

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 93 (1967)  
**Heft:** 2: Revision des normes SIA, nos 161, 161, 162

**Artikel:** La nouvelle définition des aciers de construction et leur application  
**Autor:** Cosandey, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-69057>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

rience le montre, même une paroi très rigide en un tel matériau aura tendance à se fissurer et à se disloquer probablement par suite des secousses verticales qui annulent l'effet du poids. En outre, un bâtiment dans son ensemble est sensible à l'effet d'entaille, et c'est pourquoi la réglementation française<sup>9</sup> en préparation parle de la résilience d'un bâtiment, comme s'il s'agissait d'une éprouvette. Pouvons-nous dès lors nous lancer en toute conscience et sans plus attendre dans une direction qui risque d'entraîner des frais considérables dans bien des cas, sans une sécurité parasismique correspondante ou qui, au contraire, fasse croire à une sécurité parasismique suffisante de matériaux et de modes de construction n'en possédant pas ?

J'ajouterai encore que la plupart des réglementations parasismiques nationales sont très sévères vis-à-vis des matériaux sans résistance appréciable à la traction, notamment de la brique, et qu'elles édictent en conséquence toute une série de défenses dont le libéralisme de nos normes s'accommoderait fort mal. Comment serait-il possible de se tirer d'affaire autrement, tant que la science nouvelle du génie sismique n'en est qu'à ses premiers balbutiements, au moins sur le plan de la théorie pure ? En tant que membre de la Commission asismique de la *Convention européenne des associations de construction métallique*, je tiens à dire enfin que l'étude des diverses réglementations nationales, entreprise depuis deux ans, montre bien les difficultés d'une codification satisfaisante. Le sujet, qui sera notamment traité en 1968 au congrès de New York de l'*Association internationale des ponts et charpentes*, donnera sans doute lieu à d'âpres controverses et à des prises de position diamétralement opposées. Dans cette matière toute

<sup>9</sup> « Règles relatives aux constructions à édifier dans les régions sujettes à séismes (Règles P.S. 62) — Projet définitif. Commission métropolitaine, avril 1963 — Mod. juillet 1963. »

nouvelle pour nous, nous avons certainement en Suisse un gros retard à rattraper et toute raison de nous montrer prudents et circonspects. De toute manière, un chapitre sur la sécurité parasismique qui ne ferait pas ressortir l'arbitraire du calcul actuel, l'importance des règles de l'art habituelles, la nécessité de bonnes dispositions constructives et d'excellentes liaisons, serait un leurre auquel il n'est pas permis de souscrire<sup>10</sup>.

#### **La révision du chapitre des normes de construction métallique relatif à l'exécution**

Un projet existe déjà, mais il faut maintenant fixer certaines prescriptions de base, en même temps que l'esprit et l'étendue des nouvelles prescriptions. Compte tenu de la prolifération des entreprises de charpente métallique et de la nécessité d'éviter des accidents préjudiciables à l'avenir de la branche, on serait en effet tenté de quitter sans y penser le terrain du libéralisme pour aboutir un jour au livre de cuisine non moins dangereux pour le même avenir.

#### **Conclusions**

Mon exposé avait pour but de vous montrer l'ampleur du travail entrepris depuis bientôt dix ans et de vous faire part des résultats déjà acquis, notamment en ce qui concerne le chapitre des matériaux et celui des contraintes admissibles dont vous parleront les deux orateurs qui me suivront. S'il reste beaucoup à faire, je puis aussi vous dire que ce travail long et difficile est du plus haut intérêt pour tous ceux qui s'en occupent.

Vevey, le 12 octobre 1966.

<sup>10</sup> Remaniement en cours quand paraîtra cet exposé.

## **LA NOUVELLE DÉFINITION DES ACIERS DE CONSTRUCTION ET LEUR APPLICATION**

par M. COSANDEY, professeur à l'EPUL

La commission SIA chargée de l'étude de la révision des normes n° 161 comprend trois sous-commissions de travail s'occupant chacune de l'un des thèmes suivants : les matériaux, le calcul, l'exécution.

Les renseignements qui suivent découlent des travaux de la sous-commission matériaux, dont la composition est la suivante : M. *Cosandey*, président, professeur EPUL, Lausanne ; L. *Marguerat*, chef de section à la Direction générale des CFF, Berne ; Ch. *Dubas*, directeur général ACMV, Vevey ; R. *Schlaginhausen*, directeur Gebr. Tuchschild, Frauenfeld ; J. *Paschoud*, professeur EPUL, directeur du Laboratoire d'essai des matériaux de l'EPUL, Lausanne ; R. *Steiner*, chef de section au LFEM, à Dübendorf.

La Suisse n'a jamais été un véritable pays producteur d'acier. Ce fait a eu des conséquences diverses ; citons-en deux :

L'obligation d'économiser le matériau a conduit très tôt l'industrie suisse de la construction métallique à adopter la soudure comme moyen d'assemblage. Il s'agit d'une conséquence heureuse.

L'utilisateur a toujours été à la merci du fournisseur étranger. Dans l'impossibilité de pouvoir imposer sa volonté, il n'a pas insisté outre mesure au sujet de l'établissement de normes suisses rationnelles, contraint qu'il était de suivre celles des pays producteurs. C'est une conséquence malheureuse qui a été cependant atténuée par le fait que les métallurgistes eux-mêmes étaient

très partagés quant aux prescriptions à utiliser. Il faut remarquer en effet que la métallurgie s'est développée plus comme un art que comme une science. Les « tours de main », fruits de l'expérience, ont longtemps prévalu sur les principes fondamentaux. Il y a vingt-cinq ans, le métallurgiste était incapable d'expliquer un phénomène connu depuis des millénaires, à savoir qu'un alliage est plus dur que le métal pur correspondant. Ce n'est qu'après la seconde guerre mondiale que la physique du solide, la métallurgie structurale, la sidérurgie et l'essai des matériaux ont été confrontés pour obtenir l'explication des nombreuses inconnues dont une partie seulement est trouvée actuellement.

J'aimerais profiter de ces généralités pour insister sur le fait qu'il n'existe en somme aucun mauvais acier, mais que nombreuses sont les utilisations inadéquates d'acier de propriétés connues ou inconnues. En d'autres termes, la qualité d'un produit sidérurgique est traduite par son adaptation parfaite à l'usage auquel il est destiné. C'est presque une lapalissade et pourtant le 50 % des accidents survenus à des constructions métalliques ont, comme l'une des causes, l'inadaptation de l'acier au rôle qu'il aurait dû jouer. Mais relevons tout de suite que le juste choix de l'acier n'est pas le seul élément qui intervienne. Il fait partie d'une trilogie dont la *conception* de l'ouvrage et l'*exécution* représentent les deux autres termes.

Les normes actuelles de constructions métalliques ont été élaborées en 1946, à une époque où les deux moyens d'assemblages usuels étaient la rivure et le soudage. Les études relatives à la soudabilité des aciers étaient encore au stade de départ et le chapitre relatif aux matériaux a été fortement influencé par les exigences connues depuis de longues années des constructions rivées, au détriment des exigences inconnues ou mal connues des constructions soudées.

Aujourd'hui en Suisse, deux moyens d'assemblages sont essentiellement utilisés. La soudure et le boulonnage par boulons à haute résistance. A certains égards, les exigences de ces deux modes de faire se recouvrent, notamment en ce qui concerne la capacité de déformation du métal. En effet, dans les deux cas les assemblages effectués peuvent conférer à l'ouvrage des rigidités et des bridages, dont l'influence sur la sécurité des ouvrages dépend de la capacité de déformation de l'acier.

Dans la révision partielle envisagée, il a été tenu compte fondamentalement de l'aptitude au soudage des aciers et de la sensibilité du matériau à la rupture fragile.

Une partie des mesures que l'on peut prendre pour augmenter l'aptitude au soudage permet également de diminuer la sensibilité à la rupture fragile.

Vous savez que l'Institut international de la soudure (IIS) fait la distinction, pour les essais, entre trois aspects de la soudabilité :

- La soudabilité opératoire, qui est l'aptitude de l'acier de base à réaliser la continuité métallique que représente une soudure.
- La soudabilité métallurgique (ou locale), qui tient compte des modifications de l'acier de base dans le joint soudé par suite de l'opération de fusion et d'échauffement localisé que constitue le soudage.
- La soudabilité constructive, qui est l'aptitude de l'acier de base à s'adapter durant l'opération de soudage et

en service aux contraintes particulières de la construction soudée.

Il n'y a guère de problème aujourd'hui en ce qui concerne la soudabilité opératoire. Les progrès faits par les industriels tant dans le domaine des électrodes que dans celui des appareillages nous donnent toute garantie à ce sujet.

Pour la soudabilité métallurgique, le danger peut provenir de la formation possible d'une structure micrographique néfaste dans la zone du métal de base influencée par la soudure. Comme exemple, nous pouvons donner l'effet de durcissement par trempe dans les aciers faiblement alliés et spécialement pour ceux à forte épaisseur. Dans le cas particulier, et en Europe, le remède consistera essentiellement à limiter la teneur en carbone.

Mais d'une manière générale ces structures micrographiques indésirables ne donnent lieu à des inconvénients que sous tension, où elles peuvent conduire alors à des fissurations compromettant la pièce ou l'ouvrage. C'est dire, en d'autres termes, qu'il est difficile de séparer la soudabilité métallurgique de la soudabilité constructive. Toute mesure qui tend à diminuer le niveau de tension dans la conception et l'exécution de l'ouvrage accroîtra la sécurité pour une structure micrographique donnée.

Si maintenant nous considérons la fragilité, nous pouvons dire globalement qu'une rupture est toujours liée à :

- la présence d'une entaille ou d'un défaut constructif provoquant les mêmes effets ;
- un certain niveau de sollicitation mais qui peut être largement inférieur au niveau admissible ;
- l'utilisation d'un acier à faible capacité de déformation dans la fourchette de température de service de l'ouvrage.

Comme c'est par la structure micrographique que nous pouvons améliorer la capacité de déformation de l'acier, nous voyons qu'il existe une liaison entre la soudabilité et la résistance à la rupture fragile. C'est ce qui a permis, dans une certaine mesure, de simplifier les exigences relatives aux caractéristiques. En effet, pour la soudabilité, il aurait été souhaitable de demander une garantie en ce qui concerne la fissilité tandis que la fragilité aurait été jugée sur la base de critères propres. Nous avons pu éviter cette complication et nous rallier à un seul type d'essai, à savoir celui permettant de juger essentiellement la capacité de déformation : essai de résilience ISO entaille en V et essai Kommerell pour juger les fortes épaisseurs.

Nous avons été du reste poussés vers une telle solution dans le désir que nous avons de nous rapprocher des Euronormes qui seront fortement influencées par les DIN 17100, qui adoptent déjà la résilience et l'essai Kommerell comme critère de fragilité.

Ce souci de coordination nous a également incités à suivre l'idée déjà en vigueur ailleurs, de définir quatre qualités d'acier. On pourra peut-être nous accuser de manquer d'originalité. A cela, nous répondrons que notre pays est trop petit et nos commandes trop échantillonnées pour caresser l'espoir qu'une norme authentiquement suisse ait la plus petite chance d'être acceptée par les producteurs étrangers. Par ailleurs, la proposition de quatre qualités par nuance est rationnelle et raisonnée.

L'essentiel de la proposition de la sous-commission est donnée par les trois figures qui suivent :

Caractéristiques chimiques sur coulée (7)

Teneurs maximales en %

| Désignation |          | Limite d'élasticité min. $\sigma_{z/1}$ (1) kg/mm <sup>2</sup> |           |           | Résistance à la traction $\beta_z$ kg/mm <sup>2</sup> | Allongement min. de rupture $\lambda_s$ en % ( $L_0 = 5,65\sqrt{F_0}$ ) |          |   |
|-------------|----------|--|-----------|-----------|---|---|----------|---|
| Classe      | Qualité  | $e \leq 16$  | $e$ 16-40 | $e$ 40-63 |   | $e \leq 40$   | $e > 40$ |   |
| Acier       | 1        |  |           |           |   | (3)   | (3)      |   |
|             | 2        | 24   | (2)<br>23 | (2)<br>22 | 37-45   | 23  | 22       |   |
|             | AC 24/37 |  |           |           |   |   |          | 3 |
|             | 4        |  |           |           |   |   |          |   |
| Acier       | 1        |  |           |           |   |   |          |   |
| AC 36/52    | 2        | 36   | 35        | 34        | 52-62   | 21  | 20       |   |
|             | 3        |  |           |           |   |   |          |   |
|             | 4        |  |           |           |   |   |          |   |

| C    | P    | S    | Si       | Mn  |
|------|------|------|----------|-----|
| 0,25 | 0,07 | 0,05 | —        | —   |
| 0,20 | 0,05 | 0,05 | —        | —   |
| 0,20 | 0,05 | 0,05 | —        | —   |
| 0,22 | 0,06 | 0,05 | 0,55 (8) | 1,5 |
| 0,20 | 0,05 | 0,05 | 0,55 (8) | 1,5 |
| 0,20 | 0,05 | 0,05 | 0,55 (8) | 1,5 |

| Pliage à froid à 180°<br>Diamètre minimum du mandrin | Résilience (5)<br>Flexion par choc |                         |                                   |                         | Essai de pliage Kommerell (9) |
|--|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|  | Etat naturel                       |                         | Etat vieilli (4)                  |                         |                               |
|  | $\kappa$ min. kgm/cm <sup>2</sup>  | Température en degrés C | $\kappa$ min. kgm/cm <sup>2</sup> | température en degrés C |                               |
| 2 a  | Pas prescrit                       |                         |                                   |                         |                               |
| 1 a  | (6)                                | +20°                    | Pas prescrit                      |                         | Pas prescrit                  |
|  | 3,5                                | 0°                      |                                   |                         |                               |
|  |                                    | -20°                    | 3,5 (6)                           | +20°                    | Prescrit pour $e > 30$        |
| 2 a pour $e \leq 16$                                 | Pas prescrit                       |                         |                                   |                         |                               |
|  | (6)                                | +20°                    | Pas prescrit                      |                         | Pas prescrit                  |
|  | 3 a pour $e > 16$                  | 3,5                     | 0°                                |                         |                               |
|  |                                    | -20°                    | 3,5 (6)                           | +20°                    | Prescrit pour $e > 25$        |

- (5) Eprouvette ISO, entaille perpendiculaire au plan de laminage.
- (6) Moyenne de trois essais avec minimum absolu de 2,8 kgm/cm<sup>2</sup>.
- (7) Les valeurs de la composition chimique sont celles de la coulée. Pour le produit laminé, on multipliera les valeurs indiquées par le facteur donné par le tableau suivant :

| Acier           | Elément chimique | C                      | P    | S    | Mn | Si  |
|-----------------|------------------|------------------------|------|------|----|-----|
|                 |                  | Effervescent . . . . . |      | 1,75 |    |     |
| Calmé . . . . . |                  |                        | 1,10 |      |    | 1,0 |

- (8) Le silicium peut être demandé à 0,35 % dans le cas d'utilisation de la soudure automatique ou à forte pénétration.
- (9) L'essai Kommerell pourra être conduit conformément à la norme autrichienne M 3052.

Cette définition des aciers sera complétée par des directives pour le choix de l'acier qui viendront en annexe des normes. Ces directives ont pour but de rendre attentif le maître d'œuvre et ses mandataires au sujet des facteurs principaux jouant, du côté matériau, un rôle sur la sécurité des ouvrages.

On pourra peut-être reprocher à la commission de ne pas avoir prévu un acier intermédiaire, AC 42 par exemple, et de ne pas être allée au-delà de l'acier 52.

L'expérience montre que les avantages réels de l'acier 42 sur l'acier 37 ne justifie pas sa considération d'une manière systématique. Nous savons que des expériences heureuses ont été faites, mais dans la plupart des cas son emploi n'a pas apporté d'avantages économiques et les discussions avec les laminoirs et les délais sont plus longs. Comme l'Union internationale des chemins de fer va se prononcer pour deux nuances

Explication des annotations :

- (1) Pour épaisseurs  $> 63$  mm à convenir.
- (2) Pour ponts-rails  $\sigma_{z/1} \geq 24$  kg/mm<sup>2</sup> pour toutes les épaisseurs.
- (3) En travers, 1 en moins.
- (4) Etat vieilli : éprouvette écrouie de 10 % en compression puis réchauffée à 250° pendant 30 minutes.

Le vieillissement dépend notamment de la teneur en azote de l'acier. Nous aurions pu imposer certaines exigences à ce sujet, mais nous y avons renoncé pour des motifs économiques, une prescription formelle à ce sujet conduisant à des plus-values importantes. Il est clair que la demande de valeurs minima pour la résilience à l'état vieilli conduit aussi à des plus-values, mais plus modérées. Par ailleurs, l'essai de résilience renseigne également sur d'autres propriétés que la résistance au vieillissement.

(si ce n'est déjà fait), il y avait là également intérêt à simplifier.

En ce qui concerne les aciers au-delà de l'acier 52, il s'agit d'une catégorie encore en évolution. Ce sont en général des aciers trempés à l'air ou à l'eau, et l'expérience, très heureuse jusqu'à maintenant, demande d'être complétée pour donner en toute sécurité une prescription fixée dans les normes. L'emploi de ces aciers est laissée à l'appréciation des responsables qui justifieront leur choix de cas en cas.

La sous-commission s'est longuement penchée sur le problème des soudures. Les progrès réalisés dans ce domaine rendent anachroniques les dispositions de la norme actuelle. La distinction entre deux qualités de soudure est abandonnée. Cette décision est justifiée par les mesures de contrôle possibles à l'atelier et au montage. Ce n'est plus la qualité d'une soudure particulière qui importe mais le niveau moyen de qualité obtenu par la firme qui exécute. Si ce niveau est suffisant, par un contrôle statistique bien organisé, les fluctuations éventuelles ne joueront plus aucun rôle, car elles s'inscriront dans une plage de dispersion qui a été implicitement considérée lors de la fixation des valeurs prescrites.

Des valeurs ne peuvent être raisonnablement données que pour les soudures bout à bout. C'est la sollicitation à la traction qui est déterminante. On exigera pour des soudures usinées avec des éprouvettes à faces parallèles une limite élastique, une résistance à la traction et un allongement de rupture au moins équivalent aux valeurs correspondantes du matériau de base.

Pour la résistance à la fatigue, il est notoire que l'intérêt de l'acier 52 est sensiblement diminué. Le tableau suivant des valeurs prescrites le laisse bien apparaître :

| Essai de fatigue en tractions répétées entre 0 et la valeur prescrite | Éprouvette à faces parallèles soudure usinée | Limite de fatigue à $2 \cdot 10^6$ soll. | Ac. 24/37                    | Ac. 36/52                    |
|---|--|--|------------------------------|------------------------------|
|   |  |  | $\geq 20$ kg/mm <sup>2</sup> | $\geq 22$ kg/mm <sup>2</sup> |
| Essai de fatigue en tractions répétées entre 0 et la valeur prescrite | Éprouvette à faces parallèles soudure brute  | Limite de fatigue à $2 \cdot 10^6$ soll. | $\geq 16$ kg/mm <sup>2</sup> | $\geq 16$ kg/mm <sup>2</sup> |

Des exigences seront également notifiées pour la capacité de pliage, la dureté, l'examen macro et microscopique et les examens non destructifs. Quant à la résilience, l'éprouvette sera du type ISO à entaille en V (perpendiculaire à la peau de laminage) et devra être prise au quart de l'épaisseur du joint. Les valeurs prescrites devront être supérieures ou égales aux 80 % des valeurs minimales prescrites pour le matériau de base.

Une fois l'entente obtenue au sujet des nuances, qualités et valeurs prescrites, la sous-commission s'est trouvée devant la tâche très complexe de chercher à définir le domaine d'emploi de chaque acier. Un tel problème devait-il être du ressort de la norme ou convenait-il de le laisser sous l'entière responsabilité de l'ingénieur mandaté ? Nous avons estimé que la deuxième alternative correspondait mieux à l'esprit libéral donné à l'ensemble de la révision. Nous avons cependant jugé

nécessaire de présenter des exemples dans les directives. Ceux-ci ont été choisis en analysant les facteurs déterminants pour le choix de l'acier, qui ont été séparés en deux grandes catégories :

#### Facteurs dépendant de la nature et de l'importance de l'ouvrage considéré ou de ses éléments

1. Importance des charges et des surcharges. Fréquence probable des charges et des surcharges calculées dans le cours de l'existence de l'ouvrage. Effets de choc. Vieillesse dû aux efforts répétés. Contraintes effectives.
2. Les états de contrainte (double ou triple étreinte) et la rigidité de la construction vis-à-vis de ces états.
3. Le gradient de tension (par exemple variation de la section). Il peut être amélioré considérablement par des congés.
4. Basse température de service.
5. Conséquence d'une rupture en service. Importance des soudures pour la résistance de l'élément considéré et de l'ensemble de l'ouvrage, en cas de défaillance.

#### Facteurs dépendant de la mise en œuvre

6. Les effets d'entaille autres que les variations brusques de section mentionnées au point 3.
7. Contraintes internes dues notamment à l'accumulation des soudures et au bridage des pièces lors de l'assemblage et du soudage, spécialement dans le sens longitudinal plus fortement sollicité. Les pièces mises au four pour y subir un recuit de détente et de revenu à 620°-650°, avec refroidissement correct, sont pratiquement exemptes de contraintes résiduelles. Le martelage des soudures, s'il est exécuté très soigneusement, combat efficacement le retrait et fait disparaître les contraintes internes des pièces bridées.
8. Épaisseur des pièces à souder et danger de formation de régions dures et cassantes, surtout si les mesures destinées à éviter un refroidissement trop rapide n'entrent pas en considération (préchauffage, soudage avec électrodes de fort diamètre et de manière ininterrompue).
9. Sensibilité des électrodes par rapport au métal de base, notamment en ce qui concerne les impuretés et les ségrégations. L'emploi d'électrodes basiques est en général compatible avec des exigences moindres pour l'acier à utiliser.
10. Basse température de soudage, compte tenu des mesures prises pour combattre le refroidissement trop rapide.
11. Difficultés de soudage pouvant provoquer de petits défauts et des risques d'amorce de fissures. Difficultés de préparation des chanfreins, en particulier en ce qui concerne le goujage profond avec des électrodes au carbone qui pourraient former sur les lèvres une couche de martensite cassante, ne disparaissant pas complètement au soudage.  
On tiendra compte dans ce facteur de l'importance des contrôles non destructifs, effectués ou prescrits pour les soudures, c'est-à-dire la radio- et la gammagraphie en ce qui concerne les défauts proprement dits et les ultrasons en ce qui concerne les microfissures.
12. Pliage à froid, et dans une mesure moindre, dressage à froid.

Tenant compte de ce qui précède, M. Léon Marguerat a fait une proposition qui a été reprise par la sous-commission. Elle est reproduite dans les tableaux qui suivent :

| Genre de construction ou d'élément  | Qualité de l'acier                     |        |
|---|--|--------|
|   | Joints ou/et assemblages               |        |
|   | rivés ou boulonnés (inclus boulons HR) | soudés |
| <b>1. Charpentes</b>  |  |        |
| Charpentes de faible importance (marquise, fermes à treillis pour toitures)   | 1                                      | 1*     |
| Pannes et contreventements de toitures courantes  | 1                                      | 1*-2   |
| Colonnes et poteaux comprimés, théoriquement articulés à leurs extrémités :   |  |        |
| — Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .  | 1                                      | 1*-2   |
| — Eléments constitués par soudure   | 1-2                                    | 2      |
| Echafaudages courants de chantier . . . . .   | 1                                      | 1*-2   |
| Charpentes et ossatures courantes, à l'abri du froid à condition qu'il n'y ait pas de bridages trop importants ou de fortes accumulations de soudures, de grandes épaisseurs, de nœuds compliqués, etc. : |  |        |
| — Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .  | 1                                      | 1*-2   |
| — Eléments constitués par soudure   | 1-2                                    | 1*-2   |

\* Vérifier la résilience (fragilité).

|  | Rivés ou boulonnés  | Soudés |
|--|---|--------|
|  | Charpente et ossatures compliquées, exposées au froid, avec accumulation de soudures, nœuds et assemblages difficiles, bridages, épaisseurs relativement fortes, sollicitations assez dures : |        |
| — Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .   | 1-2**   | 3      |
| — Eléments constitués par soudure  | 2-3   | 3      |
| Comme ci-dessus, mais lorsqu'un ou plusieurs des facteurs qui peuvent provoquer une rupture fragile sont spécialement accentués, ou lorsqu'un accident aurait des conséquences particulièrement graves : |   |        |
| — Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .   | 2   | 4      |
| — Eléments constitués par soudure  | 3   | 4      |

\*\* En particulier lorsque les assemblages se font par boulons HR.

|   | Rivés ou boulonnés     | Soudés |
|---|------------------------|--------|
|   | <b>2. Ponts-routes</b> |        |
| Eléments secondaires faiblement sollicités (garde-corps, certaines barres de contreventement) . . . . .   | 1                      | 1*-2   |
| Ponts-routes rivés ou boulonnés :   |                        |        |
| — Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .  | 1-2**                  | —      |
| — Eléments constitués par soudure   | 2-3                    | —      |
| Ponts-routes soudés dans lesquels les facteurs qui peuvent provoquer une rupture fragile (accumulation de soudures, bridages, fortes épaisseurs, basses températures, etc.) sont relativement modérés et peu nombreux | —                      | 2-3    |
| Ponts-routes soudés dans lesquels l'un ou plusieurs des facteurs rappelés ci-dessus sont accentués, en particulier pour les parties soumises à des efforts de traction . . . . .                                      | —                      | 4      |

\* Vérifier la résilience (fragilité) si nécessaire.

\*\* En particulier lors d'assemblage par boulons HR.

|   | Rivés ou boulonnés    | Soudés |
|---|-----------------------|--------|
|   | <b>3. Ponts-rails</b> |        |
| Eléments secondaires faiblement sollicités (garde-corps, supports des trottoirs de service, certaines barres de contreventement) . . . . .  | 1                     | 1*-2   |
| Ponts-rails rivés ou boulonnés, en général :  |                       |        |
| — Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .  | 2-3**                 | —      |
| — Eléments constitués par soudure   | 3-4                   | —      |
| Ponts simples et de faible importance, sans fortes épaisseurs ni bridages importants, pour voies secondaires :  |                       |        |
| — Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .  | 2                     | 3      |
| — Eléments constitués par soudure   | 3                     | 3      |
| Ponts de voies principales soumis à une ou plusieurs des influences susceptibles d'entraîner des ruptures fragiles (accumulation de soudures, bridages, fortes épaisseurs, basse température) ou à des variations importantes et fréquentes des efforts : |                       |        |
| — Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .  | 2-3**                 | 4      |
| — Eléments constitués par soudure   | 3-4                   | 4      |

\* Vérifier la résilience (fragilité) si nécessaire.

\*\* Eléments importants assemblés par boulons HR.

|  | Rivés ou boulonnés               | Soudés |
|--|----------------------------------|--------|
|  | <b>4. Constructions diverses</b> |        |
| Voies de roulement pour ponts roulants :                               |                                  |        |
| — Constructions peu importantes, légères, utilisation faible . . . . . | 1                                | 1*     |
| — Constructions de moyenne importance . . . . .                        | 1                                | 2      |
| — Constructions importantes, service dur :                             |                                  |        |
| Eléments eux-mêmes sans soudures . . . . .                             | 2                                | 3      |
| Eléments constitués par soudure . . . . .                              | 3                                | 3      |
| Pylônes pour lignes à haute tension (treillis sans soudure) . . . . .  | 1                                | —      |
| Batardeaux de surface . . . . .  | 1                                | 2      |
| Vannes de surface ou de demi-fond . . . . .                            | 1                                | 2      |
| Vannes de fond ou de demi-fond pour retenues importantes . . . . .     | 2                                | 3      |
| Pylônes pour téléphériques (treillis sans soudure) . . . . .           | 1*-2                             | —      |

\* Vérifier la résilience (fragilité).

Cette méthode de choix de la qualité d'acier à utiliser n'a pas un caractère scientifique. Elle est basée sur l'expérience, l'intuition et le bon sens. Elle n'est pas impérative et laisse à l'ingénieur l'entière liberté de décision. Elle a simplement le mérite de rendre attentif aux difficultés et à l'importance du problème.