

- yielding of ductile materials;
- bolt rupture in a bolt connection with sufficient number of bolts to provide $1/\gamma_m$ of the strength following the failing of a single bolt.

For “non fail-safe” mechanical/structural components with non-ductile behaviour whose failures lead rapidly to the failure of a major part of a wind turbine, the general safety factor for materials shall be not less than:

- 1,2 for global buckling of curved shells such as tubular towers and blades, and
- 1,3 for rupture from exceeding tensile or compression strength.

To derive the global partial safety factors for materials from this general factor it is necessary to account for scale effects, tolerances and degradation due to external actions, for example ultraviolet radiation or humidity and defects that would not normally be detected.

Partial safety factors for consequences of failure:

Component class 1: $\gamma_n = 0,9$

Component class 2: $\gamma_n = 1,0$

Component class 3: $\gamma_n = 1,3$

7.6.2.3 Partial safety factors for materials for where recognized design codes are available

The combined partial safety factors for loads, materials and the consequences of failure, γ_f , γ_m , and γ_n , shall be not less than those specified in 7.6.2.1 and 7.6.2.2.

7.6.3 Fatigue failure

Fatigue damage shall be estimated using an appropriate fatigue damage calculation. For example, in the case of Miner's rule, the limit state is reached when the accumulated damage exceeds 1. Thus, in this case, the accumulated damage over the design lifetime of a turbine shall be less than or equal to 1. Fatigue damage calculations shall consider the formulation, including effects of both cyclic range and mean strain (or stress) levels. All partial safety factors (load, material and consequences of failure) shall be applied to the cyclic strain (or stress) range for assessing the increment of damage associated with each fatigue cycle. An example formulation is given for Miner's rule in Annex G.

7.6.3.1 Partial safety factor for loads

The partial safety factor for loads, γ_f , shall be 1,0 for all normal and abnormal design situations.

7.6.3.2 Partial safety factors for materials where recognized codes are not available

The partial safety factor for materials γ_m shall be at least 1,5 provided that the SN curve is based on 50 % survival probability and coefficient of variation <15 %.

Pour les composants avec un coefficient élevé de variation pour la résistance à la fatigue¹², c'est-à-dire 15 % à 20 % (comme pour de nombreux composants constitués de matériaux composites, par exemple béton armé ou matériaux composites renforcés par des fibres), le facteur de sécurité partielle γ_m doit être augmenté en conséquence et au moins jusqu'à 1,7.

Les résistances à la fatigue doivent être dérivées à partir d'un nombre d'essais significatif sur le plan statistique et la dérivation des valeurs caractéristiques doit représenter des effets d'échelle, des tolérances, la dégradation en raison d'actions externes, par exemple le rayonnement ultraviolet et les défauts qui ne seraient pas détectés normalement.

Pour l'acier soudé et de construction, la probabilité de survie de 97,7 % est généralement utilisée comme base pour les courbes SN. Dans ce cas, γ_m peut être égal à 1,1. Dans les cas où il est possible de détecter un développement critique de fissures par l'introduction d'un programme de contrôle périodique, une valeur moins élevée de γ_m peut être utilisée. Dans tous les cas, γ_m doit être supérieur à 0,9.

Pour les matériaux composites renforcés par des fibres, la distribution de résistance doit être établie à partir de données d'essai pour le matériau réel. La probabilité de survie de 95 % avec un niveau de confiance de 95 % doit être utilisée comme une base pour la courbe SN. Dans ce cas, γ_m peut être égal à 1,2. La même approche peut être utilisée pour d'autres matériaux.

Facteurs de sécurité partielle pour des conséquences de défaillance:

Classe de composants 1: $\gamma_n = 1,0$

Classe de composants 2: $\gamma_n = 1,15$

Classe de composants 3: $\gamma_n = 1,3$.

7.6.3.3 Facteurs de matériaux partiels où les codes de conception reconnue sont disponibles

Les facteurs combinés de sécurité partielle des charges, des matériaux et des conséquences de défaillance ne doivent pas être inférieurs à ceux spécifiés en 7.6.3.1 et 7.6.3.2, en veillant à prendre en considération les quantiles spécifiés dans le code.

7.6.4 Stabilité

Les parties porteuses de charge des composants «sans sécurité intégrée» ne doivent pas flamber en charge pour la conception. Pour tous les autres composants, un flambement élastique en charge pour la conception est acceptable. Le flambement ne doit pas se produire dans tout composant soumis à une charge caractéristique.

Une valeur minimale du facteur de sécurité partielle des charges, γ_f , doit être retenue conformément à 7.6.2.1, afin d'obtenir la valeur de conception. Les facteurs de sécurité partielle des matériaux ne doivent pas être inférieurs à ceux spécifiés en 7.6.2.2.

7.6.5 Analyse de la déviation critique

Il doit être vérifié qu'aucune déviation concernant l'intégrité structurelle ne survienne dans les conditions de conception détaillées dans le Tableau 2. L'un des aspects les plus importants est de vérifier qu'aucune interférence mécanique ne surviendra entre la pale et le mât.

¹² La résistance à la fatigue est définie ici comme des plages de contraintes associées à des nombres donnés de cycles.

For components with large coefficient of variation for fatigue strength¹², i.e. 15 % to 20 % (such as for many components made of composites, for example reinforced concrete or fibre composites), the partial safety factor γ_m must be increased accordingly and at least to 1,7.

The fatigue strengths shall be derived from a statistically significant number of tests and the derivation of characteristic values shall account for scale effects, tolerances, degradation due to external actions, such as ultraviolet radiation, and defects that would not normally be detected.

For welded and structural steel, traditionally the 97,7 % survival probability is used as basis for the SN curves. In this case γ_m may be taken as 1,1. In cases, where it is possible to detect critical crack development through introduction of a periodic inspection programme, a lower value of γ_m may be used. In all cases, γ_m shall be larger than 0,9.

For fibre composites, the strength distribution shall be established from test data for the actual material. The 95 % survival probability with a confidence level of 95 % shall be used as a basis for the SN-curve. In that case γ_m may be taken as 1,2. The same approach may be used for other materials.

Partial safety factors for consequences of failure:

Component class 1: $\gamma_n = 1,0$

Component class 2: $\gamma_n = 1,15$

Component class 3: $\gamma_n = 1,3$.

7.6.3.3 Partial material factors where recognized design codes are available

The combined partial safety factors for loads, materials and consequences of failure shall not be less than those specified in 7.6.3.1 and 7.6.3.2, with due consideration of the quantiles specified in the code.

7.6.4 Stability

The load-carrying parts of “non fail-safe” components shall not buckle under the design load. For all other components, elastic buckling under the design load is acceptable. Buckling shall not occur in any component under the characteristic load.

A minimum value for the partial safety factor for loads, γ_f , shall be chosen in accordance with 7.6.2.1 to obtain the design value. The material partial safety factors shall be not less than those specified in 7.6.2.2.

7.6.5 Critical deflection analysis

It shall be verified that no deflections affecting structural integrity occur in the design conditions detailed in Table 2. One of the most important considerations is to verify that no mechanical interference between blade and tower will occur.

¹² Fatigue strength is defined here as stress ranges associated with given numbers of cycles.

La déviation élastique maximale dans le sens défavorable doit être déterminée pour les cas de charge détaillés dans le Tableau 2 en utilisant les charges caractéristiques. La déviation qui en résulte est alors multipliée par le facteur combiné de sécurité partielle des charges, du matériau et des conséquences de défaillance.

Facteur de sécurité partielle des charges

Les valeurs de γ_f doivent être choisies dans le Tableau 3.

Facteur de sécurité partielle des propriétés élastiques des matériaux

La valeur de γ_m doit être de 1,1 sauf lorsque les propriétés élastiques ont été déterminées par des essais réalisés à l'échelle réelle, auquel cas elle peut être réduite à 1,0. Une attention particulière doit être prêtée aux incertitudes géométriques et à la précision de la méthode de calcul de la déviation.

Facteur de sécurité partielle des conséquences de défaillance

Classe de composants 1: $\gamma_n = 1,0$

Classe de composants 2: $\gamma_n = 1,0$

Classe de composants 3: $\gamma_n = 1,3$.

La déviation élastique doit ensuite être ajoutée à la position non déviée dans le sens le plus défavorable et la position résultante comparée à l'exigence de non-interférence.

Une analyse de la déviation dynamique directe peut également être utilisée. Dans ce cas, la déviation caractéristique est déterminée d'une manière cohérente avec les charges caractéristiques déterminées pour chaque cas de charge du Tableau 2. La probabilité de dépassement dans le sens le plus défavorable doit être la même pour la déviation caractéristique que pour la charge caractéristique. La déviation caractéristique est ensuite multipliée par le facteur combiné de sécurité et ajoutée à la position non déviée, comme décrit ci-dessus.

7.6.6 Facteurs spéciaux de sécurité partielle

Les facteurs inférieurs de sécurité partielle des charges peuvent être utilisés lorsque l'amplitude des charges a été établie par mesure ou par analyse confirmée par mesure à un degré de confiance supérieur à la normale. Les valeurs de tous les facteurs de sécurité partielle utilisés doivent être mentionnées dans la documentation afférente à la conception.

8 Système de commande et de protection

8.1 Généralités

Le fonctionnement et la sécurité d'une éolienne doivent être régis par un système de commande et de protection qui satisfait aux exigences du présent article.

Une intervention manuelle ou automatique ne doit pas compromettre les fonctions de protection. Tout dispositif permettant une intervention manuelle doit être clairement visible et identifiable par un marquage approprié si nécessaire.

Les réglages du système de commande et de protection doivent être protégés contre toute interférence non autorisée.

The maximum elastic deflection in the unfavourable direction shall be determined for the load cases detailed in Table 2 using the characteristic loads. The resulting deflection is then multiplied by the combined partial safety factor for loads, material and consequences of failure.

Partial safety factor for loads

The values of γ_f shall be chosen from Table 3.

Partial safety factor for the elastic properties of materials

The value of γ_m shall be 1,1 except when the elastic properties have been determined by full-scale testing in which case it may be reduced to 1,0. Particular attention shall be paid to geometrical uncertainties and the accuracy of the deflection calculation method.

Partial safety factor for consequences of failure

Component class 1: $\gamma_n = 1,0$

Component class 2: $\gamma_n = 1,0$

Component class 3: $\gamma_n = 1,3$.

The elastic deflection shall then be added to the un-deflected position in the most unfavourable direction and the resulting position compared to the requirement for non-interference.

Direct dynamic deflection analysis may also be used. In this case, the characteristic deflection is determined in a manner consistent with the characteristic loads determined for each load case in Table 2. The exceedance probability in the most unfavourable direction shall be the same for the characteristic deflection as for the characteristic load. The characteristic deflection is then multiplied by the combined safety factor and added to the un-deflected position as described above.

7.6.6 Special partial safety factors

Lower partial safety factors for loads may be used where the magnitudes of loads have been established by measurement or by analysis confirmed by measurement to a higher than normal degree of confidence. The values of all partial safety factors used shall be stated in the design documentation.

8 Control and protection system

8.1 General

Wind turbine operation and safety shall be governed by a control and protection system that meets the requirements of this clause.

Manual or automatic intervention shall not compromise the protection functions. Any device allowing manual intervention must be clearly visible and identifiable, by appropriate marking where necessary.

Settings of the control and protection system shall be protected against unauthorised interference.

8.2 Fonctions de commande

Les fonctions de commande d'une éolienne doivent commander le fonctionnement par des moyens actifs ou passifs et conserver les paramètres de fonctionnement dans leurs limites normales. Lorsque la sélection du mode de commande est possible, par exemple pour la maintenance, chaque mode doit être prioritaire par rapport à toute autre commande, à l'exception du bouton d'arrêt d'urgence. La sélection du mode doit être commandée par un sélecteur qui peut être verrouillé dans chaque position correspondant à un mode unique. Lorsque certaines fonctions disposent d'une commande numérique, les codes d'accès doivent être transmis afin de sélectionner correctement la fonction.

Les fonctions de commande peuvent régir ou autrement limiter les fonctions ou les paramètres tels que :

- la puissance;
- la vitesse du rotor;
- le raccordement de la charge électrique;
- les procédures de démarrage et d'arrêt;
- la torsion des câbles;
- l'alignement dans le sens du vent.

8.3 Fonctions de protection

Les fonctions de protection doivent être activées suite à une défaillance de la fonction de commande ou aux effets d'une défaillance interne ou externe ou d'un événement dangereux. Les fonctions de protection doivent maintenir l'éolienne à une condition de sécurité. Les niveaux d'activation des fonctions de protection doivent être réglés de sorte que les limites de conception ne soient pas dépassées.

Les fonctions de protection doivent avoir une priorité plus élevée que les fonctions de commande, mais pas plus élevée que le bouton d'arrêt d'urgence, en accédant aux systèmes de freinage et à l'appareil pour la déconnexion du réseau, lorsqu'elles sont activées.

Les fonctions de protection doivent être activées dans les cas suivants :

- la survitesse;
- la surcharge ou défaillance du générateur;
- la vibration excessive;
- la torsion anormale des câbles (en raison de la rotation de la nacelle par l'orientation).

Les fonctions de protection doivent être conçues pour un fonctionnement à sûreté intégrée. Les fonctions de protection doivent, en règle générale, être en mesure de protéger l'éolienne de toute défaillance ou panne pouvant survenir dans une source d'alimentation ou dans un composant dont la durée de vie n'est pas assurée au sein des systèmes mettant en application les fonctions de protection. Toute défaillance dans les parties structurelles sensibles ou dont la durée de vie n'est pas assurée des systèmes mettant en application les fonctions de commande ne doit pas entraîner de dysfonctionnement des fonctions de protection.

Si deux défaillances ou plus sont interdépendantes ou ont une cause commune, elles doivent être traitées comme une seule et même panne.

8.2 Control functions

The control functions of a wind turbine shall control the operation by active or passive means and keep the operating parameters within their normal limits. Where selection of control mode can be exercised, for example for maintenance, each mode shall override all other control, with the exception of the emergency stop button. Mode selection shall be governed by a selector, which can be locked in each position corresponding with a single mode. When certain functions are controlled numerically, access codes shall be provided to appropriately select the function.

The control functions may govern or otherwise limit functions or parameters such as

- power;
- rotor speed;
- connection of the electrical load;
- start-up and shutdown procedures;
- cable twist;
- alignment to the wind.

8.3 Protection functions

The protection functions shall be activated as a result of failure of the control function or of the effects of an internal or external failure or dangerous event. The protection functions shall maintain the wind turbine in a safe condition. The activation levels for the protection functions shall be set in such a way that the design limits are not exceeded.

The protection functions shall have higher priority than control functions, but not higher than the emergency stop button, in accessing the braking systems and equipment for network disconnection when triggered.

The protection functions shall be activated in such cases as

- overspeed;
- generator overload or fault;
- excessive vibration;
- abnormal cable twist (due to nacelle rotation by yawing).

The protection functions shall be designed for fail-safe operation. The protection functions shall in general be able to protect the wind turbine from any single failure or fault in a power source or in any non-safe-life component within the systems implementing the protection functions. Any single failure in the sensing or non-safe-life structural parts of the systems implementing the control functions shall not lead to malfunction of the protection functions.

If two or more failures are interdependent or have a common cause, they shall be treated as a single failure.

Des mesures doivent être prises afin de réduire le risque provenant de pannes latentes. Les composants dont la durée de vie n'est pas assurée au sein des systèmes mettant en application les fonctions de protection doivent tomber en panne en condition de sécurité ou leur état doit être surveillé de façon automatique; dans l'un ou l'autre des cas, leur défaillance doit aboutir à un arrêt de la machine. Les composants à durée de vie sûre doivent être contrôlés à des intervalles adéquats.

Tous les composants dont la durée de vie n'est pas assurée et qui sont nécessaires pour la mise en œuvre des fonctions de protection uniques doivent être considérés dans la classe de composants 3 avec les conséquences appropriées du facteur de défaillance de sécurité partielle définies en 7.6. Tous les composants critiques d'un tel système de protection doivent être analysés en termes de résistance ultime, de fatigue, de flambement et de déviation critique.

En cas de conflit, la fonction de protection doit surpasser la fonction de commande.

Le redémarrage automatique ou à distance d'une éolienne ne doit pas être possible si l'arrêt a été provoqué par une panne interne ou un déclenchement critique pour la sûreté de l'éolienne. Si une telle panne ou un tel déclenchement est suivi(e) d'une interruption du réseau électrique ou d'une perte de la charge, un redémarrage automatique ne doit pas être possible après le retour du réseau électrique ou de la charge.

Un bouton d'arrêt d'urgence qui est prioritaire par rapport aux fonctions de commande doit amener le rotor à un arrêt complet à n'importe quelle vitesse de vent inférieure à la limite de vitesse de vent définie pour la maintenance et la réparation, voir 7.4.8, et le faire passer au moins au mode ralenti à partir de n'importe quelle condition de fonctionnement. De plus, l'activation du bouton d'arrêt d'urgence doit mettre hors tension les systèmes moyenne tension et haute tension. Les boutons d'arrêt d'urgence doivent être fournis sur chaque lieu de travail important (par exemple, nacelle et partie inférieure du mât). Le débrayage d'un bouton d'arrêt d'urgence suite à son utilisation doit exiger une action appropriée. A la suite du débrayage, le redémarrage automatique ne doit être possible qu'après un dégagement manuel.

8.4 Système de freinage

Le système de freinage doit pouvoir amener le rotor au mode ralenti ou à un arrêt complet à partir de n'importe quelle condition de fonctionnement. Des moyens doivent être fournis afin d'amener le rotor à un arrêt complet à partir d'un régime au ralenti dangereux à n'importe quelle vitesse de vent inférieure à la limite de vitesse de vent définie pour la maintenance et la réparation, voir 7.4.8.

Il est recommandé qu'au moins un système de freinage fonctionne selon un principe aérodynamique, agissant à ce titre directement sur le rotor. Si cette recommandation n'est pas satisfaite, au moins un système de freinage doit agir sur l'arbre du rotor ou sur le rotor de l'éolienne.

Les freins doivent être conçus pour fonctionner même si leur alimentation externe est défaillante. Un frein doit pouvoir maintenir le rotor en position d'arrêt complet pour les conditions de vent définies pendant au moins une heure après mise en action du frein. Pendant des périodes plus longues de perte du réseau, il doit être possible d'actionner le frein soit par une alimentation auxiliaire, soit par une opération manuelle.

Measures shall be taken to reduce the risk from dormant failures. Non-safe-life components within the systems implementing protection functions shall fail to a safe condition or their condition shall be automatically monitored; in either case their failure shall result in a machine shutdown. Safe-life designed components shall be inspected at adequate intervals.

All non-fail-safe components required for implementation of non-redundant protection functions shall be considered in component class 3 with an appropriate consequences of failure partial safety factor defined in 7.6. All such protection system critical components shall be analysed for ultimate strength, fatigue, buckling and critical deflection.

In cases of conflict, the protection function shall overrule the control function.

The automatic or remote restart of a wind turbine shall not be possible where the shutdown was initiated by an internal fault or trip that is critical to the turbine safety. If such a fault or trip is followed by electrical network interruption or loss of load, automatic restart shall not be possible after return of electrical network or load.

An emergency stop button, which will override the control functions, shall bring the rotor to a complete stop in any wind speed less than the wind speed limit defined for maintenance and repair, see 7.4.8, and as a minimum to idling mode from any operation condition. In addition, activation of the emergency stop button shall de-energise the medium- and the high-voltage systems. Emergency stop buttons shall be provided at every major working place (e.g. nacelle and tower bottom). Disengagement of any emergency stop button following its use shall require an appropriate action. Following disengagement, automatic restart shall only be possible after manual clearance.

8.4 Braking system

The braking system shall be able to bring the rotor to idling mode or complete stop from any operation condition. Means shall be provided for bringing the rotor to a complete stop from a hazardous idling state in any wind speed less than the wind speed limit defined for maintenance and repair, see 7.4.8.

It is recommended that at least one braking system operate on an aerodynamic principle, as such acting directly on the rotor. If this recommendation is not met at least one braking system shall act on the rotor shaft or on the rotor of the wind turbine.

Brakes shall be designed to function even if their external power supply fails. A brake shall be able to keep the rotor in the full stop position for the defined wind conditions for at least one hour after the brake is applied. During longer periods of grid loss, it shall be possible to apply the brake by either an auxiliary power supply or by manual operation.

9 Systèmes mécaniques

9.1 Généralités

Un système mécanique pour les besoins de la présente norme est tout système qui ne se compose pas seulement de composants structurels statiques ni de composants électriques, mais utilise ou transmet un mouvement relatif par la combinaison d'arbres, de liaisons, de roulements, de parties glissantes, d'engrenages et d'autres dispositifs. A l'intérieur d'une éolienne, ces systèmes peuvent comprendre des éléments de transmission tels que les multiplicateurs de vitesse, les arbres et les raccords, et des organes auxiliaires tels que les freins, les commandes de calage de pale, les entraînements du dispositif d'orientation. Les organes auxiliaires peuvent être entraînés par des moyens électriques, hydrauliques ou pneumatiques.

Tous les systèmes mécaniques dans la transmission et dans le système de commande et de protection doivent être conçus conformément aux normes CEI/ISO lorsqu'elles sont disponibles. Autrement, des normes reconnues doivent être utilisées. Les facteurs de sécurité partielle doivent être cohérents avec la classe de composants 2 de 7.6.1.2, à moins que les systèmes ne fassent partie de la classe de composants 3.

Il faut particulièrement veiller à s'assurer que les systèmes de refroidissement et de filtration peuvent maintenir les conditions de fonctionnement applicables à travers toute la plage de températures de fonctionnement lorsque les procédures de maintenance spécifiées sont suivies.

La durée de vie restante de tout composant soumis à l'usure dans le système de freinage doit être contrôlée automatiquement et être soumise à un contrôle régulier. L'éolienne doit être immobilisée lorsqu'il y a trop d'usure des matériaux pour des arrêts d'urgence ultérieurs. Tous les dispositifs de freinage doivent être conçus et maintenus pour que le temps de réponse reste dans des niveaux acceptables.

Le calcul des charges doit être basé sur des simulations comprenant à la fois le niveau de freinage moyen et un niveau de freinage minimal qui permet un frottement minimal et une application de pression prévue pour la conception. Si le frein peut glisser au niveau de freinage minimal, lorsque le frein est appliqué, il doit être conçu pour éviter les surchauffes et l'altération des performances du freinage et pour éviter un risque d'incendie.

9.2 Erreurs de montage

Des erreurs susceptibles de survenir lors du montage ou du remontage de certaines pièces sur lesquelles un risque peut se constituer doivent être rendues impossibles par la conception de ces pièces ou, le cas échéant, par des informations données sur les pièces elles-mêmes et/ou les carters. Les mêmes informations doivent être données sur les pièces mobiles et/ou leurs carters où le sens du mouvement doit être connu pour éviter un risque. Toute autre information qui peut être nécessaire doit être donnée dans les manuels d'utilisation et de maintenance de l'opérateur.

Lorsqu'un raccordement défectueux peut provoquer des risques, la conception doit rendre impossible la réalisation de raccords incorrects ou, le cas échéant, des précautions doivent être prises, afin d'éviter tout raccordement défectueux au moyen des informations figurant sur les conduites, les tuyaux et/ou les blocs connecteurs.

9 Mechanical systems

9.1 General

A mechanical system for the purposes of this standard is any system, which does not consist solely of static structural components, or electrical components, but uses or transmits relative motion through the combination of shafts, links, bearings, slides, gears and other devices. Within a wind turbine, these systems may include elements of the drive train such as gearboxes, shafts and couplings, and auxiliary items such as brakes, blade pitch controls, yaw drives. Auxiliary items may be driven by electrical, hydraulic or pneumatic means.

All mechanical systems in the drive train and in the control and protection system shall be designed according to IEC/ISO standards wherever available. Otherwise, recognized standards shall be used. Partial safety factors shall be consistent with component class 2 in 7.6.1.2, unless the systems falls into component class 3.

Particular care shall be taken to ensure that cooling and filtration systems can maintain the relevant operating conditions throughout the operating temperature range when the specified maintenance procedures are followed.

The remaining life of any component subject to wear in the brake system shall be monitored automatically and subject to regular inspection. The turbine shall be parked when there is insufficient material for further emergency stops. All brake devices shall be designed and maintained to keep the response time within acceptable levels.

Load calculation shall be based on simulations including both the mean braking level and a minimum braking level that allows for minimum friction and application pressure predicted for the design. If the brake is able to slip at the minimum braking level, when the brake is applied, it shall be designed to avoid overheating and brake performance impairment and to avoid risk of fire.

9.2 Errors of fitting

Errors likely to be made when fitting or refitting certain parts that could be a source of risk shall be made impossible by the design of such parts or, failing this, by information given on the parts themselves and/or housings. The same information shall be given on the moving parts and/or their housings where the direction of movement must be known to avoid a risk. Any further information that may be necessary shall be given in the operator's instruction and maintenance manuals.

Where a faulty connection can be a source of risk, incorrect connections shall be made impossible by the design or, failing this, precautions shall be taken to avoid faulty connection by information given on the pipes, hoses and/or connector blocks.