

FICHE ANTI-SÈCHE

TUYAUTERIES & RACCORDS

Aéronautique — Définitions, matières, montage & reconnaissance des raccords

Synthèse complète du cours pour révision rapide : pressions caractéristiques, diamètres nominaux, classes de tuyauteries souples, règles de montage et de routage, et fiche d'identification de tous les types de raccords (épanoui, bague déformable, bague sertie, mémoire de forme, flexibles, circuits pneumatique/eau).

Sommaire

1. **Les tuyauteries — généralités**
Pressions Pn / Pe / Pr
2. **Diamètre nominal**
Rigide vs souple, tableau des matières
3. **Matières des tuyauteries**
Aluminium, inox, titane
4. **Tuyauteries souples**
5 classes de pression, PSI/Bar
5. **Composition d'une tuyauterie souple**
Tuyau, embouts, gaines/tresses
6. **Élastomère vs PTFE (téflon)**
Stockage et durée de vie (potentiel)
7. **Repérage des tuyauteries**
Codes couleurs et symboles
8. **Règles de montage**
Vérifications, méthodes de serrage
9. **Règles de routage**
Espacements réglementaires
10. **Les raccords — généralités**
11. **Raccords à épanoui**
AN, NAS, AGS
12. **Raccords à bague déformable**
ERMETO
13. **Raccords à bague sertie**
HMS Harrison, Deutsch (+ précautions)
14. **Raccords à mémoire de forme**
CRYOLIT
15. **Nouveaux raccords sertis**
Rynglok / Rynglock
16. **Raccords flexibles & semi-flexibles**
WIG.O.FLEX, GAMAH
17. **Raccord rigide MIN-O-MAL**
18. **Raccords circuits spéciaux**
Eau/toilette, pneumatique (Hose clamp, V-Band, manchon coulissant)
19. **MÉMO FINAL — Comment reconnaître un raccord**
Tableau de synthèse toutes familles

1 LES TUYAUTERIES — GÉNÉRALITÉS

1.1 — Définitions des pressions

Trois pressions caractérisent une tuyauterie et servent à la certifier après fabrication :

Pn — Pression Nominale : pression maximale à laquelle la tuyauterie peut être soumise en utilisation normale. C'est la pression de référence.

Pe — Pression d'Épreuve : pression minimale que la tuyauterie doit supporter sans fuite ni détérioration. → $Pe = 2 \times Pn$

Pr — Pression de Rupture : pression minimale que la tuyauterie doit supporter sans fuite, déformation ni désaccouplement des embouts. → $Pr = 4 \times Pn$

1.2 — Définition du diamètre nominal

Tuyauterie rigide : le diamètre nominal est le diamètre **externe** de la tuyauterie, quelle que soit l'épaisseur de la paroi.

Tuyauterie souple : le diamètre nominal est égal au diamètre extérieur de la tuyauterie rigide qui a le même diamètre que la section de passage de l'embout.

*Pour définir le diamètre nominal d'une tuyauterie souple, on cherche dans le circuit la **première tuyauterie rigide** qui lui sera connectée : son diamètre nominal est le même.*

Tableau des diamètres — module en 1/16ème de pouce (référence : diamètre externe)

Module	04	05	06	08	10	12	16	20	24
Pouce	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
Décimal	0,250	0,312	0,375	0,500	0,625	0,750	1,000	1,250	1,500

Épaisseur de paroi (in) selon la matière et le module — plus de détail : consulter l'ATA 20

Matière	04	05	06	08	10	12	16	20	24
21-6-9 (inox)	0,016	0,020	0,020	0,026	0,033	0,039	0,052	—	—
3A1-2,5V (titane)	0,016	—	0,019	0,026	0,032	0,039	0,052	0,070	—
6061-T6 (alu)	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,049	0,049
304 1/8 H (inox)	0,020	0,020	0,028	0,035	0,049	0,058	0,065	0,035	0,049

1.3 — Matières et usages

Matière	Usage / pression	Points forts
Alliages aluminium	Circuits basse/moyenne pression, circuits « retour » hydraulique (P < 1000 psi soit 70 bars)	Léger, économique
Alliages acier inoxydable	Circuits hautes pressions (P > 1000 psi soit 70 bars) ; zones exposées à la chaleur, aux agents atmosphériques, aux projections	Robustesse, résistance environnementale
Alliages titane	Avions spécifiques (Concorde, A380)	Haute résistance thermique, bonne tenue en pression, très grande légèreté

Conversion PSI / Bar (monde aérien)

1 PSI = 0,069 Bar | 1 Bar = 14,5 PSI

Exemples : 3000 PSI = 206 Bar | 5080 PSI = 350 Bar (A380)

1.4 — Tuyauteries souples : les 5 classes de pression

Les tuyauteries souples sont réparties en **5 classes** correspondant aux 5 gammes de pressions nominales d'utilisation possibles.

Classes de pression des tuyauteries souples (extrait — voir tableau complet du cours pour tous les diamètres)

Classe	Ø 1/4" (bar)	Ø 1/2" (bar)	Ø 1" (bar)	Ø 2" (bar)
Classe I	20	20	20	10
Classe II	70	70	55	10
Classe III	105	105	55	—
Classe IV	210	210	210	—
Classe V	280	280	280	—

Tableau complet (13 diamètres, du Ø3mm au Ø64mm) disponible dans le support de cours original.

2 COMPOSITION & MISE EN ŒUVRE DES TUYAUTERIES SOUPLES

2.1 — Composition d'une tuyauterie souple

Une tuyauterie souple se compose de trois éléments : un **tuyau**, des **embouts** (droits, coudés, à embases, filetés, mâle ou femelle) et une ou plusieurs **gainés/tresses de protection**.

- **Tresse métallique** : renforce le tuyau et protège des chocs / abrasion.
- **Gainés de protection** disponibles : silicone-coated fiberglass (anti-feu), ressort plat de protection, gaine synthétique anti-abrasion, ressort anti-flexion.

2.2 — Matériau du tuyau : élastomère ou PTFE

Élastomère

Mélange thermoplastique/caoutchouc. Limite de **stockage** et d'**utilisation** dans le temps.

PTFE (téflon)

Tube intérieur fin, tressage Kevlar/inox, gaine polyester/Cordura. **Pas de limite de stockage ni de durée de vie.** Utilisé jusqu'à 5080 psi.

Stockage et durée de vie potentielle sur avion (hors tuyauteries téflon et oxygène)

Temps de stockage (Ts)	Classes I - II	Classes III - IV - V
Date fabrication + 12 mois (neuve)	10 ans	8 ans
Ts < 8 ans	10 ans – demi durée de stockage	8 ans – demi durée de stockage
Ts > 8 ans	3 ans	1 an

Stockage des tuyauteries en **élastomère** : après 7 ans → test de pression annuel ; après 10 ans → rebutées.
Les tuyauteries ayant atteint leur potentiel sont démontées et rebutées. Celles déposées pour incident et n'ayant pas atteint leur limite sont **réformées**.

2.3 — Repérage des tuyauteries

Le repérage suit une norme couvrant : symboles graphiques et couleurs, indications écrites, signes de danger, emplacement des repères, sens d'écoulement. Formes : **autocollant** (tuyauterie rigide) ou **bague** (tuyauterie souple).

	Code couleur (chiffres)	Fluide / fonction
•	1 Bleu	Hydraulique, Refroidissement, Pneumatique (combiné)
•	2 Vert	Oxygène, Comburant pour fusée, Conditionnement
•	3 Jaune	Lubrifiant, Catalyseur pour fusée, Carburant pour fusée
•	4 Brun	Conditionnement, Incendie, Canalisations électriques
•	5 Rouge	Carburant, Injection d'eau
•	6 Orange	Gaz comprimé, Air instrument, Canalisations électriques
•	7 Gris	Comburant/Catalyseur/Carburant fusée, Injection d'eau, Dégivrage, Conditionnement, Air instrument

Nota : les tuyauteries transportant un liquide hydraulique à base d'ester de phosphate (Skydrol, etc.) portent une bague supplémentaire violette anodisée.

3 RÈGLES DE MONTAGE ET DE ROUTAGE

3.1 — Vérifications avant toute installation

- État et propreté de la portée du raccord et de la tuyauterie.
- Les écrous / corps de raccords doivent pouvoir reculer librement pour la mise en place.
- Les écrous doivent se serrer **à la main**, sans effort sur le corps du raccord.
- Alignement aussi parfait que possible, sans contrainte.
- Tuyauteries fixées dans leurs supports sans jeu ni contrainte.
- Respecter l'espacement donné par la documentation **ATA 20**.

3.2 — Méthodes de serrage selon la configuration

Configuration	Méthode
Assemblage direct de 2 tuyauteries	Maintenir la bague fixe d'une tuyauterie et appliquer le couple de serrage sur l'écrou de l'autre.
Assemblage avec raccordement (ex : passage de cloison)	Appliquer le couple sur l'écrou d'une tuyauterie en maintenant le raccord, puis répéter l'opération avec le second écrou.
Montage sur équipement via raccord	1) Appliquer le couple sur le raccord. 2) Appliquer le couple sur l'écrou de la tuyauterie en maintenant le raccord.

3.3 — Montage des tuyauteries souples

- La tuyauterie ne doit pas être en tension.
- Pas de coude trop serré (respecter le rayon de courbure minimal).
- La tuyauterie ne doit pas vriller (observer la ligne repère longitudinale).
- Elle doit pouvoir assumer un mouvement si nécessaire (prévoir du mou pour les variations de longueur sous pression).

Les règles de routage (ci-dessous) s'appliquent aussi aux tuyauteries souples.

3.4 — Règles de routage (espacements)

Entre...	Espacement minimal
Tuyauterie ↔ autre tuyauterie	3 à 6 mm (0,1 à 0,25 in) — selon appartenance à un même circuit et routage
Tuyauterie ↔ câbles / commandes de vol / torons électriques	15 à 25 mm (0,5 à 1 in)
Tuyauterie ↔ structure avion	3 à 5 mm (0,1 à 0,2 in) — selon diamètre et éléments mobiles/fixes

4 LES RACCORDS — DÉFINITION ET FAMILLES

4.1 — Rôle des raccords

Les raccords permettent : la **jonction** de deux ou plusieurs tronçons de tuyauteries d'un circuit, et le **branchement** de tuyauteries sur un élément ou équipement. Il en existe une multitude de formes : droit, coudé, tournant, en croix, en té, etc.

4.2 — Raccords à épanoui (l'extrémité du tube est évasée)

Le raccord « AN »

ÉPANOUI Étanchéité par contact d'un **cône mâle** (corps du raccord) et d'un **cône femelle** (face intérieure de l'épanoui du tube), serrés à l'aide d'un manchon (monté libre) et d'un écrou.

Reconnaissance : portée d'étanchéité à **74°**. Exige un alignement parfait des tuyauteries et un état de surface des portées irréprochable.

Le raccord « NAS » (National Aircraft Standard)

Utilisé sur certains circuits de dégivrage ou anémométriques. Principe d'étanchéité identique à l'AN : un **joint métallique bicône** (aussi appelé « **olive** ») placé aux extrémités de deux cônes mâles assure l'étanchéité par contact lors du serrage des corps mâle/femelle.

Reconnaissance : angle à **74°** comme l'AN, mais présence d'un joint métallique bicône rapporté (l'olive) entre les deux tuyauteries.

Risque de rotation de l'olive lors du montage → endommagement des épanouis → fuites ou suintements.

Le raccord « AGS » (raccord anglais)

Semblable au NAS, de moins en moins rencontré sur avion. Étanchéité par contact cône mâle / cône femelle par serrage.

Reconnaissance — différences avec NAS/AN :

- Joint métallique (buse) **biconcave**, prolongé par un tube sur un des côtés.
- Angle du cône à **32°30'** (au lieu de 74°).
- Manchon logé dans l'écrou, sur la tuyauterie recevant le prolongement du joint métallique.

4.3 — Raccord à bague déformable : « ERMETO »

Raccord **sans épanoui**. L'étanchéité est assurée par la **déformation d'une bague de pénétration** qui entaille le tube. Points d'étanchéité : au niveau de l'entaille, et au contact de la partie bombée de la bague avec le siège conique du raccord.

3 fonctions vitales de la bague progressive : étanchéité, maintien du tube, effet ressort.

Avantages : étanchéité maintenue sous vibrations importantes (réacteurs) ; montage facile (clé à fourche + clé dynamométrique) ; faible tendance au desserrage ; pas de difficulté de fabrication — il suffit de positionner le tube jusqu'à la butée du corps.

Attention au sur-torquage ! Un serrage excessif déforme la bague de façon permanente (rétrécissement du diamètre intérieur, évasement de l'extrémité) → risque de fuites.

4.4 — Raccords à bague sertie

Le raccord HMS « Harrison »

Conçu pour les tuyauteries à parois minces mais résistantes, utilisées sur circuits haute pression, quand les anciens systèmes ne suffisaient plus. Étanchéité assurée par un **manchon fixé (dudgeonné)** à l'extrémité des tuyauteries.

Points d'étanchéité : au niveau de l'ancrage du tube sur le manchon, et au contact de la partie bombée du manchon avec le siège du corps.

Avantages : butée mécanique (pas de serrage excessif possible) ; couple de serrage réduit ; assemblage sur tous matériaux et tailles de tubes ; interchangeable avec un raccord ERMETO ; pas d'affaiblissement du tube ; étanchéité boule sur cône très efficace.

Les raccords « Deutsch »

Raccords à sertir permettant un raccordement **démontable ou permanent** de deux tuyauteries.

Version démontable

Un joint téflon silicone logé dans une gorge usinée à l'intérieur de chaque jupe colmate les rayures longitudinales du tube ; le joint « flue » au sertissage et assure l'étanchéité.

Version non démontable — « Permaswage »

Réparation permanente pour circuits jusqu'à 3000 psi, réalisée par sertissage à l'aide d'un outillage portatif (montage initial définitif).

Reconnaissance des raccords Deutsch par la couleur / aspect extérieur

Matière	Aspect / couleur de protection
● Alliage léger 6061-T6	Couche de téflon verte
● Titane	Couche de téflon noire
○ Acier inoxydable 21-6-9	Pas de protection externe — couleur acier brillant

PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES : les raccords inox (21-6-9) et alliage léger (6061-T6) doivent être utilisés sur des tubes de même matière. Le raccord Deutsch est strictement interdit sur circuits oxygène et sur les parties chaudes de moteurs au-delà de 400°C (l'oxyde de titane est très inflammable en présence d'oxygène pur ; le joint téflon, corps gras, peut provoquer une surchauffe voire un début d'incendie).

4.5 — Raccord à mémoire de forme : « CRYOLIT »

Permet des réparations permanentes et non démontables sur circuits jusqu'à 3000 psi. Technologie mise au point fin des années 1960 / début 1970.

Principe : le raccord est trempé dans un bain d'**azote liquide (-196°C)** — cryogénie. Il se dilate à un diamètre supérieur de 5% par rapport au diamètre nominal de la tuyauterie, reste dans le domaine élastique, puis retrouve son aspect initial (se resserre) en revenant à température ambiante, réalisant ainsi un sertissage métal sur métal.

Avantages : pas de limite du nombre de raccords sur une même tuyauterie (mizable avec les raccords « permaswage ») ; pas de couple galvanique entre matières différentes ; pas d'outillage nécessaire.

4.6 — Nouveaux raccords sertis : « Rynglok / Rynglock »

Adopté sur de nouveaux avions pour ses bonnes caractéristiques mécaniques et sa facilité de montage. Permet des réparations permanentes et non démontables.

Reconnaissance : une **bague coulissante** est utilisée pour réaliser le sertissage (marques de positionnement avant/après assemblage visibles). L'utilisation d'un **outillage spécifique est obligatoire**.

5 RACCORDS FLEXIBLES, SEMI-FLEXIBLES, RIGIDES ET CIRCUITS SPÉCIAUX

5.1 — Raccord flexible « WIG.O.FLEX »

Permet des montages flexibles, principalement sur circuits carburant, huile, dégivrage, extincteur et basse pression. Réalisé en alliage léger (sauf application spéciale inox/titane).

Mode d'étanchéité : le raccord se monte sur des tuyauteries munies de **bouvrelets** ; étanchéité assurée par deux joints « O-Ring » (ou bague « R ») maintenus entre deux contre-joints et une bague de retenue centrale.

Avantages : sous encombrement minimum, autorise un défaut d'alignement axial de 1,6 mm ou un défaut angulaire de 4°. Se comporte comme un joint de dilatation, autorisant un coulisement de 4 à 7 mm selon les diamètres.

5.2 — Raccords semi-flexibles

WIG.O.FLEX série semi-flexible

Se monte sur des tuyauteries munies de **férules** (au lieu de bouvrelets). Étanchéité par deux joints « O-Ring » maintenus entre deux contre-joints et une bague de retenue centrale.

Le raccord « GAMAH »

Comme le WIG.O.FLEX, permet des montages flexibles, mais avec un **désalignement uniquement angulaire de 4° maximum** (pas de coulisement axial).

Reconnaissance : les extrémités ne possèdent pas de bouveret mais des pièces rapportées appelées **férules (ou viroles)** serties (dudgeonnées) sur les tubes — finition très soignée. Maintien par des **circlips**.

5.3 — Raccord rigide « MIN-O-MAL »

Assure un montage rigide. Particularité : le **corps du raccord fait lui-même office de férule** sur le tube (tube non dudgeonné).

Mode d'étanchéité : joint torique logé dans la gorge du corps du raccord, comprimé lors du serrage de l'écrou par application de la face de la férule de l'autre extrémité.

Avantages : encombrement minimum, faible poids ; montage facile mais **aucun défaut d'alignement toléré** ; pression admissible de 450 à 1500 PSI.

5.4 — Raccords des circuits eau et toilette : « quick couplers clamps »

Raccords à **attaches rapides**, nécessitant une tuyauterie possédant une gorge. Composés de : deux joints « O-Ring » positionnés dans les gorges des tuyauteries, une **bague de retenue coulissante** qui contraint les joints en écrasement (fait l'étanchéité), et un **collier de maintien à attache rapide** (agrafes).

5.5 — Raccords des circuits pneumatiques

Le collier « Hose Clamp »

BASSE PRESSION Bande métal soudée aux extrémités avec différents systèmes de fixation : vis en « T » et manchon, vis en « T » et tourillon (avec blocage de sécurité), ou vis sans fin.

Après mise en place, appliquer le couple de serrage **indiqué sur le collier lui-même**.

Le collier « V-BAND »

Bande de métal avec des sections en tôle emboutie en forme de « V » inversé d'un côté, et les systèmes de fixation de l'autre (identique au raccord basse pression).

Procédure de serrage « Tap & Torque » :

1. Appliquer le couple de serrage indiqué (marquage au crayon électrique).
2. Tapoter le collier sur toute sa circonférence au maillet — **jamais de marteau ni de coups violents**.
3. Réappliquer le couple, répéter jusqu'à ce qu'il reste constant deux fois de suite.
4. Vérifier la conformité suivant la tolérance adaptée au type de collier.

Le raccord manchon coulissant

Se monte sur des conduits pneumatiques basse et moyenne pression. Utilise des **joints à lèvres** qui réalisent l'étanchéité grâce à la pression pneumatique elle-même.

Procédure : positionner les joints dans les gorges puis les graisser **légèrement** (graisse silicone) → faire coulisser le manchon sur la tuyauterie jusqu'à recouvrement de la jointure à équidistance → repositionner le système de fixation du manchon si présent.

6 MÉMO FINAL — COMMENT RECONNAÎTRE UN RACCORD

Famille	Nom	Signe distinctif de reconnaissance	Démontable ?
Épanoui	AN	Cône à 74° , manchon libre + écrou, pas de pièce rapportée entre les tubes	Oui
	NAS	Cône à 74° + joint métallique bicône (« olive ») entre les deux tubes	Oui
	AGS	Cône à 32°30' , joint biconcave prolongé par un tube, manchon logé dans l'écrou	Oui
Bague déformable	ERMETO	Pas d'épanoui — bague qui entaille le tube visible au démontage ; montage jusqu'à butée	Oui
Bague sertie	HMS Harrison	Manchon dudgeonné sur le tube, butée mécanique nette, étanchéité « boule sur cône »	Oui
	Deutsch	Jupe/renflement sertis ; couleur : vert =alu, noir =titane, brillant =inox ; version permanente « Permaswage » = tube ondulé serti sans écrou	Selon version
Mémoire de forme	CRYOLIT	Manchon métallique sans écrou ni pièce mobile visible — posé par trempage azote liquide (traces d'oxydation possibles)	Non
Sertis nouvelle génération	Rynglok/Rynglock	Bague coulissante avec marques de positionnement (avant/après assemblage) ; outillage spécifique obligatoire	Non
Flexibles	WIG.O.FLEX	Tuyauteries à bourrelets , 2 joints O-Ring + bague centrale ; tolère 1,6 mm axial / 4° angulaire	Oui
	WIG.O.FLEX semi-flex.	Tuyauteries à férules (pas de bourrelet), mêmes joints O-Ring	Oui
Semi-flexible	GAMAH	Férules/viroles serties sur les tubes + circlips ; désalignement angulaire 4° max uniquement	Oui
Rigide	MIN-O-MAL	Le corps fait office de férule ; tube non dudgeonné ; aucun défaut d'alignement toléré	Oui
Circuit eau/toilette	Quick coupler clamp	Tuyauterie à gorge , bague coulissante + collier à agrafes rapides	Oui
Circuit pneumatique	Hose Clamp	Simple collier bande métal + vis en T / tourillon / vis sans fin — basse pression	Oui
	V-Band	Bande avec sections en « V » inversé ; serrage « Tap & Torque » au maillet	Oui
	Manchon coulissant	Manchon qui coulisse par-dessus la jointure, joints à lèvres graissés silicone	Oui

À retenir en un coup d'œil :

- Angle 74° → famille AN / NAS. • Angle 32°30' → AGS.
- Bague qui entaille le tube → ERMETO. • Manchon dudgeonné → HMS Harrison ou Deutsch.
- Couleur verte/noire/brillante → Deutsch (alu/titane/inox). • Trempage azote → CRYOLIT.
- Bourrelet + O-Ring → WIG.O.FLEX. • Férule + circlips → GAMAH. • Forme en « V » → V-Band.

Document de révision réalisé à partir du support « Tuyauteries et raccords » — Livret CFA n°1249. Se référer systématiquement à l'ATA 20 pour les valeurs de couple et tolérances officielles.