

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 80 (1954)  
**Heft:** 16

**Artikel:** Une nouvelle méthode d'essai micro-mécanique des métaux:  
application aux essais des qualités plastiques de la soudure  
**Autor:** Mironoff, Nicolas  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-60717>

### **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:** 30.03.2025

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

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

## Abonnements :

Suisse: 1 an, 24 francs  
Etranger: 28 francs  
Pour sociétaires:  
Suisse: 1 an, 20 francs  
Etranger: 25 francs  
Prix du numéro: Fr. 1.40  
Ch. post. « Bulletin technique de la Suisse romande »  
N° II. 5775, à Lausanne.

## Expédition

Imprimerie « La Concorde »  
Terreaux 31 — Lausanne.

## Rédaction

et éditions de la S. A. du  
Bulletin technique (tirés à  
part), Case Chaudron 475

Administration générale  
Ch. de Roseneck 6 Lausanne

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président: R. Neeser, ingénieur, à Genève; Vice-président: G. Epitiaux, architecte, à Lausanne; Secrétaire: J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg: MM. P. Joye, professeur; † E. Lateltin, architecte — Vaud: MM. F. Chenaux, ingénieur; A. Chevalley, ingénieur; E. d'Okolski, architecte; Ch. Thévenaz, architecte — Genève: MM. † L. Archinard, ingénieur; Cl. Groscurin, architecte; E. Martin, architecte; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel: MM. J. Béguin, architecte; R. Guye, ingénieur — Valais: MM. J. Dubuis, ingénieur; D. Burgener, architecte.

Rédaction: D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chaudron 475, Lausanne.

## Conseil d'administration

de la Société anonyme du Bulletin technique: A. Stucky, ingénieur, président; M. Bridel; G. Epitiaux, architecte; R. Neeser, ingénieur.

## Tarif des annonces

1/1 page	Fr. 264.—
1/2 »	» 134.40
1/4 »	» 67.20
1/8 »	» 33.60

Annonces Suisses S. A.  
(ASSA)



Place Bel-Air 2. Tél. 22 33 26  
Lausanne et succursales

SOMMAIRE: *Une nouvelle méthode d'essai micro-mécanique des métaux*, par NICOLAS MIRONOFF, ingénieur, Genève. — *Concours pour l'étude des plans d'un bâtiment scolaire à Morges*. — DIVERS: *Centenaire de la Maison Alfred J. Amsler & Co.* — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION GÉNÉRALE. — NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.

## UNE NOUVELLE MÉTHODE D'ESSAI MICRO-MÉCANIQUE DES MÉTAUX<sup>1</sup>

### Application aux essais des qualités plastiques de la soudure

par NICOLAS MIRONOFF, ingénieur, Genève

Pour étudier l'influence locale d'un traitement thermique sur l'état plastique du métal, nous avons analysé les modifications causées par les opérations de la soudure.

On connaît toute l'importance d'une exploration minutieuse des propriétés mécaniques d'un métal soudé. De nombreuses recherches ont pour objet actuellement l'étude des modifications qui se produisent dans un métal soudé et la détermination des qualités mécaniques de ce dernier, au voisinage immédiat de la soudure. La chauffe du métal produit toujours des modifications de structure importantes affectant ses qualités mécaniques.

La principale difficulté d'une exploration poussée des qualités mécaniques de la soudure réside dans la quasi-impossibilité de prélever des éprouvettes pouvant servir pour les essais dits « classiques ».

En effet, pour pouvoir effectuer ces essais, on devrait prélever des éprouvettes de dimensions extrêmement réduites. Le découpage et surtout l'usinage de telles micro-éprouvettes étant déjà un problème assez délicat, les résultats de leurs essais sont toujours incertains. En outre, quelles que soient les dimensions de ces éprouvettes, leurs essais ne peuvent jamais être considérés comme étant des essais vraiment localisés.

Or, il importe d'être fixé exactement sur les qualités de la soudure en un point bien déterminé, et non pas dans une zone, car les modifications à analyser se localisent dans une bande très étroite le long de la soudure.

Actuellement, seuls les essais de dureté (Brinell, Rockwell, Vickers et similaires) peuvent satisfaire à cette condition. Mais les essais de dureté ne fournissent pas les données permettant de juger de l'ensemble des qualités du métal.

Le but de l'expérience que nous avons effectuée fut d'attirer l'attention sur l'intérêt que présente l'étude des modifications des qualités plastiques d'un métal qui a subi l'influence d'une trempe locale.

L'avantage de la nouvelle méthode, dans le cas de l'examen de la soudure, est qu'elle permet, d'une part, d'effectuer des essais aussi localisés qu'on le veut, sans recourir pour cela à une taille spéciale et à une préparation soignée de l'éprouvette et, d'autre part, d'évaluer avec une grande précision la véritable *plasticité* du métal, indépendamment de ses autres qualités. Or, comme l'expérience le montre, la connaissance des *qualités plastiques* de la soudure présente un très grand intérêt, car de la présence ou de l'absence de ces qualités

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* du 9 janvier 1954, p. 3. (Réd.).

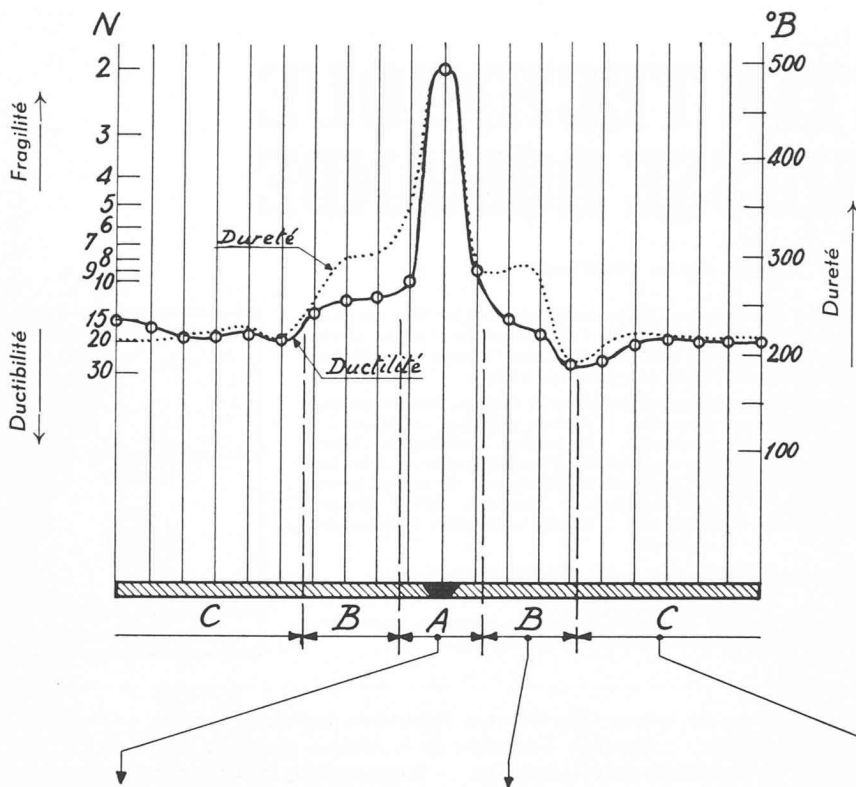


Fig. 1.

5 mm seulement, ce qui a permis d'obtenir un diagramme reflétant très fidèlement les moindres changements des qualités mécaniques du métal. Ces essais de plasticité ont été faits conjointement avec les essais de dureté Brinell, effectués aux mêmes endroits.

Le diagramme figure 1 résume ces essais. Pour plus de clarté, nous avons représenté les résultats des essais de dureté à l'échelle normale, tandis que les valeurs de la plasticité — exprimées en nombre de pliages à la rupture — sont données à l'échelle de  $1/\sqrt{N}$ . Cette façon de représenter conjointement les résultats des essais de plasticité et de dureté a été choisie dans le but de faire mieux ressortir les particularités des modifications des propriétés mécaniques du métal, qui a subi un traitement thermique local. En effet, dans ce cas l'augmentation de la dureté et l'augmentation de la fra-



Fig. 1 a.



Fig. 1 b.



Fig. 1 c.



Fig. 1 d.

dépend en définitive l'importance des risques d'accident.

Les essais locaux de plasticité peuvent aussi donner des résultats très concluants s'ils sont combinés avec des essais de dureté. Dans ce cas, l'analyse devient encore plus complète et reflète encore mieux les modifications structurales du métal soudé.

Nous donnons, dans ce qui suit, un exemple d'une telle analyse combinée de la soudure.

L'acier utilisé, au chrome-molybdène, a la composition chimique suivante : C — 0,25 %, Mn — 0,50 %, Cr — 1,00 %, Mo — 0,25 %.

Il se soude bien sans offrir de causes de faiblesse à l'endroit de la soudure. Il est en usage pour la fabrication des fuselages d'avions. Sa charge de rupture est environ de 65-70 kg/mm<sup>2</sup>.

Grâce à la possibilité que donne la nouvelle méthode de localiser les essais, ceux-ci ont pu être espacés de

gilité vont dans le même sens sur le diagramme, de même que la diminution de la dureté coïncide avec l'augmentation de la plasticité, ce qui permet d'obtenir un certain parallélisme des deux diagrammes et de mieux déceler leurs particularités.

La chauffe locale crée dans le métal trois zones distinctes au point de vue de leur microstructure aussi bien qu'au point de vue des qualités mécaniques. Ce sont les zones A, B et C de la figure 1. La fragilité (donc qualité inverse de la plasticité), dans les conditions normales du métal, varie dans le sens même et approximativement dans les mêmes proportions que la dureté. En effet, nous pouvons observer ce fait en examinant les parties A et C de l'éprouvette. L'anomalie que présente, sur ce point, un écartement des lignes plasticité et dureté dans les parties B de la figure 1, est également très significative. Nous y reviendrons plus

loin et donnerons une explication de ce phénomène.

Dans le but de vérifier les données des essais mécaniques, nous avons prélevé en même temps des échantillons dans toutes les zones *A*, *B* et *C* de l'éprouvette et nous avons examiné leur microstructure.

L'interprétation du diagramme figure 1 et des microphotos 1 *a*, 1 *b* et 1 *c* montre que les modifications structurales du métal confirment nettement les changements assez brusques de ses qualités mécaniques.

Examinons tout d'abord la zone où le métal a été partiellement fondu par la flamme (ou l'arc) : la zone *A*. C'est une zone ayant toutes les caractéristiques de la trempe physico-chimique et qui est surtout caractérisée par l'apparition de la martensite. Au point de vue des propriétés physiques, cette zone se distingue par une *dureté* et une *fragilité* extrêmes. En effet, les deux diagrammes montent brusquement en pointe — la dureté Brinell atteint le chiffre 500, tandis que les essais de plasticité ne donnent que deux pliages à la rupture. L'extrême fragilité de cette zone ne permet même pas d'obtenir toujours les résultats précis et cohérents des essais de dureté, car le métal se fissurait parfois avant que la pression de la bille atteignît la valeur normale de l'essai. Il est intéressant de noter ici que, même dans ce cas d'une fragilité extrême du métal, les essais du pliage suivant la nouvelle méthode ne donnent lieu à aucune difficulté ; tous les résultats d'essais restent logiques et cohérents.

Dans les deux zones latérales *B*, la finesse des éléments — de la ferrite et de la cémentite — caractérise une trempe structurale dont les qualités physiques se distinguent par une dureté assez élevée, mais en même temps, par une plasticité plus grande. L'écart entre les deux diagrammes — dureté et plasticité — dans cette zone, montre donc bien l'apparition des propriétés mécaniques élevées de cette structure, formée aux températures voisines de 580° C et s'approchant de la structure troostitique.

Enfin, l'examen des zones *C* indique un rapport plus normal entre la dureté et la plasticité du métal, ce qui est confirmé par l'examen micrographique montrant une zone inaltérée par la soudure et caractérisée par la disposition et les dimensions des éléments — de la ferrite et de la perlite.

En répétant les opérations plusieurs fois, il fut facile de constater que les résultats des essais de plasticité varient d'une éprouvette à une autre d'une façon beaucoup plus prononcée à proximité de la zone soudée que dans les zones inaltérées par la soudure. Ce phénomène, déjà connu par les essais de plasticité locale, est en liaison avec la structure granulaire du métal ; il fournit une indication supplémentaire précieuse sur l'apparition de la structure à gros grains aux environs de la soudure. Confirmation de ce fait est donnée par l'examen macrographique du métal, figure 1 *d*.

Après avoir constaté la sensibilité de la nouvelle méthode aux changements locaux des qualités mécaniques du métal résultant des modifications provoquées par une trempe locale, nous nous sommes proposé d'examiner les résultats de traitement de revenu, effectué sur le même métal.

Un revenu à 600° ne s'avéra pas suffisant pour normaliser la structure et détruire le gros grain de la sou-

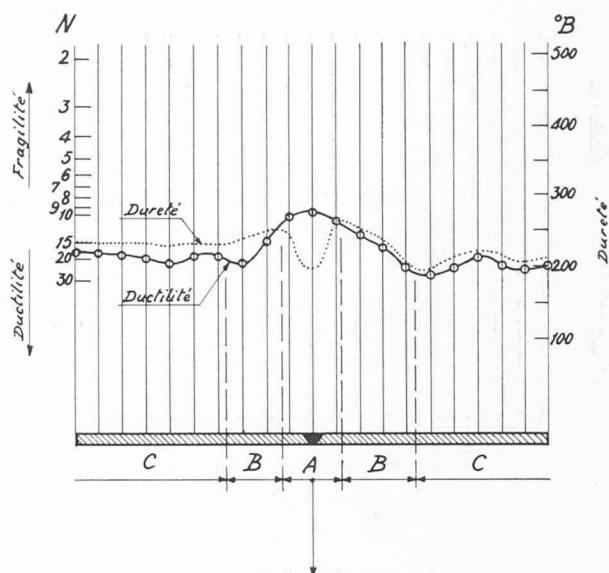


Fig. 2.



Fig. 2 a.



Fig. 2 b.

dure. On peut facilement observer sur le diagramme de la figure 2 une baisse assez considérable de la dureté suivie d'une augmentation insuffisante de la plasticité à l'endroit de la soudure. En effet, cela correspond à une normalisation incomplète de la structure (fig. 2 *a*) et au début de la destruction du gros grain (fig. 2 *b*).

Un refroidissement lent à partir de 850° montre une plus grande homogénéisation de la structure et des propriétés mécaniques du métal à travers les trois zones de la soudure (fig. 3, 3 *a* et 3 *b*).

Enfin, une coalescence des éléments structuraux et un adoucissement simultané des propriétés mécaniques résulte nettement d'un traitement combiné de 850° et 600° (fig. 4 et 4 *a*).

\* \* \*

La première conclusion qu'on peut tirer de ces expériences est que la nouvelle méthode d'essai — moyen

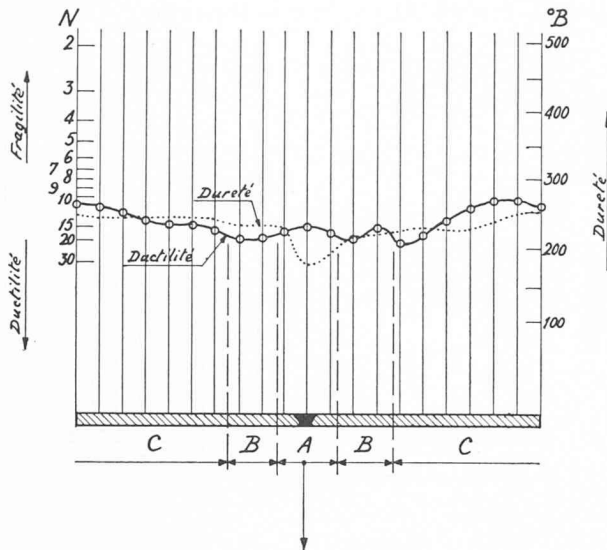


Fig. 3.



Fig. 3 a.



Fig. 3 b.

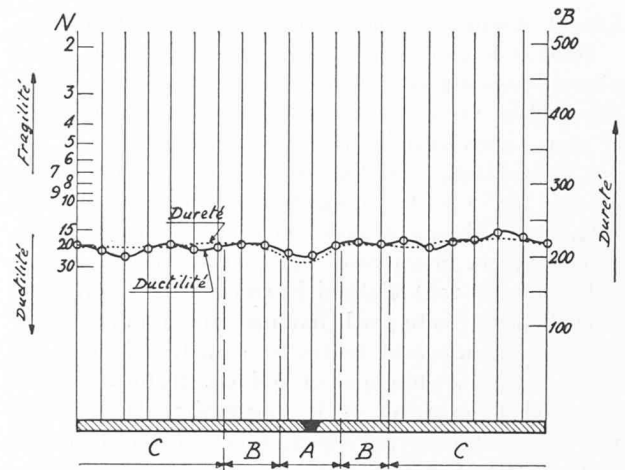


Fig. 4.

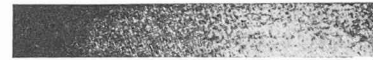


Fig. 4 a.

efficace d'investigations strictement locales — permet de suivre de très près les changements des qualités plastiques du métal soudé.

En outre, étant combinée avec les essais de dureté, la nouvelle méthode donne une image beaucoup plus complète des propriétés physiques du métal que n'importe quelle autre méthode d'investigation locale des qualités mécaniques du métal.

Comme le montrent les diagrammes des figures 2 et 3, les essais de dureté seuls ne sont pas capables de déceler l'homogénéisation incomplète des qualités mécaniques après un revenu insuffisant. On constate facilement cette insuffisance en examinant l'écart important entre les diagrammes de plasticité et de dureté (fig. 2 et 3). L'homogénéisation paraît complète après un traitement spécial, ce que montre, en effet, le diagramme de la plasticité de la figure 4.

## CONCOURS POUR L'ÉTUDE DES PLANS D'UN BÂTIMENT SCOLAIRE, A MORGES

### Extrait du règlement

En décembre 1953, la Municipalité de Morges ouvrait un concours de projets pour l'étude d'un bâtiment scolaire à édifier sur le terrain d'« En Chanel ».

Le jury chargé d'examiner les projets était composé de MM. E. Béboux, architecte à Lausanne, président du jury ; Ch. Bercher, municipal ; E. Blauer, architecte à Vevey ; J. Bovard, président de la Commission scolaire ; J.-J. Glayre, municipal ; Cl. Jaccottet, architecte à Lausanne ; J. Lavanchy, architecte de la Ville de Lausanne ; M. Maillard, architecte à Lausanne ; L.-M.

Monneyron, architecte à Lausanne ; D<sup>r</sup> Mundler, médecin des Ecoles ; O. Reubi, membre de la Commission scolaire ; Ed. Friederich, président du Conseil communal et membre de la Commission scolaire ; R. Bachler, architecte à Lausanne. — Suppléants : MM. R. Paréaz, architecte à Crassier ; J. Regamey, instituteur à Morges.

Etaient admis à concourir les architectes reconnus par le Conseil d'Etat, habitant ou exerçant leur activité sur le territoire de la commune de Morges depuis un an au moins.

(Voir suite texte page 256.)