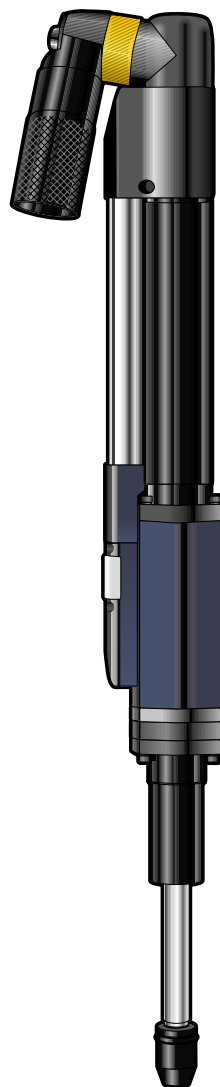


Techniques de serrage

Chapitre	Page
1. Pourquoi des éléments de fixation filetés	4
2. L'assemblage vissé.....	4
3. Force de serrage	6
4. Effet de la lubrification.....	7
5. Classification des qualités de vis.....	8
6. Types d'assemblages	10
7. Couple et angle	11
8. Méthodes de mesure.....	12
9. Le processus de serrage	14
10. Ecart des moyennes.....	15
11. Normes de contrôle	16
12. Certification	16
13. Erreurs de serrage.....	17
14. Filetages endommagés	17
15. Eléments d'assemblage manquants.....	17
16. Relaxation	17
17. Couple de trainée	18
18. Outils de serrage.....	18
19. Résumé	25



Guide de poche – Techniques de serrage

Ce guide est une introduction aux techniques d'assemblage par éléments de fixation filetés utilisant des outils mécanisés. Il traite en particulier de l'influence du choix d'outil sur la qualité de l'assemblage.

1. Pourquoi des éléments de fixation filetés

Il existe plusieurs manières de fixer des pièces et des éléments l'un à l'autre, par exemple, par collage, rivetage, soudure et brasage. Cependant, la méthode la plus répandue est d'utiliser une vis filetée qui, serrée sur un écrou ou tout autre élément disposant de trou taraudé garantira une bonne qualité d'assemblage. Les avantages de cette méthode sont une simplicité de conception et d'assemblage, un démontage aisé, une bonne productivité et des faibles coûts.

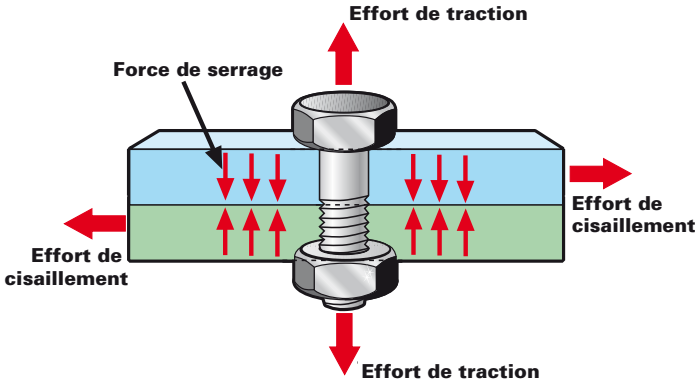
2. L'assemblage vissé

Une vis est soumise à différentes contraintes de traction, torsion et parfois cisaillement.

La tension de la vis, lorsqu'elle a été serrée à un allongement calculé, correspond à la précontrainte.

Les efforts extérieurs inférieurs à la précontrainte ne modifieront pas la tension de la vis. Par contre, si l'assemblage est soumis à des efforts extérieurs supérieurs à la précontrainte de la vis, l'assemblage se sépare et la tension de la vis augmente jusqu'à rupture de la vis.





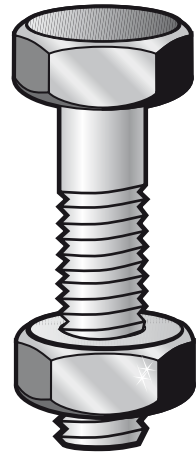
Efforts de cisaillement et de traction.

La torsion de la vis résulte du frottement entre les filets de la vis et de l'écrou.

Certaines vis sont également soumises à des efforts de cisaillement qui se produisent lorsque la sollicitation externe a tendance à faire glisser les éléments d'un assemblage entre eux, perpendiculairement à la force de serrage. Dans un assemblage correctement conçu, la friction entre les éléments de l'assemblage devrait résister à toutes les sollicitations en cisaillement. Un assemblage de ce type est appelé un assemblage à friction. Si la force de serrage n'est pas suffisante pour créer la friction voulue, la vis sera également soumise à un effort de cisaillement. Très souvent les assemblages sont conçus pour une sollicitation composée « traction et cisaillement ».

La vis est constituée d'une tige et d'une tête. La tige est filetée en partie ou sur toute sa longueur, de l'extrémité à la tête de vis. Les vis les plus longues ne sont généralement filetées que sur une partie de la tige. Un filetage sur toute la longueur de tige augmente le coût de la vis, réduit sa résistance à la traction et n'est pas forcément nécessaire.

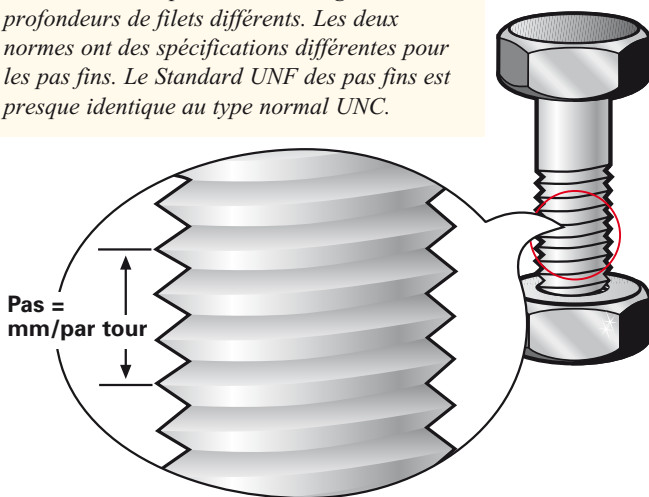
Les dimensions des filetages, la forme des filets et le pas, c'est à dire la distance entre deux filets consécutifs, sont normalisés. En pratique, il y a seulement deux normes utilisées dans l'industrie : la Norme UN (Unified standard), utilisée à l'origine par les pays anglo-saxons et la Norme métrique Européenne, M.



Modèle de vis standard.



En plus des différences dimensionnelles, les normes UN et M possèdent des angles et des profondeurs de filets différents. Les deux normes ont des spécifications différentes pour les pas fins. Le Standard UNF des pas fins est presque identique au type normal UNC.



3. Force de serrage

En général, il est préférable que la vis soit l'élément le plus fragile de l'assemblage. Etant donné qu'une vis standard est généralement bon marché, il vaut mieux qu'elle soit la première pièce à casser. Une vis surdimensionnée augmente inutilement le poids et le prix du produit.

De plus, dans la plupart des cas les dimensions de la vis ne sont pas critiques concernant la qualité de l'assemblage. Ce qui est décisif est que la force de serrage soit suffisante pour supporter toutes les sollicitations auxquelles doit être soumis l'assemblage et en particulier pour éviter le desserrage lors de sollicitations répétitives.

Dans les conditions normales de production, il n'existe pas de méthode pratique pour mesurer la force de serrage. Par conséquent, la valeur de la force de serrage est généralement déduite du couple de serrage.

Etant donné que la force de serrage est une fonction linéaire de l'angle de rotation de la vis et du pas du filetage, il y a une relation directe entre la force de serrage et le couple de serrage dans la plage élastique d'allongement de la vis.



Cependant, seulement environ 10 % du couple appliqué est transformé en force de serrage. Le reste du couple de serrage est consommé par les frictions dans l'assemblage : 40 % de frictions au niveau du filetage et 50 % de frictions sous la tête de la vis.

4. Effet de la lubrification

La lubrification des assemblages filetés diminue la friction et modifie la relation entre le couple de serrage et la force de serrage. Si le couple prévu pour un assemblage non lubrifié est appliqué sur un même assemblage lubrifié, une partie plus importante du couple sera transformée en force de serrage. Au pire, cela peut se traduire par une traction supérieure à la résistance à la traction de la vis et entraîner sa rupture. D'autre part, si la vis est totalement exempte de lubrifiant, la force de serrage peut être trop faible pour résister aux contraintes pour lesquelles l'assemblage a été conçu, avec le risque que la vis se desserre.

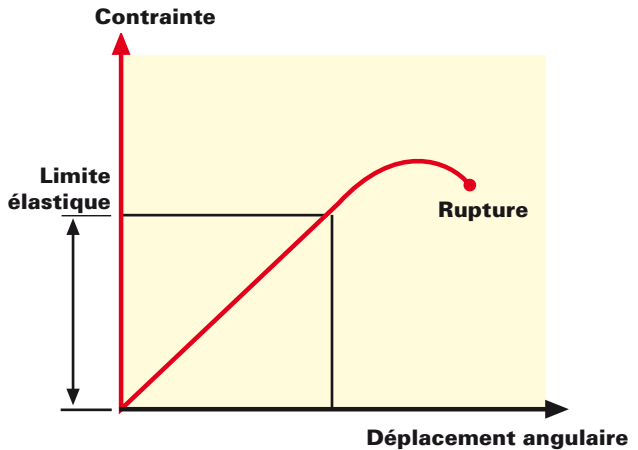
Matière de la vis	Matière de l'écrou	A sec	Légèrement huilée
<i>Sans traitement</i>	<i>Sans traitement</i>	<i>0.18-0.35</i>	<i>0.14-0.26</i>
<i>Revêtement phosphoreux</i>	<i>Sans traitement</i>	<i>0.25-0.40</i>	<i>0.17-0.30</i>
<i>Electro zingué</i>	<i>Sans traitement</i>	<i>0.11-0.36</i>	<i>0.11-0.20</i>
<i>Revêtement phosphoreux</i>	<i>Revêtement phosphoreux</i>	<i>0.13-0.24</i>	<i>0.11-0.17</i>
<i>Electro zingué</i>	<i>Electro zingué</i>	<i>0.18-0.42</i>	<i>0.13-0.22</i>

Tableau 1. Friction au niveau filetage pour différentes matières.



5. Classification des qualités de vis

Lorsqu'une vis est serrée, sa matière est contrainte et elle s'allonge proportionnellement à la force exercée. En principe, cet allongement continue jusqu'à ce que la tension de la vis soit égale à la résistance à la rupture après laquelle la vis casse. Cependant, tant que l'allongement est proportionnel à la contrainte, la vis retrouve sa longueur initiale lorsque l'effort est supprimé. C'est la zone élastique.



Après une certaine contrainte, connue en tant que limite élastique, la tension et la déformation de la vis continue mais ne sont plus proportionnelles. Cette zone comprise entre la limite élastique et la résistance à la rupture est appelée la zone plastique.

Pour répondre à des exigences de force de serrage très précises, cette zone est quelquefois volontairement spécifiée dans le processus d'assemblage.



BOULON À FILETAGE M

Couple de serrage en Nm conformément à l'ISO 898/1

Les qualités correspondant à la matière des vis sont normalisées pour connaître à quel effort de traction les vis peuvent être sollicitées avant que les limites élastiques et à la rupture soient atteintes. Toutes les vis doivent être marquées en fonction de leur classe de qualité par un système normalisé à deux chiffres, où le premier chiffre indique la résistance minimale à la traction en 100 N/mm² et le second indique la relation entre la limite élastique et la résistance minimale à la traction. Par exemple : une classe 8.8 désigne une vis ayant une résistance minimale à la traction de 800 N/mm² et une limite élastique de $0.8 \times 800 = 640$ N/mm².

Filetage	Classe de qualité en Nm						
	3.6	4.6	4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M1.6	0.05	0.065	0.086	0.11	0.17	0.24	0.29
M2	0.10	0.13	0.17	0.22	0.35	0.49	0.58
M2.2	0.13	0.17	0.23	0.29	0.46	0.64	0.77
M2.5	0.20	0.26	0.35	0.44	0.70	0.98	1.20
M3	0.35	0.46	0.61	0.77	1.20	1.70	2.10
M3.5	0.55	0.73	0.97	1.20	1.90	2.70	3.30
M4	0.81	1.10	1.40	1.80	2.90	4.00	4.90
M5	0.60	2.20	2.95	3.60	5.70	8.10	9.70
M6	2.80	3.70	4.90	6.10	9.80	14.0	17.0
M8		8.90	10.50	15.0	24.0	33.0	40.0
M10		17.0	21.0	29.0	47.0	65.0	79.0
M12		30.0	36.0	51.0	81.0	114.0	136.0
M14		48	58	80	128	181	217
M16		74	88	123	197	277	333
M18		103	121	172	275	386	463
M20		144	170	240	385	541	649
M22		194	230	324	518	728	874
M24		249	295	416	665	935	1120
M27		360	435	600	961	1350	1620
M30		492	590	819	1310	1840	2210
M36		855	1030	1420	2280	3210	3850
M42		1360		2270	3640	5110	6140
M45		1690		2820	4510	6340	7610
M48		2040		3400	5450	7660	9190

Tableau 2. Tableau des différentes classes de qualité de vis.



*Exemple de désignation
de vis.*



6. Types d'assemblages

Il n'y a pas que la taille qui modifie les caractéristiques des assemblages vissés mais également le type. D'un point de vue serrage, la principale caractéristique d'un assemblage est sa "rigidité" ou son "taux de serrage". Cette caractéristique représente l'angle de serrage nécessaire à l'obtention du couple requis en fonction de la dimension et de la classe de qualité de la vis en question. L'angle de serrage est mesuré à partir du début de la compression des différents éléments qui constituent l'assemblage.

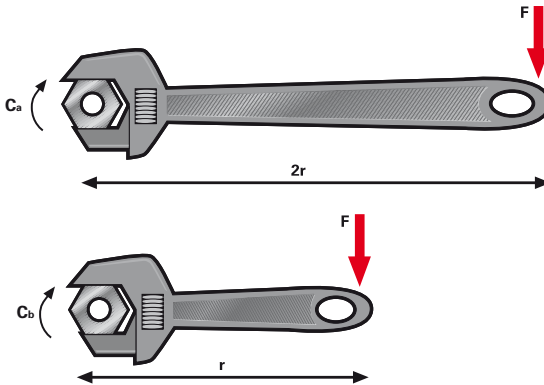
Le taux de serrage peut être très différent pour un même diamètre de vis. Une vis courte serrant des éléments métalliques plats atteint le couple requis en une fraction de tour de vis seulement. Ce type d'assemblage est défini comme un "assemblage rigide". Un assemblage comportant une vis longue devant compresser des éléments tels que des joints, rondelles élastiques ou éléments plats possédant des tolérances de formes aléatoires nécessite un angle plus grand, et même plusieurs tours de vis ou d'écrou pour atteindre le couple requis. Ce type d'assemblage est dit "assemblage élastique".

Ces deux différents types d'assemblages se comportent différemment lorsqu'on les rencontre dans le processus de serrage.



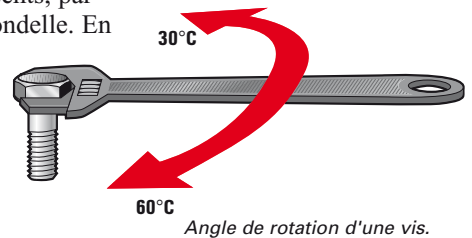
7. Couple et angle

Comme mentionné précédemment, le couple de serrage est pour des raisons pratiques, le critère normalement utilisé pour spécifier la précontrainte d'une vis. Le couple, peut être mesuré soit en dynamique pendant le serrage et à l'aide d'un capteur adapté, soit en statique, après le serrage, en vérifiant le couple de décollement à l'aide d'un clé dynamométrique.



Le couple est défini par la force x la longueur du levier.

Les spécifications de couple varient énormément en fonction des exigences qualité de l'assemblage. Un assemblage critique en terme de sécurité dans un véhicule automobile tel que les suspensions du train de roulement ne supporte aucune défaillance et par conséquent est soumis à des exigences de tolérance très strictes. Par contre, un écrou utilisé pour verrouiller la vis de réglage de hauteur d'un établi, n'est pas considéré comme critique et n'est donc pas soumis à des tolérances de couple de serrage particulières. Un haut niveau de contrôle qualité est atteint en ajoutant l'angle de serrage aux autres paramètres. Dans la zone élastique de la vis, ce contrôle peut être utilisé pour vérifier que tous les éléments de l'assemblage sont bien présents, par exemple, qu'il ne manque pas un joint ou une rondelle. En mesurant l'angle de serrage, on peut également vérifier la qualité d'une vis pendant toute la durée du processus d'assemblage. Dans les processus de serrage sophistiqués, l'angle peut être aussi utilisé pour repérer la limite élastique, autoriser le serrage dans la zone plastique de la vis et, par conséquent, maîtriser la tension exacte de serrage.



8. Méthodes de mesure

Connaissant les spécifications de serrage pour un assemblage vissé, la question qui vient à l'esprit est : Comment savoir si l'assemblage a été correctement serré ?

Les mesures de couple sont réalisées selon l'un des deux différents principes – mesure statique – mesure dynamique. Une mesure statique signifie que le couple de serrage est vérifié après que le serrage ait été effectué. La mesure est généralement réalisée manuellement, en utilisant soit une clé dynamométrique mécanique avec cadran gradué, soit une clé dynamométrique électronique avec afficheur digital et capteur à jauge de contrainte.

Une méthode très courante pour vérifier un couple de serrage est d'utiliser une clé à déclenchement (clé dynamométrique mécanique équipée d'un système de débrayage et pré-réglé à un couple donné). Si le couple contrôlé est supérieur à celui pré-réglé, le système débraye avant que l'assemblage ne se décolle. Si le couple contrôlé est inférieur, il est alors possible de resserrer jusqu'à ce que la clé déclenche. Avec cette méthode, il n'est pas possible d'avoir de mesure exacte du couple contrôlé.



*Clé dynamométrique
(mesure statique).*

Pour mesurer le couple statique, la valeur de couple doit être lue instantanément lorsque la vis commence à tourner. Pour la MSP (Maîtrise Statistique du Processus) (SPC – Statistic Process Control) des testeurs de couple électroniques peuvent être programmés pour stocker un certain nombre de mesures pour une analyse soit manuelle, soit assistée par ordinateur.

Une mesure dynamique, signifie que le couple est mesuré continuellement pendant le cycle complet de serrage. Cette méthode est généralement préférée en production lorsque des outils mécanisés sont utilisés pour le serrage. L'avantage par rapport à la méthode statique est que la mesure dynamique donne une indication sur la performance de l'outil de serrage sans tenir compte des éventuelles variations de friction et relaxation dans l'assemblage.

De plus, cela permet d'éviter des contrôles ultérieurs.

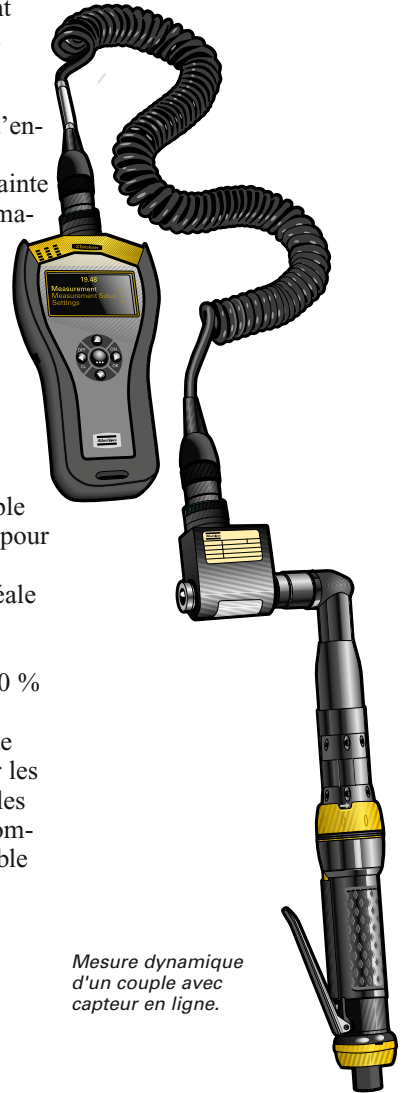
Une mesure dynamique peut être réalisée soit à l'aide d'un capteur de couple intégré ou en ligne, soit par la mesure du courant consommé de certaines visseuses ou boulonneuses électriques asservies. Dans les deux cas la mesure dynamique est uniquement possible lorsque les outils possèdent une transmission de couple directe, et sans à-coup violent comme dans les clés à chocs et certaines boulonneuses à impulsions.

Le capteur de couple en ligne est installé entre le carré d'entraînement (ou porte embout) de l'outil et la douille (ou embout) de serrage. Il est constitué d'une jauge de contrainte de type pont de Wheatstone qui, en fonction de sa déformation élastique, restitue un signal électrique pouvant être traité par un instrument de mesure.

Des capteurs en ligne sont également disponibles avec un codeur d'angle intégré pour surveiller l'angle de serrage.

De par son encombrement et la nécessité de maintenir en position pendant la mesure, le capteur en ligne n'est pas très pratique pour les contrôles de couple systématiques dans les productions en série. Cependant, pour l'installation d'outil, le réglage du couple et les contrôles qualité périodiques, le capteur en ligne est la solution idéale pour mesurer les valeurs des couples appliqués.

Dans les assemblages en série où le serrage nécessite 100 % de surveillance ou lorsque le processus de serrage est lui-même commandé par les lectures de couple, le capteur de couple est généralement intégré à l'outil de serrage. Pour les outils à engrenage il y a plusieurs positions dans lesquelles le capteur peut être installé, mais pour des raisons d'encombrement, il est avantageux de le placer le plus près possible du moteur où les forces impliquées sont les plus faibles.



Mesure dynamique d'un couple avec capteur en ligne.





Boulonneuse à renvoi d'angle avec capteur de couple intégré.



Des codeurs d'angle peuvent être également intégrés dans la conception de l'outil pour l'enregistrement des caractéristiques de l'assemblage pendant le serrage ou pour une commande de serrage évoluée.

9. Le processus de serrage

Le processus de serrage peut avoir également une influence majeure sur la qualité d'un assemblage vissé. Un assemblage serré manuellement se comporte différemment d'un assemblage réalisé en utilisant un outil mécanisé.

Différents types d'outils ont également une influence décisive sur le résultat. Les outils à transmission directe tels que les visseuses et les boulonneuses possèdent une capacité maximale déterminée par la puissance en sortie moteur et par le rapport d'engrenage. Ils peuvent être à calage sans embrayage mais sont généralement équipés d'un dispositif qui arrête le serrage à un couple prédéterminé.

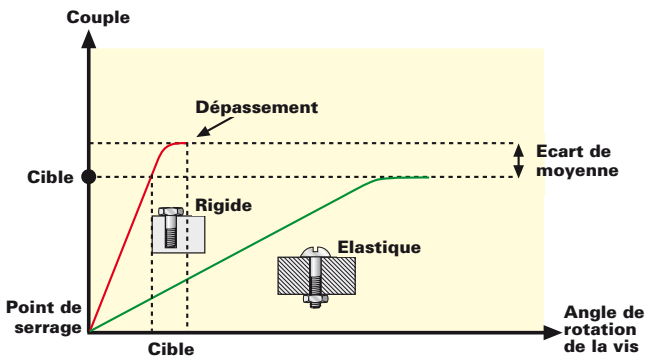
Les clés à chocs et les boulonneuses à impulsions sont d'autres types d'outils très utilisés dans les industries modernes. En transformant la puissance du moteur en énergie cinétique il a été possible de concevoir des outils très puissants, à l'encombrement limité et avec des forces de réactions négligeables pour l'opérateur. Cependant, d'un point de vue surveillance de couple, ces outils sont difficiles à contrôler en dynamique et sont donc déconseillés sur les assemblages nécessitant une grande précision de serrage.



10. Ecart de moyenne

La raison fondamentale d'utilisation d'outil mécanisé pour le serrage d'un assemblage vissé est de raccourcir la durée du processus en respectant l'aptitude de l'opérateur et les exigences qualité. Pour des raisons identiques, une vitesse de rotation élevée de l'outil est très intéressante.

La plupart des outils d'assemblage sont mécanisés par un moteur qui produit une vitesse de rotation élevée pendant la phase et diminue au cours du serrage. Dans les assemblages rigides, le freinage des pièces en mouvement s'effectue en une fraction de seconde. Cependant, une inertie importante est emmagasinée dans toutes les pièces en rotation (outil, douille, embout assemblage). Cette énergie doit se dissiper quelque part et la plus grande partie se dissipe dans l'assemblage sous forme d'un couple additionnel dit de "dépassement".



Définition de l'écart de moyenne et du dépassement.

Cela ne serait pas un problème si l'assemblage était toujours identique. Mais si le même outil est actionné sur un assemblage élastique, la vitesse de serrage et donc l'énergie cinétique en fin d'assemblage sera d'autant plus faible. De plus, le taux de serrage étant aussi réduit, le « dépassement » se traduira par un sur-couple pratiquement négligeable. Le résultat est une différence appelée « écart de moyenne » et pouvant être considérable entre l'assemblage rigide et l'assemblage élastique. Dans des outils d'assemblage à coupure, la qualité de l'embrayage peut ainsi devenir décisive pour réduire l'écart de moyenne. Etant donné que la séquence de serrage est généralement très courte, le temps nécessaire à l'embrayage pour arrêter l'outil est primordial si l'on veut éviter des écarts importants sur les assemblages à élasticité variable.



11. Normes de mesure

Les variations du couple de serrage, dépendant de la rigidité de l'assemblage, l'adoption d'une norme de mesure commune à été rendu nécessaire pour définir la capacité d'un outil à répondre aux spécifications qualité. Cette norme est aussi très intéressante lorsque l'on veut comparer différents types d'outils selon des critères communs.

La norme standard utilisée aujourd'hui pour le contrôle des "Outils tournants pour éléments de fixation filetés – Performance et méthode d'essai" est l'ISO 5393 – Cette norme ainsi que les principes d'évaluation des résultats sont traités dans le "Guide de poche d'analyse statistique des résultats de serrage".

12. Certification

L'ISO 5393 représente une plate-forme d'évaluation commune pour les constructeurs et utilisateurs d'outils. Basé sur cette norme de mesure, beaucoup de constructeurs automobiles ont adapté leurs propres programmes qualité. Ces programmes impliquent la catégorisation ainsi que la classification des outils disponibles sur le marché. Généralement, la capacité d'un outil neuf ou usagé, doit être vérifiée selon ces normes avant qu'il ne puisse être utilisé sur les lignes d'assemblage.

Le programme de certification le plus complet est celui réalisé par Ford Motor Co. Dans le principe, il est basé sur une classification de tous les assemblages d'une automobile dans les classes d'outils applicables en fonction des exigences de couple. Des outils sont essayés selon ces exigences, du couple maximal au couple minimal, dans chaque classe, conformément à la procédure d'essai de l'ISO 5393. Pour être homologué, chaque outil doit satisfaire aux exigences de précision à l'état neuf et après 250000 cycles et, pour une meilleure certification, après 500000 cycles, sans réparations majeures et en restant dans la même plage de spécification de tolérance.

Les autres constructeurs automobiles ont des programmes similaires. La plupart d'entre eux utilisent l'ISO 5393 comme méthode d'essai mais les exigences peuvent être différentes. Les essais de performance des outils sont principalement développés par les constructeurs automobiles mais les constructeurs d'outils peuvent être autorisés par les utilisateurs à réaliser des essais pratiques.



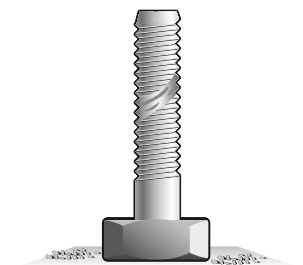
13. Défauts de serrage

L'objectif du contrôle du couple de serrage est de garantir une tension permettant de résister aux différentes contraintes pour lesquelles l'assemblage a été conçu. Cependant, certains défauts d'assemblage peuvent engendrer une tension inadéquate sans que cela ne soit vérifiable par la mesure du couple.

14. Filetages endommagés

Les frottements supplémentaires engendrés par des filets endommagés ou insuffisamment usinés auront pour conséquence une consommation excessive du couple de serrage et donc une tension de serrage réduite voir insuffisante.

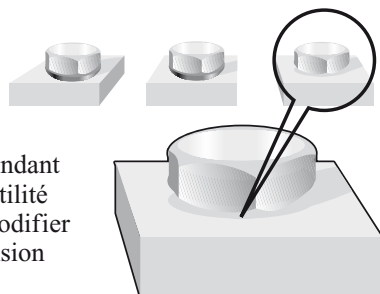
Les filetages endommagés peuvent être détectés en vérifiant l'angle de serrage.



Filetage endommagé.

15. Éléments d'assemblage manquants

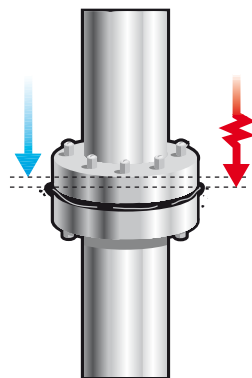
Un problème courant dans la production industrielle est l'oubli par l'opérateur d'une rondelle ou d'un joint pendant les opérations d'assemblage. Indépendamment de leur utilité fonctionnelle, des éléments manquants peuvent aussi modifier le couple final de l'assemblage et par conséquent, la tension de serrage.



Rondelle manquante.

16. Relaxation

Tous les assemblages se relâchent après serrage. Cela signifie qu'après un court instant, moins de 30 millisecondes, la force de serrage dans l'assemblage est inférieure à celle qui a été appliquée. Pour les assemblages comprenant des matériaux tendres ou élastiques tels que des joints, cette relaxation peut être considérable et un contrôle du couple statique peut montrer une différence significative par rapport à la valeur requise. La relaxation est généralement solutionnée par un serrage en deux étapes. Un outil à impulsions ou une clé à chocs peut aussi diminuer cette différence étant donné que l'application intermittente du couple permet à l'assemblage de se relâcher entre deux chocs ou impulsions.

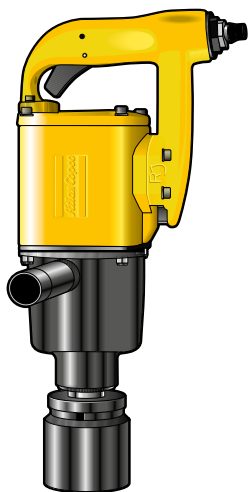
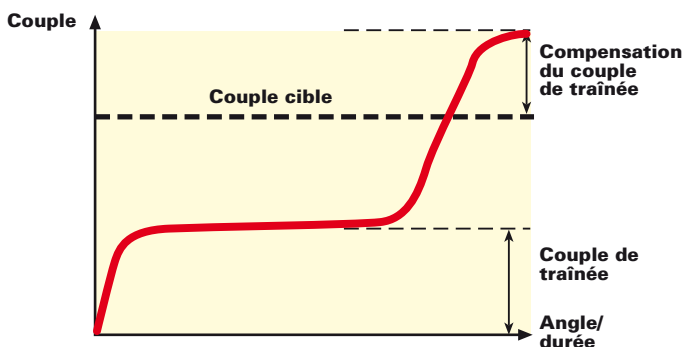


Relaxation.



17. Couple de traîné

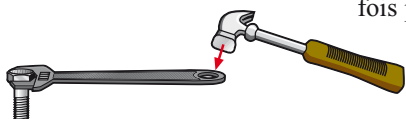
Pour limiter les risques de desserrage, certains assemblages possèdent un élément élastique installé sur le filetage. Naturellement, cet élément de friction augmente également le couple de traîné pendant la phase d'approche et il convient d'en tenir compte lors du calcul du couple final pour éviter tous risques de tension de serrage insuffisante. Les frictions engendrées par les écrous freinés étant légèrement variables, la solution idéale est d'utiliser un outil électrique asservi qui mesure avec précision le couple de traîné et le rajoute automatiquement au couple de serrage final.



18. Outils de serrage

Clés à chocs

Le fonctionnement des clés à chocs est basé sur le principe du marteau et de l'enclume. Un « marteau », entraîné par le moteur pneumatique, vient frappé une « enclume » sur laquelle est montée une douille de serrage. Le couple est ainsi transmis à l'assemblage choc après choc, une à deux fois par tour en fonction du mécanisme de frappe.



Principe des clés à chocs.

L'avantage des clés à chocs est qu'elles bénéficient d'une très grande puissance par rapport à leur poids et à leur taille. En outre la seule réaction supportée par l'opérateur est celle qui est nécessaire à l'accélération du marteau avant qu'il ne frappe l'enclume. Ces caractéristiques



de fonctionnement font des clés à chocs des outils simples à utiliser et particulièrement ergonomiques.

En revanche, le couple étant appliqué par une série d'impacts, les clés à chocs ont un niveau sonore élevé et il est très difficile d'en mesurer le couple appliqué avec précision.

En conséquence, la clé à chocs est l'outil idéal pour desserrer des boulons rouillés ou grippés, pour les travaux de maintenance dans les usines chimiques, raffineries et autres industries lourdes. Elles sont également adaptées à une variété d'applications qui ne nécessitent pas un haut degré de précision.

Outils à impulsions

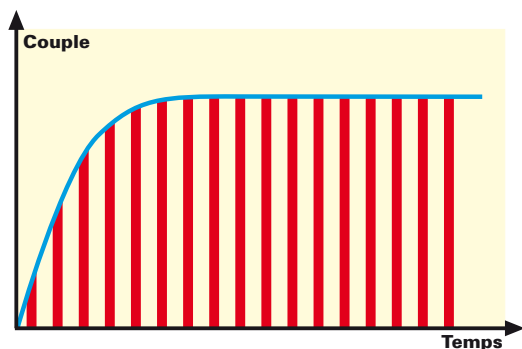
Les outils à impulsions hydraulique possèdent les mêmes avantages que les clés à chocs (vitesse, puissance, légèreté, maniabilité, force de réaction négligeable...), mais en limitent grandement les inconvénients (bonne précision de serrage, niveau sonore réduit, mesure dynamique rendue possible mais conservant quelques difficultés).

Avec les outils à impulsions le couple de serrage est transmis par l'intermédiaire d'un amortisseur hydraulique. Cela permet un faible niveau sonore, un minimum de vibrations et surtout une bonne précision de serrage. Dans les versions sans coupure d'air, le couple peut être réglé en faisant varier la pression hydraulique dans le mécanisme d'impulsions.

La maniabilité, la vitesse, ainsi que le faible niveau sonore et de vibrations ont rendu les outils à impulsions très populaires dans les industries utilisant des outils d'assemblage, y compris dans l'industrie automobile. Les limites d'utilisation concernent les applications qui nécessitent une documentation précise sur les valeurs de couples appliquées.



Principe des outils à impulsions.



Principe d'obtention d'un couple avec un outils à impulsions.



Visseuses et boulonneuses pneumatiques

La gamme d'outils pneumatiques à entraînement direct va des plus petites visseuses jusqu'à de très puissantes boulonneuses pouvant développer des couples de plusieurs milliers de Nm. Un moteur pneumatique est caractérisé par une très grande vitesse mais un faible couple de sortie. Pour bénéficier d'un couple et d'une vitesse optimisés en sortie d'outil, les visseuses et boulonneuses sont équipées de trains d'engrenages épicycloïdaux.



Visseuse LUM.

Visseuses

Le terme « visseuses » est utilisé pour les petites vis dont le couple de serrage réduit peut être supporté manuellement par l'opérateur. En pratique, cela correspond à une capacité de couple de 4 à 12 Nm (M5-M6) mais est aussi fonction du type d'outil, du type d'assemblage et de la position de travail.

Les visseuses les plus simples sont celles qui ne possèdent pas d'embrayage et qui calent à un couple donné en fonction de la pression d'alimentation, de la puissance de leur moteur et de la démultiplication du train d'engrenage dont elles sont équipées. Le réglage du couple est obtenu par régulation de la pression de l'air comprimé qui alimente l'outil. Souvent, ce type d'outil est utilisé pour des applications ayant des exigences de couple variables telles que des vis à tôle où, l'opérateur arrête le processus de serrage par contrôle visuel.

Cependant, les visseuses sont généralement équipées d'un mécanisme d'embrayage qui peut être réglé à un couple prédéterminé. L'embrayage peut être à friction, ou posséder une fonction qui coupe automatiquement l'alimentation d'air. Avec un embrayage à friction l'accouplement est assuré par 2 disques crantés maintenus l'un contre l'autre par un ressort de tarage. Lorsque le couple pré-réglé est atteint ces disques clabotent jusqu'à ce que l'opérateur relâche la commande d'admission d'air. Cette solution, bon marché, permet à l'opérateur de jouer sur le couple appliqué et de compenser la relaxation en laissant claboter l'embrayage plus ou moins longtemps. Néanmoins, l'action est plutôt bruyante et la précision de serrage moins bonne qu'avec une visseuse à coupure.

Boulonneuses

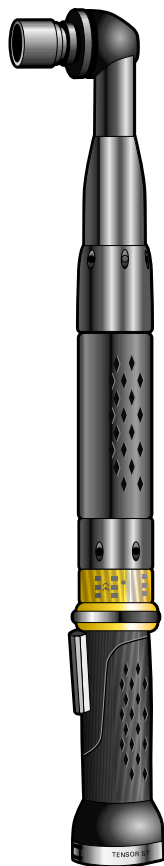
Pour un couple de serrage au dessus de la plage normale des visseuses, la réaction devient trop élevée pour que l'opérateur puisse avoir la force de retenir l'outil avec une poignée revolver ou droite. L'utilisation manuelle de ce type d'outil reste néanmoins possible à condition d'utiliser une barre de réaction. Les boulonneuses à renvoi d'angle sont un autre type d'outil qui, de par leur conception en longueur permettent d'agir comme un levier sur l'assemblage. Cette conception leur autorise des serrages de M6 à M14 (10 – 150 Nm) sans qu'une barre de réaction ne soit absolument nécessaire.

Néanmoins, les boulonneuses à poignées revolver, boulonneuses droites et boulonneuses à renvoi d'angle peuvent être équipées d'un toc de réaction ou d'un bras articulé pour supporter les forces importantes mises en œuvre.

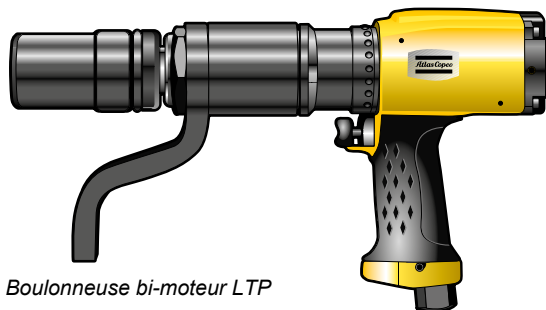
Les boulonneuses à entraînement direct sont disponibles en modèle à calage ou à coupure. Elles sont très précises et se prêtent facilement au contrôle dynamique du couple et de l'angle de serrage. Avec des capteurs de couple et des codeurs d'angle intégrés le processus de serrage peut être contrôlé systématiquement et les données stockées électroniquement.

Une boulonneuse à poignée revolver remarquable est la boulonneuse bi-moteurs LMP/LTP61 qui permet d'appliquer des couples de serrage jusqu'à 1500 Nm tout en conservant une vitesse d'approche ultra-rapide. Dans cette boulonneuse un premier moteur faiblement démultiplié autorise une vitesse d'approche élevé à faible couple. Lorsque la phase de serrage commence un deuxième moteur fortement démultiplié est automatiquement mis en fonction pour assurer un couple de serrage élevé à vitesse réduite.

Les LMP/LTP61 permettent de serrer des forts couples avec une grande précision tout en conservant un temps de cycle, un encombrement et un poids d'outils minimums.



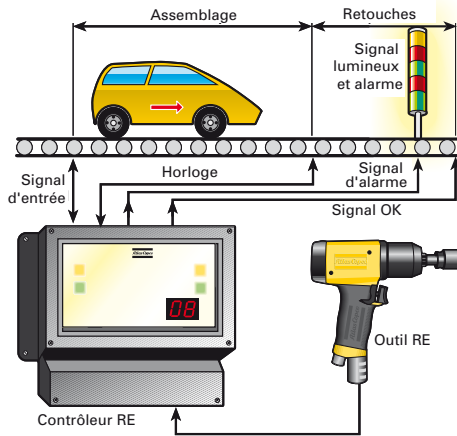
Boulonneuse à renvoi d'angle.



Boulonneuse bi-moteur LTP



Poste d'assemblage



Contrôleur RE avec prise d'information provenant d'un moteur pneumatique.

Signaux d'informations pneumatiques

Une faute très courante dans une unité d'assemblage est que l'opérateur oublie de serrer une vis dans une série d'opérations. Ceci peut être évité en comptabilisant les serrages réalisés et au moyen d'une alarme ou d'une commande permettant de signaler les erreurs. Ce système de compte-rendu est appelé Contrôleur RE. Pour les outils pneumatiques, le dispositif consiste en un capteur de pression qui, pendant tout le cycle de serrage, enregistre les variations de pression dans le système de commande de l'outil. La plupart des outils pneumatiques peuvent être connectés à une unité de contrôle RE.

Visseuses et boulonneuses électriques

Sur les lignes d'assemblage où l'air comprimé n'est pas disponible, ou à un emplacement où il faut éviter tout rejet d'impuretés provenant de l'échappement d'air, les visseuses

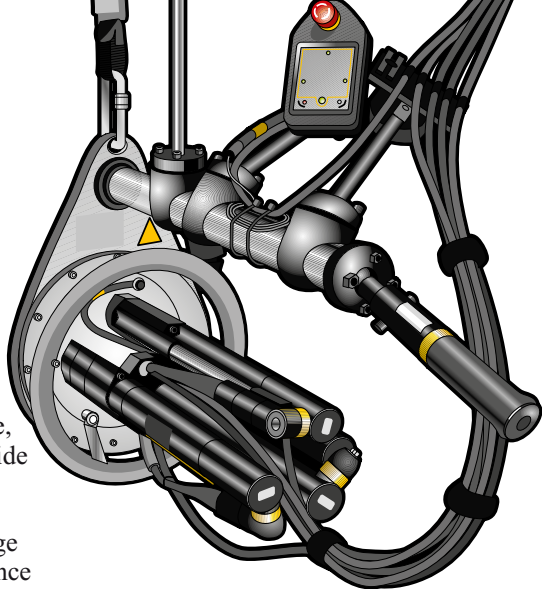
électriques à coupure sont souvent utilisées. La plupart de ces visseuses sont alimentées en courant continu basse tension via un transformateur. Les boulonneuses et visseuses électriques asservies sont également préférées pour le serrage des assemblages critiques des auto-

mobiles et autres industries ayant les mêmes exigences. Ce sont des systèmes très sophistiqués qui offrent la possibilité de contrôler en permanence le processus de serrage par un contrôle du courant, une jauge de contrainte et un codeur d'angle.



Outil électrique avec unité de contrôle.





Boulonneuses multiples

Lorsqu'il y a plusieurs vis dans un assemblage, elles peuvent être serrées simultanément à l'aide d'une boulonneuse multiple. Le but n'est pas uniquement d'accroître la productivité mais également d'augmenter la qualité d'assemblage en limitant l'influence opérateur et l'interférence entre différents serrages consécutifs. L'assemblage des culasses moteur est l'exemple type ou un serrage simultané avec des boulonneuses multiples asservies est particulièrement bien adapté.

Broche multiple avec unité de d'asservissement.

Les boulonneuses multiples sont habituellement droites et peuvent être équipées de moteurs pneumatiques ou électriques. La force de réaction de chaque broche est supportée par les autres vis de l'assemblage.

Outils à batterie

Les visseuses électriques à batterie sont devenues des outils courants parmi les artisans, les charpentiers et les bricoleurs où la mobilité est essentielle. Pendant ces dernières années les méthodes de travail sur les lignes d'assemblage automobile ont également évoluées et l'utilisation des outils d'assemblage à batterie est devenue de plus en plus fréquente. Les avantages sont une liberté de mouvement le long des lignes d'assemblage ou à l'intérieur de compartiments fermés sans aucune interférence avec un tuyau ou un câble d'alimentation.

Des versions industrielles d'outils d'assemblage électriques à batterie sont déjà sur le marché sous la forme de visseuses à poignée revolver, à renvoi d'angle et à impulsions.



Visseuses à batterie.



Guide de recommandation

Outil	Applications recommandées
Clés à chocs	Desserrage et serrage de boulons de grandes dimensions pendant des opérations de maintenance. Couples élevés avec des caractéristiques de précision modérées.
Outils à impulsions	Assemblage de vis usinées lorsque la vitesse et la maniabilité sont importantes. Précision moyenne.
Petites visseuses	Petit assemblage vissé à faible couple. Précision moyenne à grande.
Boulonneuses à renvoi d'angle	Assemblage de vis et écrous usinés lorsqu'il est nécessaire d'avoir une grande précision. Boulons à accessibilité limitée.
Boulonneuses à capteurs de couple	Assemblage de vis et écrous usinés lorsque dans le processus de serrage, le couple et/ou l'angle doit être surveillé pour le contrôle qualité et la certification.
Outils pneumatiques à signaux d'informations pneumatiques	Applications où le comptage des vis correctement serrées dans un assemblage est essentiel pour le contrôle qualité du produit.
Boulonneuses électriques asservies	Assemblage où le contrôle du processus de serrage à un haut niveau de précision est nécessaire.
Broches sur bâti et multi-broches	Applications où des bras articulés sont utilisés pour supporter le couple de réaction pour des serrages à broches multiples et pour des systèmes automatiques. Elles peuvent être à air comprimé ou électrique en fonction du niveau de contrôle de processus requis.
Outils à batterie	Pour une mobilité maximale où le tuyau d'air ou le câble électrique pourrait limiter l'accès, voir poser des problèmes de sécurité (câble électrique coincé).



19. Résumé

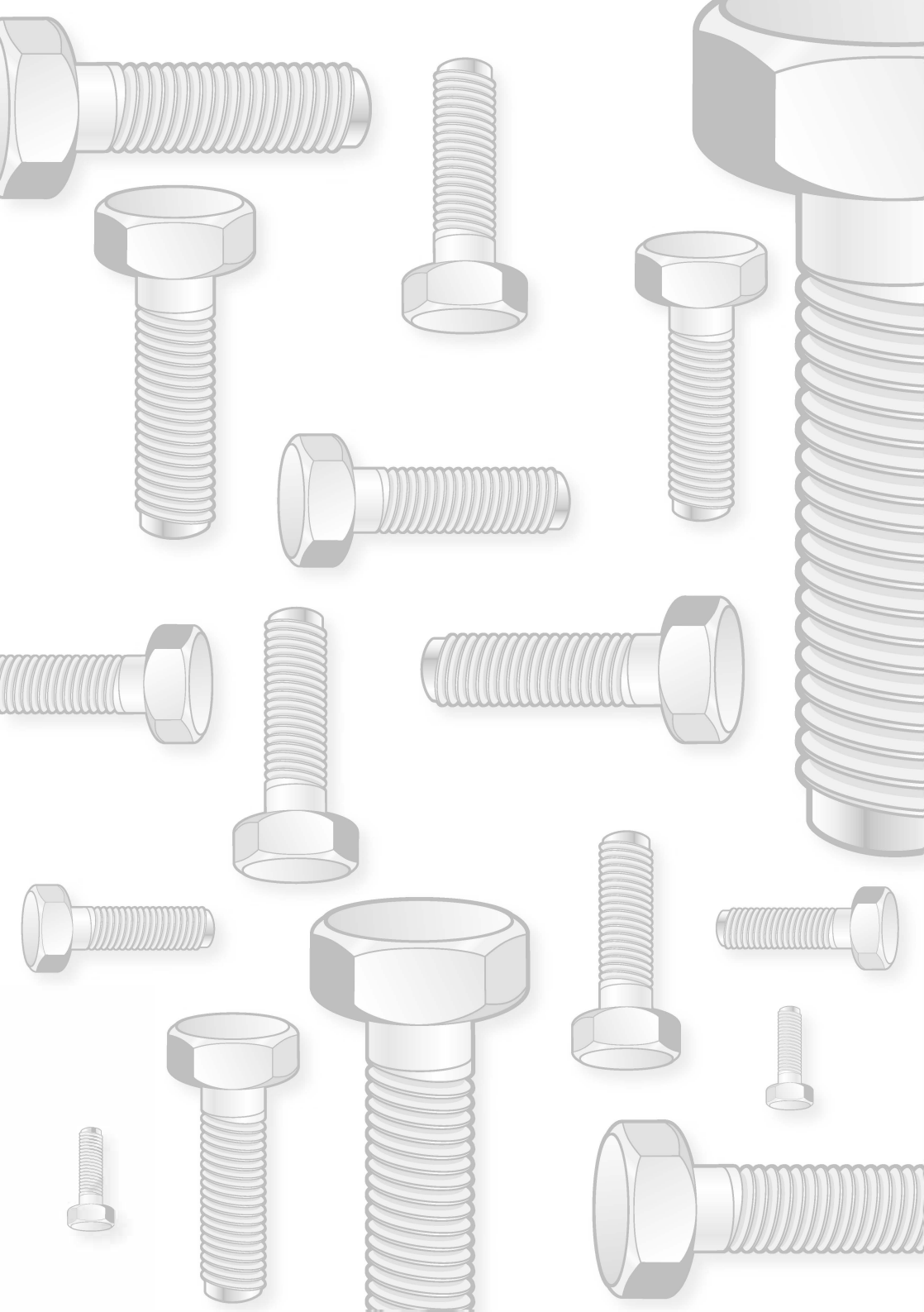
Ce guide passe en revue les avantages des assemblages vissés avec les différents types d'outils de serrage en tenant compte des caractéristiques des assemblages, de l'influence de l'utilisateur et du processus de qualité recherché. On y retrouve également : une présentation des différents types d'outils de serrage et les applications pour lesquelles ils sont adaptés, des explications sur le contrôle du processus de serrage, les méthodes de contrôle qualité sur une ligne d'assemblage.



Guides de poche Atlas Copco

Titre	N° commande
Distribution en ligne d'air comprimé	9833 1266 03
Moteurs pneumatiques	9833 9067 01
Perçage avec des machines portatives	9833 8554 03
Meulage	9833 8641 03
Outils à percussions	9833 1003 01
Outils à impulsions	9833 1225 01
Technique de rivetage	9833 1124 01
Vissage	9833 1007 01
Technique d'analyse statistique	9833 8637 01
L'art de l'ergonomie	9833 8587 03
Technique de serrage	9833 8648 03
Vibrations dans les meuleuses	9833 9017 01







Atlas Copco Applications Industrielles SAS

2, avenue de l'Éguillette – ZI du Vert Galant – CS77112 – Saint Ouen L'Aumône
95054 Cergy-Pontoise cedex – France

Tel : + 33 (0)1.39.09.32.50 - Fax : + 33 (0)1.39.09.30.80 - Email : outils@fr.atlascopco.com

www.atlascopco.com/fr-fr/itba

