Références des pièces** → indiquées dans l'**IPC**
- **Référence d'un ingrédient** (colle, frein filet, graisse...) → indiquée dans le **CML**
- Si aucune procédure spécifique n'existe pour un montage → se référer aux **standard practices** :
 - **AMM ATA 20** — pratiques standard structure / mécanique
 - **SRM ATA 51** — pratiques standard réparation structure

À RETENIR IMPÉRATIVEMENT

Il est interdit de dévier des procédures d'assemblage (méthode ou pièces préconisées).
Une violation de ces procédures entraîne des condamnations pénales en cas d'accident.

« Économiser 5 min au travail peut coûter 10 ans au pénitencier »

2. Comportement d'une vis soumise à un couple

Une vis n'est pas infiniment rigide : elle se comporte comme un ressort (capacité de déformation élastique).

- **Au montage** : la vis s'allonge sous l'effet du serrage → elle maintient le contact entre les pièces (précontrainte).
- **En service** : si un effort s'applique sur une pièce, l'effort de contact diminue, mais tant qu'il n'y a pas déformation du « ressort », la précontrainte reste égale.
- **Au-delà de la limite** : si l'effort dépasse la précontrainte, le contact n'est plus assuré → allongement supplémentaire hors domaine élastique → risque de rupture.

Les 3 modes de déformation d'une vis en service

- Allongement dans le sens longitudinal
- Torsion autour de l'axe sous l'effet du serrage
- Flexion (moins évidente), due aux imperfections géométriques

Domaine élastique vs domaine plastique

- **Domaine élastique** : la vis se déforme puis reprend sa forme initiale → zone normale de travail.
- **Domaine plastique** (dépassement du couple nominal) : le matériau se déforme et ne retrouve plus ses dimensions d'origine.

CONSÉQUENCES D'UN DÉPASSEMENT DE COUPLE

Risque de rupture de la vis.
Perte d'efficacité du freinage.

3. Charges sur un filet — relations clés

Notations : C = couple de serrage • T = force de traction (tension axiale) • F = effort au point du filet.

$$T \text{ (force de traction)} \propto C \text{ (couple appliqué)}$$

La force de traction sur une vis est proportionnelle au couple appliqué.

Effet du PAS de la vis

Pas	Effet sur T
Pas augmente	T diminue
Pas diminue	T augmente

→ Pour un couple donné, l'effort F est inversement proportionnel au pas de la vis.

Effet du DIAMÈTRE de la vis

Diamètre	Effet sur T
Diamètre augmente	T augmente
Diamètre diminue	T diminue

→ Pour un couple donné, l'effort F est proportionnel au diamètre de la vis.

★ CONCLUSION À RETENIR

Il faut adapter le pas au diamètre en fonction des efforts recherchés.

Coefficient de frottement (μ)

- Le couple (T) appliqué sur la tête de vis se transforme en tension (S) dans le corps de la vis.
- Le couple peut être absorbé, non par la vis**, mais par : les rondelles, les joints, et la friction des filets.
- La lubrification modifie le coefficient μ de frottement.

Exemple du cours : pour un même couple $T = 100 \text{ N.m}$ → sans lubrification $S = 20 \text{ N}$; avec lubrification $S = 50 \text{ N}$.

4. Les outils — règles d'utilisation

- Toujours utiliser un outillage adapté aux caractéristiques géométriques et dimensionnelles des têtes de vis / écrous, sous peine de les détériorer.
- Remplacer systématiquement** tout élément détérioré avant remontage.

⚠ FORMELLEMENT INTERDIT EN AÉRONAUTIQUE (montage / démontage)

Clef anglaise
Clef à molette
Pince étau

Pince multiprise

5. Les outils de serrage au couple

Outil	Particularité
Clef à lame (à ressort)	Lecture directe sur une règle graduée le long de la lame
Clef à cadran	Lecture directe par aiguille sur cadran
Clef à claquage (déclenchement)	« Clic » au couple réglé (mécanisme basculeur)
Clef à affichage digital	Lecture numérique, souvent avec mémorisation / angle
Tournevis dynamométrique	Réservé aux serrages à faible couple

Règles d'utilisation à connaître par cœur

INTERDICTIONS

Interdit d'utiliser une rallonge sur la poignée d'une clef à lame.
 Interdit d'utiliser une clef dynamométrique pour le desserrage.
 Les tournevis dynamométriques sont réservés aux faibles couples uniquement.

6. Fonctionnement d'une clef à claquage

Composants internes : Basculeur — Poussoir — Ressort de compression.

Principe : le ressort de compression maintient le mécanisme jusqu'à ce que le couple réglé soit atteint → le basculeur libère le poussoir → un « CLIC » signale l'arrêt de l'effort.

Utilisation correcte (règles de sécurité)

1. Positionner l'outil perpendiculairement à l'axe de la vis (pas en angle).
2. Placer la main à l'endroit prévu sur la poignée et tirer dans l'axe.
3. Exercer un mouvement lent et continu (pas d'à-coups).
4. Dès le « Clic » → **STOP**, arrêter immédiatement l'effort.

Stockage / entretien

- Réglage au minimum avant rangement.
- Stockée dans sa boîte d'origine.
- Éviter l'humidité et les conditions climatiques extrêmes.

7. Unités de couple

- **Unité internationale** : Newton-mètre (N.m)

- Newton = unité de force ; Mètre = unité de longueur

$$C \text{ (N.m)} = F \text{ (N)} \times L \text{ (m)}$$

- **Ancienne unité** : mètre kilogramme-force (m.kgf)
 - 1 m.kg = 9,81 N.m (valeur exacte)
 - Arrondis pratiques en atelier : 1 m.kg $\approx$ 10 N.m / 1 m.kg $\approx$ 1 daN.m

Tableau de conversion (échelle décimale)

daNm	Nm — dcNm — cNm
—	1 — 0 — 0
1	0 — 0 — 0

- Les clés sont graduées en daNm ou en Nm.
- Les tournevis sont gradués en Nm ou en cNm.

Carré d'entraînement — dépend du couple max de l'outil

Carré d'entraînement	Couple max
1/4"	30 N.m
3/8"	135 N.m
1/2"	340 N.m
3/4"	1000 N.m
1"	2100 N.m

Précision du cadran

La précision du serrage dépend de la résolution du cadran (ex : gradué N.m par N.m, ou par pas de 10 N.m).

8. Choisir la bonne clef dynamométrique

- Le couple requis
- Le type d'application : serrage ou contrôle
- La fréquence d'utilisation (outil avec ou sans vernier)
- La taille de la vis
- Les accessoires : douille, fourche, œil
- La précision
- **La plage d'utilisation** : utiliser entre 30 % et 75 % de la capacité max de la clé
- Les conditions d'utilisation

9. Correction du couple de serrage (rallonges)

⚠ **Sujet classique de piège en QCM — bien retenir quand corriger et quand ne pas corriger.**

Notations

- **Cr (couple réel)** = couple qu'on veut réellement appliquer sur la vis
- **Couple à lire** = valeur à régler / lire sur la clé pour obtenir ce couple réel compte tenu de la rallonge
- **L** = longueur du couplemètre (clé dynamométrique)
- **L1** = longueur de la rallonge en amont (entre le pivot / carré et la clé)
- **L2** = longueur de la rallonge en aval (après la clé, côté poignée)

Unités de force (rappel avant tout calcul)

Unité	Mesures à faire en...
N.m	mètres
ln.lbf	pouces
ft.lbf	pieds

Cas 1 — Rallonge entre le pivot et la clé (clé adaptatrice avant le carré)

$$\text{Couple à lire} = \text{Couple réel} \times [L / (L + L1)]$$

Exemple donné dans le cours :

- Couple à appliquer = 15 m.daN
- L (longueur couplemètre) = 0,75 m
- L1 (longueur de la clé / rallonge) = 0,25 m

$$15 \times [0,75 / (0,75 + 0,25)] = 11,25 \text{ m.daN}$$

Couple à lire sur le cadran

→ Avec une rallonge avant la clé, il faut réduire le couple affiché car le bras de levier est allongé.

Cas 2 — Rallonge côté poignée (après la clé, L2)

$$\text{Couple à lire} = \text{Couple réel}$$

★ AUCUNE CORRECTION NÉCESSAIRE

Une rallonge / douille placée après le mécanisme de mesure (côté poignée) ne modifie pas la lecture.

Cas 3 — Rallonge avant (L1) + rallonge après (L2) combinées

$$\text{Couple à lire} = \text{Couple réel} \times [(L + L2) / (L + L1 + L2)]$$

Cas 4 — Clé adaptatrice formant un angle de 90°

★ AUCUNE CORRECTION NÉCESSAIRE (angle exact de 90°)

Ce montage est néanmoins à éviter.

Si nécessaire : la longueur de la rallonge doit être inférieure à la longueur du couplemètre.

Cas 5 — Clé adaptatrice formant un angle $\alpha > 90^\circ$

$$\text{Couple à lire} = \text{Couple réel} \times [L / (L + l \cdot \cos \beta)]$$

avec $\beta = 180^\circ - \alpha$ (pour $180^\circ > \alpha > 90^\circ$)

$$\cos \beta = L1 / l \rightarrow L1 = l \cdot \cos \beta = l \cdot \cos(180^\circ - \alpha)$$

→ Correction de lecture nécessaire dès que l'angle s'écarte de 90°.

★ RÈGLE GÉNÉRALE À RETENIR

Toute rallonge avant la clé (qui modifie le bras de levier réel appliqué sur la vis) → correction nécessaire.

Toute rallonge / douille après la clé (côté main, ne change pas le point de pivot) → pas de correction.

La longueur de la clé adaptatrice doit toujours être inférieure à la longueur de la clé dynamométrique.

10. Autres méthodes de mesure du couple de serrage

- **Par allongement (ultrasons)** : mesure directe de l'allongement de la vis via un contrôleur à ultrasons → méthode de contrôle précise, indépendante du frottement.
- **Par angle** : utilisation d'un adaptateur Couple/Angle ou d'un adaptateur Angle seul — la méthode « couple + angle de rotation » est plus précise car elle s'affranchit en partie des variations de frottement.

11. Points de vigilance — ce qui tombe souvent en QCM

- ✓ Force de traction proportionnelle au couple
- ✓ Pas ↑ → Tension ↓ (relation inverse)
- ✓ Diamètre ↑ → Tension ↑ (relation directe / proportionnelle)
- ✓ Rallonge avant la clé (change le bras de levier) = correction obligatoire
- ✓ Rallonge / douille après la clé (côté poignée) = pas de correction
- ✓ Angle 90° pile = pas de correction ; angle ≠ 90° = correction avec cosinus
- ✓ Clef dynamométrique = jamais pour desserrer
- ✓ Clef à lame = jamais de rallonge sur la poignée
- ✓ Outils proscrits : clef anglaise, clef à molette, pince étau, pince multiprise
- ✓ Plage d'utilisation optimale d'une clé : 30-75 % de sa capacité max
- ✓ 1 m.kg = 9,81 N.m (exact) / ≈ 10 N.m (arrondi pratique)

- ✓ Dépassement du couple nominal → déformation plastique → risque de rupture + perte d'efficacité du freinage
 - ✓ Documentation de référence : AMM / SRM / CMM (procédure), IPC (pièces), CML (ingrédients), standard practices AMM ATA 20 / SRM ATA 51
-

Bon courage pour mercredi 🤝