

**Zeitschrift:** Revue économique franco-suisse  
**Herausgeber:** Chambre de commerce suisse en France  
**Band:** 50 (1970)  
**Heft:** 1: Le métal

**Artikel:** Les alliages spéciaux : auxiliaires de la vie moderne  
**Autor:** Josso, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-887917>

### **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:** 23.02.2026

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

# LES ALLIAGES SPÉCIAUX, AUXILIAIRES DE LA VIE MODERNE

E. JOSSO

INGÉNIEUR AU CENTRE DE RECHERCHES D'IMPHY,  
DE LA SOCIÉTÉ DES FORGES ET ATELIERS DU CREUSOT

Trop souvent ignorés du Public, parce que fabriqués en tonnages modestes par rapport aux aciers courants ou même inoxydables, certains alliages spéciaux n'en jouent pas moins un rôle primordial dans des secteurs variés de la vie moderne : confort domestique, appareillage électroménager, horlogerie, transports, télécommunications, défense nationale, techniques d'avant-garde où ils interviennent en quantités unitaires minimales, mais de façon déterminante dans le contrôle du fonctionnement des

appareils, sous forme de composants électriques ou électroniques ou de mécanismes d'horlogerie. Comme tels, leur disponibilité est un facteur primordial de compétitivité des industries utilisatrices. Parmi les plus importants de ces métaux spéciaux figurent les alliages fer-nickel, fer-nickel-chrome, fer-cobalt et fer-nickel-cobalt, dont l'intérêt réside essentiellement dans les propriétés physiques (dilatabilité, magnétisme, résistivité) ou dans les propriétés élastiques exceptionnelles.

## ALLIAGES A DILATABILITÉ CONTRÔLÉE

Le premier en date, et probablement le plus connu, est l'INVAR (R), alliage à 36 % de Ni, dont la première coulée fut élaborée aux Aciéries d'Imphy, dans le Nivernais, en 1895, à la demande du Suisse Ch.-Ed. GUILLAUME, futur Prix NOBEL. Ce produit, pratiquement indilatable dans un domaine de température étendu autour de l'ambiante, s'est donc imposé d'emblée en métrologie et dans les techniques scientifiques avancées : instruments de précision, cavités

résonnantes, lames de condensateurs variables de haute précision, débouché noble mais, à la vérité, de fort modeste tonnage. Par la suite, il a su rapidement s'implanter dans un domaine plus directement pratique et s'est frayé une place importante dans les dispositifs de commande de nombre d'installations thermostatiques chargées de maintenir une température constante dans un appareil, une enceinte ou un lieu d'habitation. Ses applications sont devenues si nombreuses qu'il est couramment élaboré maintenant en coulées de 15 à 20 tonnes.

(R) Marques déposées de la Société des Forges et Ateliers du Creusot.



Une variante de cet alliage a été adaptée en vue d'acquiescer le minimum de dilatabilité aux températures très basses, ce qui a conduit à une véritable révolution dans la conception des réservoirs et des conduites de gaz liquéfiés. L'application la plus spectaculaire dans cette discipline est illustrée par la construction de navires méthaniers à cuves intégrées. Une des premières réalisations dans ce domaine et la plus importante à ce jour est le méthanier POLAR ALASKA de 71 500 mètres cubes construit par les chantiers suédois KOCKUMS, suivant la technique mise au point par GAZ-TRANSPORT, avec du métal provenant des ACIÉRIES D'IMPHY.

De nombreuses autres compositions, qu'il serait fastidieux d'énumérer, possèdent des dilatabilités adaptées au scellement à des verres bien déterminés. La plus importante, connue en France sous le nom de DILVER P (R) et dans les pays anglo-saxons sous le nom de KOVAR, contient 29 % Ni et 17 % Co, le reste étant du fer. Cet alliage possédant pratiquement le même coefficient de dilatation que le molybdène a supplanté depuis longtemps ce dernier, plus coûteux et trop fragile, dans les scellements aux verres tendres. Universellement utilisé, on le rencontre aussi bien dans la fabrication de puissants redresseurs de courant pour motrices électriques que dans la confection des minuscules coupelles pour supports de transistors et de circuits intégrés. Ce matériau qui doit répondre simultanément à un nombre important de conditions, tant physiques que chimiques, avec une marge de dispersion très étroite, pose au métallurgiste de difficiles problèmes concernant le respect de la composition et de la pureté.

Associés par une soudure à plat à des alliages à haute dilatabilité (fer-nickel-manganèse ou cuivre-nickel-manganèse) les alliages à faible dilatabilité (INVAR-DILVER P) forment des bilames (bimétal) qui possèdent la propriété de s'incurver sous l'effet des changements de température. Les applications des bilames, sous les formes les plus diverses, sont innombrables : organes moteurs de thermostats, organes sensibles de thermomètres métalliques, de thermographes enregistreurs, de contrôleurs de température, d'avertisseurs d'incendie, organes de commande de starters automatiques ou de feux clignotants, éléments résistants de disjoncteurs électriques, etc.

#### ALLIAGES A PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES SPÉCIALES

Dans ce domaine, comme dans le précédent, les alliages fer-nickel jouent un rôle prééminent. Pour ne parler que des principaux, nous citerons :

— l'alliage à 48 % Ni à haute perméabilité et à forte induction de saturation, utilisé à la réalisation de transformateurs et appareils de mesure, noyaux et armatures de relais (transports et télécommunications), translateurs, membranes vibrantes, relais à tiges, etc.

— le MUMÉTAL, alliage à perméabilité exceptionnellement élevée et à très faibles pertes d'énergie, issu du PERMALLOY (78,5 % Ni) découvert en 1923 par Elmen, et qui, sous ses diverses variantes, constitue le matériau de choix pour les transformateurs d'intensité, les filtres, les réactances, les blindages magnétiques, les appareils de mesure, les têtes de lecture de magnétophone. Les performances de cet alliage varient dans de vastes limites suivant le degré de pureté et le traitement thermique. La qualité supérieure est réservée aux disjoncteurs différentiels, organes de sécurité nouveaux, protecteurs très sensibles et très efficaces des installations électriques et de leurs utilisateurs.

Les propriétés de saturation de ces matériaux en font des produits d'élection pour la réalisation des amplificateurs magnétiques, appareils très robustes d'un fonctionnement très sûr dont les applications industrielles ne cessent de s'étendre (régulateurs de tension, de vitesse, de fréquence, servo-mécanismes, etc.). Les autres utilisations des alliages à cycle d'hystérésis rectangulaire vont des inductances de redresseurs mécaniques pour courants forts, aux organes de mémoire en passant par les relais magnétiques statiques dans lesquels aucune pièce n'entre en mouvement et qui se trouvent, par cela même, à l'abri de toute usure.

Dans le domaine de la chronométrie, le MUMÉTAL associé à un élément vibrant à fréquence constante (voir ci-dessous) a beaucoup contribué à la miniaturisation des montres à entretien électronique.

Bien que le fer et le nickel soient l'un et l'autre fortement magnétiques, leurs alliages contenant de 28 à 30 % Ni se révèlent peu magnétiques à la température ambiante et leur magnétisme diminue très vite quand la température s'élève. Une application très élégante de cette propriété anormale a été trouvée dans les appareils de mesure comportant un aimant permanent : les alliages en question servent à fabriquer des shunts magnétiques qui dérivent une fraction du flux créé par l'aimant, variable avec la température et calculée de façon à compenser la variation thermique de sensibilité due à l'action simultanée de la température sur la géométrie de l'appareil, sur la résistance électrique de ses circuits et sur le flux de l'aimant. Avec un shunt approprié, les mesures sont ainsi rendues indépendantes de la température. Il se fabrique chaque année des millions de shunts thermomagnétiques, qui équipent toutes sortes de compteurs ainsi que les tachymètres d'automobiles et d'aviation.



Tout différents des précédents se présentent les alliages fer-cobalt dont le plus répandu contient 49 % de fer, 49 % de cobalt et 2 % de vanadium. Leur perméabilité magnétique n'a rien d'exceptionnel et leurs pertes magnétiques restent de l'ordre de celles du fer. Leur intérêt fondamental réside dans leur induction à saturation qui se révèle largement supérieure à celle de tous les autres produits magnétiques connus (24 000 Gauss contre 21 500 Gauss pour le fer pur). Cette propriété les autorise à travailler à des niveaux d'induction inaccessibles à tous les autres matériaux. Il en résulte un gain de poids et d'encombrement de l'ordre de 15 à 30 % dans les génératrices, moteurs ou transformateurs, précieux dans les techniques où les problèmes de charge ou de volume prennent le pas sur les considérations économiques. C'est pourquoi les alliages fer-cobalt ont trouvé d'importants débouchés dans les techniques Aéronautique et Aérospatiale, participant en particulier à l'appareillage électrique de l'avion supersonique CONCORDE.

Une autre application originale de ces matériaux s'ouvre dans le moteur linéaire pour aérotrain étudié par la Société MERLIN & GÉRIN à partir de bandes fournies par les ACIÉRIES D'IMPHY.

Enfin, les membranes vibrantes en alliage fer-cobalt-vanadium améliorent sensiblement la qualité des combinés téléphoniques.

#### ALLIAGES A PROPRIÉTÉS ÉLASTIQUES SPÉCIALES

Directement dérivée de l'étude approfondie des propriétés physiques de l'INVAR par Ch.-Ed. GUILLAUME, la création de l'ELINVAR (R), alliage fer-nickel-chrome-tungstène, résulte de la collaboration de ce savant avec l'équipe de chercheurs d'IMPHY animée à l'époque par P. CHEVENARD. C'est le premier en date des alliages à coefficient thermoélastique nul qui voient leur module d'élasticité rester inchangé dans un domaine de température de l'ordre de  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ , autour de la température ambiante. Cette découverte a bouleversé la technologie des montres de précision en rendant inutiles les divers artifices souvent fort ingénieux utilisés jusqu'alors pour compenser la différence de marche en fonction de la température. Il suffit désormais d'entraîner le balancier par un spiral en ELINVAR pour assurer à la montre ou au chronomètre une marche pratiquement indépendante de la température environnante. De même, un diapason ou un roseau vibrant en ELINVAR possèdent une fréquence de vibration immuable dans un large domaine de température.

Depuis la naissance de l'ELINVAR plusieurs autres matériaux à module d'élasticité constant ont été mis sur le marché. Le plus remarquable est un alliage fer-nickel à 40-42 % Ni, additionné de chrome, de titane et éventuellement d'autres éléments (DURINVAL (R)-Ni SPAN C), qui possède d'excellentes propriétés de compensation thermique et fait montre d'une résistance mécanique supérieure à celle de l'ELINVAR. Cet alliage possède en principe les mêmes applications que l'ELINVAR, mais en fait ce dernier trouve son domaine d'élection dans les spiraux de montres de précision et les diapasons alors qu'on préfère généralement le DURINVAL (Ni SPAN C) pour les lignes à retard pour l'électronique, résonateurs, membranes pour capsules manométriques, tubes de BOURDON, ressorts linéaires pour appareils de mesure, etc.

Dans le domaine des ressorts à très hautes performances, il a été créé un alliage à très haute résistance mécanique (charge de rupture :  $250/\text{kg mm}^2$ ) parfaitement amagnétique et pourvu d'un module d'élasticité élevé, capable d'emmagasiner une énergie maximale dans un volume minimal. Cet alliage (PHYNOX (R)) contient environ 40 % de cobalt et des proportions importantes de nickel, de chrome et de molybdène; il est très pauvre en fer. Sa résistance chimique dans des milieux variés s'avère exceptionnelle et sa tenue aux sollicitations mécaniques répétées très grande. Il trouve ses applications dans toutes sortes de ressorts de forme et constitue le matériau de choix pour les ressorts moteurs de montres, inoxydables, indéformables, amagnétiques et pratiquement incassables.

#### CONCLUSION

Il existe de nombreux autres alliages Fe-Ni ou Fe-Ni-Cr qui sont utilisés pour leurs propriétés particulières, sans oublier bien entendu les nuances pour résistances électriques.

Tous ces alliages ont en commun leur conception orientée pour chacun d'entre eux sur des applications très spécifiques. Ils nécessitent une métallurgie particulière, un style de développement et de diffusion qui leur est propre. Considérés au début du siècle comme des curiosités, ils jouent maintenant un rôle essentiel dans la vie quotidienne et au service des nouvelles techniques en plein essor : automation, énergie nucléaire, astronautique.

Intéressants puis utiles dans le passé, indispensables dans le présent, ils se préparent un avenir que les spécialistes estiment devoir être de nouveau jalonné de brillantes réussites.