

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 1 (1932)

**Artikel:** Discussion

**Autor:** Lebrun, M.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-557>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 07.02.2026

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

ture ne fait aucune difficulté. Le procédé permet également de pousser davantage la formation des soudeurs eux-mêmes et, grâce aux connaissances qu'il permet d'acquérir, d'améliorer également les méthodes de travail.

M. LEBRUN,

Administrateur-Délégué de la Société Secrom, Paris.

La question de l'examen interne des métaux sera toujours une des préoccupations majeures des constructeurs employant, soit de l'acier moulé, soit des pièces soudées, tant que l'on n'aura pas trouvé le moyen d'éviter les soufflures dans l'acier moulé, et tant que l'on ne sera pas sûr d'avoir des soudures absolument saines, exemptes de collages ou de porosités.

Le perfectionnement constant de la technique en matière de soudure autogène a donné de sérieux apaisements quant à la valeur de ce procédé d'assemblage

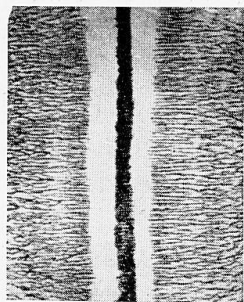


Fig. 1.

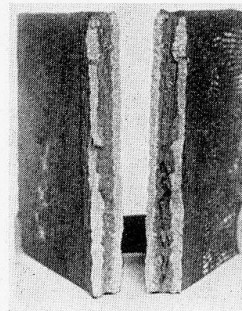


Fig. 2.

des métaux, mais l'acier moulé est resté sujet à caution. Des moyens de contrôle sont donc toujours nécessaires, ne serait-ce que pour ce métal.

Nous rappellerons brièvement ceux qui sont déjà en usage avant d'en arriver à la description d'une nouvelle méthode qui utilise le radium ou ses émanations.

#### Examen magnétographique.

L'examen magnétographique, imaginé il y a quelques années par M. Roux, Chef du Laboratoire de la Société « La Soudure Autogène Française », et Chef des Travaux pratiques à l'École Centrale des Arts et Manufactures, n'a encore reçu qu'assez peu d'applications.

Il consiste essentiellement à placer la pièce à essayer sur un électro-aimant. La pièce est ensuite saupoudrée de limaille de fer, et l'on arrive ainsi à déceler facilement certains défauts du métal.

La méthode de M. Roux n'est pas applicable à des pièces de très forte masse, tout au moins quand on utilise des électro-aimants facilement transportables. Telle qu'elle est, elle pourrait cependant rendre de très bons services pour la formation des soudeurs.

Ceux-ci ont tendance à croire que leur travail ne peut être contrôlé qu'en

cassant des éprouvettes dont ils soignent l'exécution d'une façon toute spéciale.

Il conviendrait peut-être qu'on les détrompât en leur enseignant l'existence d'essais « non destructifs » que l'on peut faire, non seulement sur des éprouvettes, mais aussi sur des pièces destinées à servir.

L'efficacité de la méthode magnétographique peut être mise particulièrement en valeur par l'examen d'une soudure double, c'est-à-dire exécutée sur un chanfrein en X.

La soudure a été mal faite intentionnellement. Elle n'intéresse pas toute l'épaisseur du métal, mais son aspect extérieur est parfait.

Soumettons-la à l'action de la limaille de fer. Nous voyons immédiatement apparaître au milieu de la soudure une ligne noire qui caractérise un grave défaut.

En cassant l'éprouvette, on vérifie que la partie centrale de la pièce n'a pas été soudée.

Il n'était pas besoin d'une rupture pour s'en convaincre. La limaille avait indiqué d'une façon précise l'étendue de la malfaçon.

D'autres exemples n'ajouteraient rien à la valeur d'une méthode de contrôle, que nous nous bornons simplement à rappeler à l'attention des techniciens.

Examen du métal au moyen des rayons X.

L'emploi des rayons X est antérieur à celui du spectre magnétique. Mais l'appareillage relativement compliqué qu'il exige, et l'impossibilité où l'on se trouve de le déplacer, en ont limité les applications.

En outre, les rayons X ont mauvaise réputation. L'exemple de nombreux radiologues qui ont dû subir amputations sur amputations n'est pas fait pour développer l'enthousiasme en faveur de cette méthode de contrôle.

Elle a, cependant, donné des précisions intéressantes sur certains défauts des soudures ou des pièces d'acier moulé, mais son application est limitée pratiquement à des pièces de 100 mm. d'épaisseur. Encore faut-il, pour arriver à les traverser, pouvoir disposer d'appareils extrêmement puissants.

Il est nécessaire pour ces fortes masses d'avoir des tubes de Coolidge à 200.000 volts et même davantage.

La longueur d'onde des rayons X est fonction inverse de la différence de potentiel aux bornes du tube de Coolidge. Elle varie, pour les applications industrielles, entre  $1/1.000.000$  et  $1/10.000.000$  de mm.

La perméabilité des métaux aux rayons X dépend de leur poids atomique et de leur épaisseur.

Il n'est, cependant, pas possible de fixer des limites de temps absolument précises pour l'examen d'un métal de densité et d'épaisseur connues. Le défaut que l'on cherche peut être plus ou moins accentué, et par suite faire augmenter ou diminuer la durée de la pose.

Il y a encore d'autres variables, comme la qualité des plaques photographiques destinées à enregistrer ce défaut, et dont l'influence est capitale.

Nous avons cherché à résumer entre deux courbes des résultats d'expériences.

L'examen d'une tôle de 10 mm. peut durer de 1 à 2', celui d'une tôle de 40 mm. de 30 à 120'.

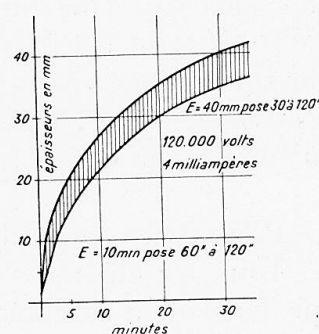


Fig. 3.

Ces courbes correspondent à un courant de 4 milliampères sous 120.000 volts.

L'augmentation de la tension diminue la longueur des ondes et la durée d'examen des pièces à contrôler.

Des essais entrepris dans un laboratoire américain, dont nous allons parler, ont montré qu'avec 200.000 volts au lieu de 120.000, il suffisait de 40" pour traverser 60 mm. d'acier. Mais, quelle que soit la tension adoptée, l'examen des pièces épaisses reste très difficile, car nos deux courbes tendent à devenir parallèles à la ligne des abscisses.

Même avec 200.000 volts, il faut 20 heures pour examiner une pièce de 100 mm d'épaisseur.

#### Examen au moyen du radium et des rayons Gamma.

Les difficultés pratiques résultant de temps d'exposition aussi longs pour les tôles épaisses et l'impossibilité où l'on se trouve de déplacer les appareils de contrôle, ont conduit le Capitaine de Vaisseau Oberlin, de la Marine Américaine, à faire entreprendre dans le Naval Research Laboratory, des essais d'examen des métaux au moyen des rayons Gamma, émanés du radium.

Ces essais ont été conduits par M. Mehl, Directeur de la Section de Physique de ce laboratoire, assisté par MM. Barrett et Doan.

On pourrait croire, en lisant la relation qui en a été faite dans le « Journal of the American Society on Naval Engineers », que l'emploi des rayons Gamma en métallurgie était, jusqu'ici, entièrement inconnu. Il n'en est rien. M<sup>me</sup> Curie en avait déjà parlé, et avait même réalisé des expériences intéressantes. Le mérite des Américains est, cependant, réel. Il consiste surtout à avoir réalisé des choses pratiques, et établi des chiffres précis pour l'examen des métaux en fonction de leur épaisseur et de la distance de la source des rayons Gamma à la pièce à examiner.

Il nous a été tout particulièrement agréable de retrouver le nom du Capitaine de Vaisseau Oberlin dans cette affaire. Cet officier est d'origine alsacienne, M<sup>me</sup> Oberlin est française, et nous n'avons eu qu'à nous louer de leur accueil lorsque nous avons visité, il y a près de deux ans, le chantier naval de Newport-News, où le Capitaine de Vaisseau Oberlin remplissait les fonctions d'Inspecteur des Machines.

#### Physique du radium.

Tous les éléments radioactifs, parmi lesquels le radium est le plus connu, présentent la caractéristique suivante :

Ils subissent une décomposition atomique et se transforment en d'autres éléments, dont les propriétés physiques et chimiques sont différentes.

Durant le passage d'élément à élément, des rayons divers sont émis, parmi lesquels on trouve les rayons Gamma qui ne diffèrent des rayons lumineux ordinaires ou des rayons X que par une longueur d'onde extrêmement courte et de l'ordre de 0,008 angström. Ils sont beaucoup plus courts que les radiations extrêmes du rayonnement X, réalisés industriellement, qui atteignent 1 angström (1/10.000.000 de mm.).

On a, cependant, construit des ampoules à 400.000 volts, dans lesquelles la



longueur d'onde des rayons X, si elle n'atteint pas encore celle des rayons Gamma, tend cependant à s'en rapprocher.

Cette émission de rayons Gamma s'effectue d'après le cycle suivant :

Le radium se transforme d'abord en une émission appelée radon, en émettant des rayons  $\alpha$  constitués par des atomes d'hélium à charge positive double, se déplaçant très rapidement.

Le radon se transforme à son tour en radium B, puis en radium C, en émettant des rayons  $\beta$  et des rayons  $\gamma$ , les rayons  $\beta$  étant composés d'électrons très rapides.

Les rayons  $\alpha$  et  $\beta$  sont inutilisables au point de vue radiographique et dangereux physiologiquement. On peut, heureusement, s'en préserver sans difficultés.

La vie du radium est presque illimitée, puisqu'au bout de 1600 ans le radium n'a perdu que la moitié de sa force d'émission en rayons  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ .

Il n'en est pas de même du radon, pour lequel cette force d'émission a diminué de moitié en 4 jours environ.

On ne peut pas indiquer un temps total pour la conservation du radium ou de ses dérivés, car le décroissement de puissance s'effectue d'une façon logarithmique.

Quand le radium lui-même est utilisé comme source de rayons Gamma, il est enfermé dans des capsules en forme d'aiguilles, et l'on utilise un sel de radium, généralement le sulfate insoluble.

Le radon est un gaz se dégageant du radium. Quand on désire le préparer, le radium mère est mis sous forme de sel soluble dans une solution aqueuse. Le récipient contenant cette solution est relié au moyen de tubes à un dispositif de pompage et d'emmagasinement.

Chaque gramme de radium fournit de 150 à 180 millicuries par jour, suivant l'efficacité du pompage.

Le millicurie est la force d'émanation d'un milligramme de radium, duquel on n'a extrait aucune émanation.

L'opération de pompage ne présente aucune difficulté.

Quand l'émanation de radium a été extraite du radium, ce dernier est privé de son activité en rayons Gamma jusqu'au moment où il libère spontanément une nouvelle émanation.

En d'autres termes, la radioactivité du radium est transférée aux séries de capsules dans lesquelles on renferme le radon.

Le volume occupé par l'émanation de radium est très petit. Mille millicuries occupent seulement 0,6 mm<sup>3</sup>. Le gaz peut donc être contenu dans des capsules très petites, ce qui est avantageux pour la radiographie.

Le radium et le radon émettant tous deux les rayons Gamma dont nous allons avoir besoin, quelle source d'émission convient-il de choisir ?

Si l'on dispose d'une certaine quantité de radium, la production journalière de radon sera suffisante pour tous les travaux à exécuter.

Si, au contraire, on ne dispose que d'une petite quantité de radium, 1/4 de gramme par exemple, on ne pourrait en extraire chaque jour que 45 millicuries, ce qui limiterait par trop les dimensions des pièces à examiner, comme le montre le tableau suivant :

**Milligrammes de radium ou millicuries nécessaires pour l'examen d'une pièce en fonction de la distance de la source de rayons Gamma à la pièce.**

Épaisseur à examiner	Distance en mm.							
	300		450		600		750	
	Ra m/mgr.	Radon millicuries	Ra m/mgr.	Radon millicuries	Ra m/mgr.	Radon millicuries	Ra m/mgr.	Radon millicuries
25	5,3	5,6	12,0	12,7	21,3	22,5	33,3	35,2
50	12,6	13,3	28,3	29,9	50,3	53,1	78,6	83
75	29,3	31,0	66,0	69,7	117,3	123,8	183,3	193,6
100	63,0	66,6	141,6	149,6	251,6	265,8	393,1	415,3
125	132,5	140,0	298,2	315,0	530,0	560,0	828,1	875,0
150	296,5	313,0	666,6	704,0	1185	1252	1852	1956

Temps d'exposition : 15 heures.

Le temps de pose est constant dans notre tableau, seule la quantité de radium en milligrammes, ou de radon en millicuries, a varié suivant l'épaisseur et suivant la distance de la source de rayons gamma à la pièce à examiner.

A puissance égale, il faudrait 45 fois plus de temps pour inspecter, avec les rayons gamma, une pièce de 150 mm qu'une pièce de 75 mm d'épaisseur.

Dans les mêmes conditions, dans le cas des rayons X, ce temps de pose serait 5.000 fois plus élevé pour 150 mm que pour 75 mm.

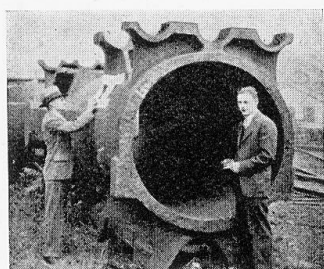


Fig. 4.

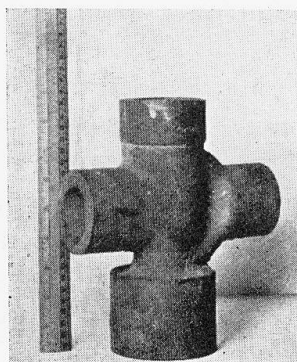


Fig. 5.

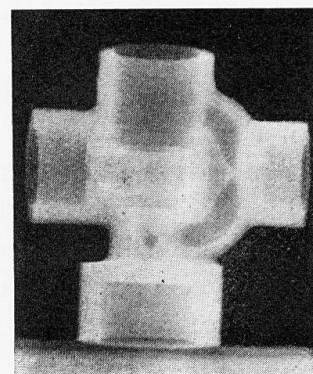


Fig. 6.

### Exécution des radiographies.

Le radium ou le radon peuvent être indifféremment employés, comme nous venons de le dire. Le choix dépend uniquement de la quantité de radium dont on dispose.

Quand on se sert de radon, il est enfermé dans une capsule ayant les dimensions d'une cartouche de calibre 22. Dans le but d'absorber les rayons  $\alpha$  et  $\beta$ , dangereux physiologiquement, et sans utilité pour la radiographie, la capsule est enfermée dans une enveloppe de cuivre, d'argent ou de platine, ces

métaux empêchant le passage des rayons nocifs, tout en laissant passer les rayons Gamma.

L'avantage d'une aussi petite source d'émission de rayons Gamma n'a pas besoin d'être expliqué.

Les photographies peuvent être faites en plaçant la capsule à l'intérieur d'une pièce.

L'émission des rayons Gamma étant sphérique, on peut aussi faire plusieurs photographies à la fois.

Sur la photographie qui représente une coulisse de canon en acier moulé

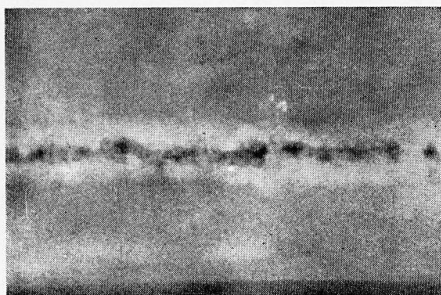


Fig. 7.

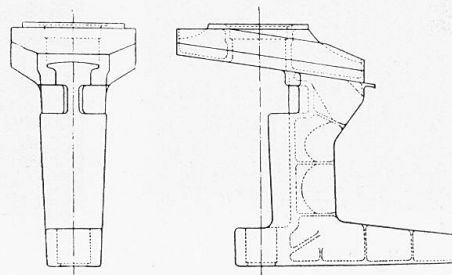


Fig. 8.

d'une épaisseur de 100 mm, on a pu impressionner 50 films d'un seul coup. Les images obtenues sont parfaitement nettes.

Voici maintenant une pièce de 250 mm de hauteur, avant et après radiographies.

Puis une soudure de 25 mm.

La soudure est poreuse, et tous ses défauts sont mis en évidence.

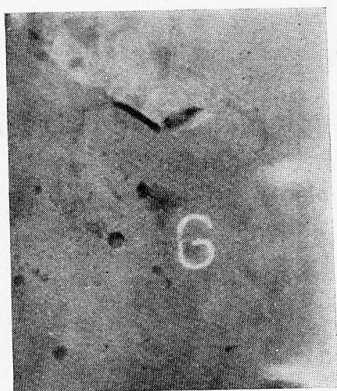


Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.

Le travail le plus intéressant qui ait été fait sous la direction du Capitaine de Vaisseau Oberlin est l'inspection de l'étambot en acier moulé du croiseur « CHESTER ». Cette pièce pesait 9 tonnes. Elle avait la forme de la *figure 8*. Des défauts s'étant révélés, on les avait réparés par soudure, mais un doute restait sur la qualité générale de la pièce.



Une inspection au moyen des rayons Gamma fut décidée et réalisée au moment du passage du « CHESTER » en cale sèche à Norfolk.

Nous donnons quelques-unes des 24 photographies qui ont été prises à ce moment-là et qui ont amené l'Amirauté Américaine au remplacement de la pièce.

Les photographies n<sup>os</sup> 10 et 11 sont continues, la même crique s'y retrouve. Elle avait une longueur totale de 500 mm. Les points noirs correspondent à des soufflures. Les sections examinées avaient 37,5 mm. d'épaisseur.

La *figure 12* correspond à la radiographie de la *figure 9*. Elle représente la

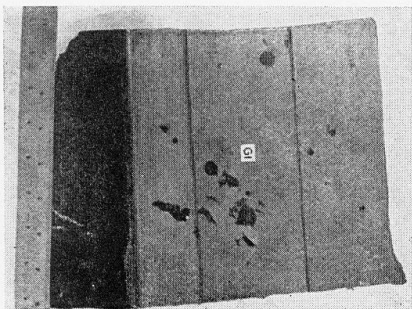


Fig. 12.

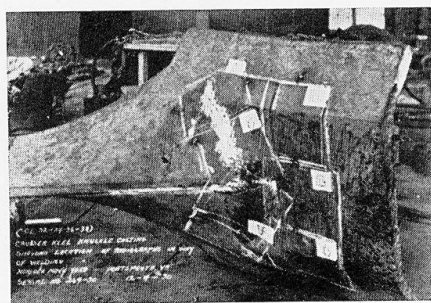


Fig. 13.



Fig. 14.

pièce coupée et confirme toutes les indications données par les rayons Gamma.

Les rayons Gamma furent également appliqués sur le même croiseur à l'examen d'une pièce de quille.

L'épaisseur de cette pièce variait de 62,5 mm. à 175 mm. La radiographie a été prise à l'endroit le plus épais. Elle indique la présence d'une crique très importante.

D'autres exemples n'ajouteraient rien à cet exposé.

H. MICHEL,

Directeur de la Soudure Électrique Autogène S. A. Arcos, Bruxelles.

La sécurité d'une construction soudée dépend en première ligne de la qualité des soudures et celle-ci, à son tour, dépend de nombreux facteurs.

Un certain nombre de ces facteurs peuvent être mesurés mathématiquement ; d'autres, au contraire, sont du domaine psychologique. Ce serait donc une erreur que de vouloir contrôler les soudures par une épreuve unique.

L'objet de la présente étude est d'établir une séparation entre les deux ordres de facteurs et de préciser pour chacun d'eux une méthode de contrôle indépendante.

Tout autre procédé empêche de déterminer l'origine d'un défaut éventuel.

#### 1) **Éléments dont les caractéristiques peuvent être déterminées mathématiquement.**

On peut déterminer par des moyens scientifiques et avec une grande précision, les caractéristiques propres des matériaux mis en œuvre, c'est-à-dire des soudures.