

**Valeurs approximatives pour l'adhérence du coefficient de frottement  $\mu_T$  dans les jointures**

selon VDI 2230, édition 2015

| Combinaison de matériaux<br>(en règle générale: état après le traitement) | Coefficient de frottement statique $\mu_T$ à l'état sec |             |
|---|---|-------------|
|   |   | lubrifié    |
| Acier – acier / acier moulé (général)                                     | 0,1 à 0,3   | 0,07 à 0,12 |
| Acier – acier; nettoyé  | 0,15 à 0,40   | –           |
| Acier – acier; cimenté  | 0,04 à 0,15   | –           |
| Acier – GJL   | 0,11 à 0,24   | 0,06 à 0,1  |
| Acier – GJL; nettoyé  | 0,26 à 0,31   | –           |
| Acier – GJS   | 0,1 à 0,23  | –           |
| Acier – GJS; nettoyé  | 0,2 à 0,26  | –           |
| GJL – GJL   | 0,15 à 0,3  | 0,06 à 0,2  |
| GJL – GJL; nettoyé / dégraissé  | 0,09 à 0,36   | –           |
| GJS – GJS   | 0,25 à 0,52   | 0,08 à 0,12 |
| GJS – GJS; nettoyé / dégraissé  | 0,08 à 0,25   | –           |
| GJL – GJS   | 0,13 à 0,26   | –           |
| Acier – bronze  | 0,12 à 0,28   | 0,18        |
| GJL – bronze  | 0,28  | 0,15 à 0,2  |
| Acier – alliage de cuivre   | 0,07 à 0,25   | –           |
| Acier – alliage d'aluminium   | 0,07 à 0,28   | 0,05 à 0,18 |
| Aluminium – aluminium   | 0,19 à 0,41   | 0,07 à 0,12 |
| Aluminium – aluminium; nettoyé / dégraissé                                | 0,10 à 0,32   | –           |

Remarque: Seules des plages typiques sont fournies en raison des nombreux facteurs d'influence s'appliquant au coefficient de frottement. Concrètement, le coefficient de frottement minimal ne doit pas correspondre à la limite inférieure de la plage correspondante et il peut être nécessaire de réaliser des études expérimentales le cas échéant. Il est également recommandé de prendre des mesures permettant d'augmenter le coefficient de frottement.

**Valeurs indicatives pour le coefficient de serrage  $\alpha_A$  et les précontraintes de montage résultantes**

selon VDI 2230, édition 2015

Le coefficient de serrage  $\alpha_A$  (insécurité de montage) tient compte des erreurs lors de l'évaluation des coefficients de frottement, dispersions des coefficients de frottement, du procédé de serrage, des tolérances des instruments ainsi que les mauvaises utilisations et imprécisions de lecture.

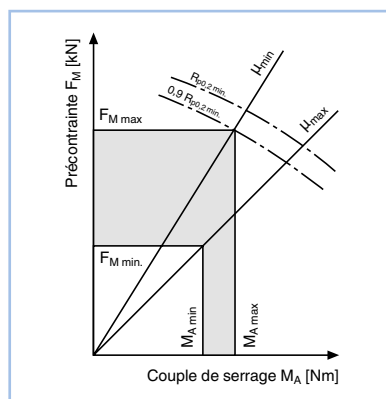
$\alpha_A$  tient ainsi compte de la dispersion de la précontrainte de montage résultante entre  $F_{M \max}$  et  $F_{M \min}$ . Le dimensionnement de la vis est basé sur le couple de serrage  $M_{A \max}$ , afin que la vis ne soit pas trop sollicitée lors du montage. Le coefficient de serrage  $\alpha_A$  est ainsi défini en tant que:

$$\alpha_A = \frac{\text{précontrainte de montage } F_{M \max} \text{ possible}}{\text{précontrainte de montage } F_{M \min} \text{ exigée}}$$

Même les simples visseuses au couple modernes livrent aujourd'hui des couples de serrage dans une marge de tolérance très serrée. Des dispersions de couples maximaux dans le domaine de  $\pm 2\%$  sont des indications courantes de fabricants. Malgré cela, les précontraintes de montage résultantes ont une dispersion de  $\pm 9\%$  jusqu'à  $\pm 60\%$  dépendante du coefficient de serrage.

- Les procédés de serrage avec mesure de l'allongement – serrage hydraulique sont pratiquement indépendants du frottement. Leurs facteurs  $\alpha_A$  sont faibles.
- Les procédés de serrage avec clé dynamométrique réagissent aux influences du frottement. Les facteurs  $\alpha_A$  sont généralement plus élevés: de plus petites dispersions et ainsi de plus faibles facteurs  $\alpha_A$  peuvent être obtenus lorsque les coefficients de frottement ont été déterminés par des essais pratiques réalisables. Il en va de même pour les cas de vis dures avec faible longueur d'assemblage et pour des procédés de serrage continus.

Des facteurs  $\alpha_A$  plus élevés se produisent lorsque les coefficients de frottement sont estimés, dans les assemblages tendres ainsi que lorsque le procédé de serrage n'est pas effectué de façon continue, comme par ex. avec des visseuses à chocs, par impulsions ou par le montage manuel.



| Coefficient de serrage $\alpha_A$                  | Dispersion<br>$\frac{\Delta F_M}{2 \cdot F_{Mm}} = \frac{\alpha_A - 1}{\alpha_A + 1}$ | Procédé de serrage   | Procédé de réglage  | Remarques   |   |
|--|---|--|---|---|---|
| 1,1 à 1,2  | ±5% à ±9%   | Serrage avec commande ou contrôle de l'allongement par ultrasons   | Temps de déplacement du son   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- valeurs de calibrage nécessaires</li> <li>- lorsque <math>l_k/d &lt; 2</math>, prendre en compte l'augmentation progressive de l'erreur</li> <li>- erreur plus faible en cas de couplage mécanique direct, erreur plus importante en cas de couplage indirect</li> </ul>   |   |
| 1,1 à 1,3  | ±5% à ±13%  | Allongement mécanique au moyen des vis de pression situées dans l'écrou ou la tête de vis  | Prescription d'allongement de la vis, réglage au moyen du couple de compression des vis de pression   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- rondelle trempée pour le support des vis de pression</li> <li>- à partir d'env. M24</li> </ul>   |   |
| 1,2 à 1,5  | ±9% à ±20%  | Allongement mécanique au moyen d'écrous en plusieurs parties avec douille fileté   | Couple de l'outil de serrage  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- vissage entièrement sans torsion</li> <li>- à partir d'env. M30</li> </ul>   |   |
| 1,1 à 1,5  | ±5% à ±20%  | Serrage avec mesure ou contrôle mécanique de l'allongement   | Procédé direct: réglage via la mesure de l'allongement<br>Procédé indirect: jeu axial de la goupille de contrôle utilisé  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- nécessaire: détermination précise de la résilience élastique axiale proportionnelle de la vis</li> <li>- la dispersion dépend essentiellement de la précision du procédé de mesure</li> <li>- calibrage nécessaire pour les valeurs faibles</li> <li>- lorsque <math>l_k/d &lt; 2</math>, prendre en compte l'augmentation progressive de l'erreur</li> </ul>  |   |
| 1,1 à 1,4  | ±5% à ±17%  | Serrage hydraulique sans frottement ni torsion   | Réglage via la mesure de la pression ou de l'allongement, ou angle de rotation supplémentaire de l'écrou  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- lorsque <math>l_k/d \geq 5</math>, des valeurs plus faibles sont atteignables, possible avec des vis usinées mécaniquement et des plaques <math>\alpha_A = 1,05</math></li> <li>- pour les vis et écrous standard <math>\alpha_A \geq 1,2</math></li> <li>- des rapports d'allongement de serrage plus faibles conduisent à des valeurs <math>\alpha_A</math> plus élevées</li> <li>- des pertes de retour élastique peuvent survenir; celles-ci ne sont pas prises en compte pour le facteur de serrage</li> <li>- Application à partir de M20</li> </ul> |   |
| 1,2 à 2,0  | ±9% à ±33%  | Visseuse à impulsions avec générateur d'impulsions hydraulique, contrôle du couple et/ou de l'angle de rotation                        | Réglage via l'angle de rotation ou le couple supplémentaire   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- valeurs faibles uniquement en cas de pré-réglage de vissage via l'angle de rotation, la servovanne d'air comprimé et le comptage des impulsions</li> <li>- montage au-delà de la limite d'allongement également possible dans certains cas particuliers</li> </ul>   |   |
| 1,2 à 1,4  | ±9% à ±17%  | Serrage contrôlé par la limite d'allongement, motorisé ou manuel   | Indication du couple de serrage et angle de rotation relatifs   | <p>La dispersion de la précontrainte est essentiellement influencée par la dispersion de la limite d'élasticité du lot de vis utilisé.</p> <p>Ici, les vis sont dimensionnées pour <math>F_{Mmin}</math>, un dimensionnement de la vis pour <math>F_{Mmax}</math> avec le coefficient de serrage <math>\alpha_A</math> ne s'applique ainsi pas pour ces méthodes de serrage.</p>  |   |
| 1,2 à 1,4  | ±9% à ±17%  | Serrage commandé par l'angle de rotation, manuel ou motorisé   | Détermination expérimentale du couple de pré-serrage et de l'angle de rotation (paliers)  |   |   |
| 1,4 à 1,6  | ±17% à ±23%   | Serrage contrôlé par le couple avec outil hydraulique  | Réglage via la mesure de la pression  | - à partir d'env. M30   |   |
| 1,4 à 1,6  | ±17% à ±23%   | Serrage contrôlé par le couple avec clé dynamométrique, clé émettrice de signaux ou visseuse motorisée avec mesure dynamique du couple | Détermination expérimentale du couple de serrage de consigne de l'élément de vissage original, par ex. au moyen de la mesure de l'allongement de la vis   | <p>Valeurs faibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nombre élevé de tentatives de réglage ou de contrôle nécessaire (par ex. 20); faible dispersion du couple transmis nécessaire (par ex. ±5%)</li> </ul>   | <p>Valeurs faibles pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- angle de rotation faible, c'est-à-dire des raccords relativement rigides</li> <li>- dureté relativement faible du contre-appui<sup>a)</sup></li> <li>- contre-appuis n'ayant pas tendance à «ronger», par ex. contre-appuis phosphatés ou très lubrifiés</li> </ul> |
| 1,6 à 2,0 (classe de coefficients de frottement B) | ±23% à ±33%   | Serrage contrôlé par le couple avec clé dynamométrique, clé émettrice de signaux ou visseuse motorisée avec mesure dynamique du couple | Détermination du couple de serrage nécessaire par estimation du coefficient de frottement (les conditions de surface et de lubrification ont une influence importante)  | <p>Valeurs faibles pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la clé dynamométrique réalisant la mesure avec serrage uniforme et pour la visseuse de précision</li> </ul>   | <p>Valeurs élevées pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- angle de rotation élevé, c'est-à-dire des raccords relativement souples et une exécution à pas fin</li> <li>- contre-appui à dureté élevée, lié à une surface rugueuse</li> </ul>   |
| 1,7 à 2,5 (classe de coefficients de frottement A) | ±26% à ±43%   |  |   | <p>Valeurs élevées pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la clé dynamométrique émettrice de signaux ou de fléchissement</li> </ul>   |   |
| 2,5 à 4  | ±43% à ±60%   | Serrage avec clé à chocs, «visseuse à calage» ou visseuse à impulsions; serrage à la main  | Réglage de la boulonneuse par le couple d'après serrage qui est déterminé par le couple de serrage nécessaire (pour coefficient de frottement estimé) et par une valeur ajoutée; Serrage manuel selon une appréciation subjective | <p>Valeurs faibles pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nombre élevé de tentatives de réglage (couple de resserrage)</li> <li>- sur la branche horizontale des caractéristiques de la visseuse</li> <li>- transmission sans jeu des impulsions</li> </ul> <p>Procédé uniquement adapté au pré-serrage ; en cas de serrage à la main, tenir compte du risque d'allongement excessif pour M10 et inférieur</p>   |   |

<sup>a)</sup> Contre-surface: élément contraint dont la surface est en contact avec l'élément serré de l'assemblage (tête de la vis ou écrou).

Remarque: Il est possible d'obtenir des facteurs de serrage plus petits dans certains cas concrets. Ceux-ci requièrent plus d'efforts lors de la procédure de réglage ainsi qu'une meilleure qualité d'outil et/ou du moyen d'assemblage et des composants.