

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 83 (1957)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Les procédés Neidhart et leurs applications à l'industrie  
**Autor:** Tschumi, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-62783>

### **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:** 26.01.2026

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

### 7. Conclusions

Les essais que nous avons exécutés au Laboratoire d'hydraulique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne (et certains résultats publiés par le Laboratoire de Munich) nous ont permis de déterminer les pertes de charge se produisant dans divers types de raccords en T de conduites circulaires. Ces mesures ont porté à la fois sur les cas simples d'écoulements entièrement déviés et sur ceux d'écoulements fractionnés entre les branches du T.

L'interprétation de ces résultats n'est guère possible par voie analytique dans le cas général. Cependant, dans le cas particulier de l'écoulement provenant entièrement de la branche latérale, cette analyse a été tentée par M. le professeur Favre, et nous a servi de base à l'établissement de formules empiriques plus générales. Nous avons en particulier établi les lois approximatives des pertes de charge correspondant à des débits fractionnés.

Ces résultats ont été par ailleurs appliqués au calcul des chambres d'équilibre<sup>1</sup> et ont permis de montrer que l'oscillation en masse est légèrement plus faible en tenant compte des pertes de charge effectives. Par contre, la stabilité du réglage d'une usine hydro-électrique est moins bien assurée qu'on ne pourrait le croire en tenant compte de l'effet de l'énergie cinétique

<sup>1</sup> La présente étude est une adaptation d'une partie de l'un des chapitres d'un ouvrage consacré au calcul de ces chambres, sous le titre « Chambres d'équilibre, analyse de quelques hypothèses usuelles, méthodes de calcul rapides », F. Rouge & C<sup>ie</sup>. Ed., Lausanne, 1956.

de l'eau de la galerie au droit de l'insertion de la chambre d'équilibre. Cet effet stabilisant peut être fréquemment réduit de 30 %, parfois même davantage.

En terminant cette étude, nous ne saurions manquer de remercier ici pour leurs conseils bienveillants, M. le professeur D. Bonnard, sous la direction duquel nous avons effectué les essais au Laboratoire d'hydraulique, et M. le professeur D. Gaden, dont les nombreuses suggestions nous ont été précieuses.

### BIBLIOGRAPHIE

1. CRAYA : *Réflexions théoriques sur les pertes de charge dans les branchements à angles vifs, et confrontation avec certains résultats expérimentaux*. Communication à la Société hydrotechnique de France, 16 novembre 1948, voir Houille blanche A, 1949, p. 344.
2. FAVRE, H. *Sur les lois régissant le mouvement des fluides dans les conduites en charge avec adduction latérale*. Revue Universelle des Mines, décembre 1937.
3. JAEGER, CH. *Technische Hydraulik*. Birkhäuser, éd., Bâle 1949 (traduction française Dunod, éd., 1954).
4. KINNE, E. *Beiträge zur Kenntnis der hydraulischen Verluste in Abzweigstücken*. Mitt. des hydr. Instituts der Technischen Hochschule München, n° 4, 1931.
5. PETERMANN, F. *Der Verlust in schiefwinkligen Rohrverzweigungen*. Mitt. des hydr. Instituts der Technischen Hochschule München, n° 3, 1929.
6. RIED, G. *Rechnerische Ermittlung der Spiegelbewegung gedämpfter Wasserschlössern*. Wasserkraft u. wirtschaft, 1943.
7. VOGEL, G. *Untersuchungen über den Verlust in rechtwinkligen Rohrverzweigungen*. Mitt. des Hydr. Instituts der Technischen Hochschule München, n° 1, 1926, et n° 2, 1928.

## LES PROCÉDÉS NEIDHART ET LEURS APPLICATIONS A L'INDUSTRIE

par F. TSCHUMI, ingénieur, Vevey

Il peut paraître superflu de reprendre aujourd'hui le détail des procédés Neidhart. Pourtant, par le fait que ces procédés utilisent les propriétés mécaniques du caoutchouc, ils touchent à un matériau dont la science n'a pas encore percé tous les mystères. Cela veut dire qu'il n'est certainement pas inutile d'examiner le problème à son origine.

L'origine, c'est une substance élastique et résistante, extraite par incision de plusieurs arbres ou lianes, de la famille des heveas, de l'Amérique, de l'Asie, de l'Afrique tropicales. Le produit obtenu, le latex, est coagulé sitôt après sa récolte. Mais il est rarement utilisé sous cette forme, étant à ce moment thermoplastique. Grâce au procédé de vulcanisation, le produit se stabilise et acquiert, en plus, des propriétés nouvelles.

On sait que la vulcanisation est une cuisson qui s'effectue en présence du soufre. Plus la teneur en soufre est grande et plus le produit devient dur. Indépendamment du soufre, un grand nombre d'ingrédients sont utilisés, qui permettent d'obtenir les qualités physiques et chimiques indispensables. Ces ingrédients, appelés aussi charges, permettent de réduire la teneur en caoutchouc des différents produits.

Le tableau 1 donne un aperçu de l'influence des charges sur la qualité du caoutchouc. On y voit l'influence du noir de carbone, qui augmente les propriétés mécaniques du caoutchouc et a permis à l'industrie du pneumatique, en particulier, de prendre l'essor que l'on connaît.

Le tableau 2, mélanges et ingrédients, permet de comparer la teneur en caoutchouc des différentes qualités, en même temps qu'il donne une idée de l'importance des charges et leur influence sur l'échelle des prix. En particulier, les produits de qualité moyenne utilisent dans une grande proportion des caoutchoucs régénérés provenant de résidus, vieux pneus, etc. Dans cette même catégorie, les charges de craie assurent à elles seules le 50 % du mélange. Ce sont ces charges secondaires et bon marché qui permettent la diffusion dans le commerce de la quantité d'articles utilitaires que nous employons à chaque instant.

Ce court préambule n'a d'autre but que de rendre l'ingénieur attentif à l'importance du choix du caoutchouc, surtout si l'on pense qu'au moment de son extraction, le latex n'est pas de qualité constante et que par l'adjonction des charges, les différents produits

*Aperçu des principales propriétés de quelques produits à base de gomme*

TABLEAU 1

	Unités	Pure gomme	Mélange avec noir carbone	Mélange charges inertes	Mélange résist. chaleur	Ebonite	Acier
Résistance à la rupture, à 25° C . . . . .	kg/cm <sup>2</sup>	200-260	200-260	50-70	125-175	600-800	12 500
Allongement à la rupture, à 25° C . . . . .	%	675-750	550-650	250-400	475-625	3-8	0,1
Module d'élasticité . . . . .	kg/cm <sup>2</sup>	10-13	30-40	55-70	15-20	2-3	200.10 <sup>4</sup>
Tension à 100 % d'allongement . . . . .	kg/cm <sup>2</sup>	5-8	12-17	28-38	8-15	—	—
Tension à 400 % d'allongement . . . . .	kg/cm <sup>2</sup>	20-30	100-120	—	70-90	—	—
Dureté Shore . . . . .	Shore	40-45	62-67	70-85	50-55	—	—
Déformation permanente après compression .	%	1-3	3-6	2-4	2-5	—	—
Déformation permanente après allongement .	%	3-5	8-12	30-40	40-50	—	—
Poids spécifique . . . . .	g/cm <sup>3</sup>	0,97	1,1-1,5	1,6-1,7	1,3-1,6	1,35	7,8

*Mélanges et ingrédients*

TABLEAU 2

Mélanges	Caoutchouc	Soufre	Noir carb.	Craie
Produits avec teneur élevée de caoutchouc (chambres à air) . . . . .	Sur 110 proportions			
	100	1,75	—	—
Produits pour haute résistance à l'abrasion (pneumatiques) . . . . .	Sur 170 proportions			
	100	2	44	—
Produits de qualité moyenne (articles du commerce)	Sur 341 proportions			
	75	2	régénéré charges 95	150
Produits pour isolement des conducteurs électriques	Sur 285 proportions			
	100	2	charges 102 paraffine 3	65
Mélanges pour hautes températures . . . . .	Sur 209 proportions			
	100	—	charges kaolin 50	40
Ebonite . . . . .	Sur 148 proportions			
	100	45	accél. 3	—

sont fortement influencés. Il faut donc s'attendre parfois à des différences sensibles qui peuvent être de plus ou moins 10 à 15 %, suivant les provenances.

Ainsi, l'utilisateur doit s'armer de prudence, en même temps qu'il est indispensable de connaître dans leurs principes les lois mécaniques de ce matériau, soumis à différents efforts.

Pratiquement, le caoutchouc est incompressible. Cela veut dire que les qualités de haute élasticité qui apparaissent sur le tableau 1 ne se retrouvent pas dans le

travail du caoutchouc à la compression. Si elle peut être utilisée, ce n'est qu'en permettant à la partie comprimée de se répandre facilement, et si possible dans toutes les directions.

Très certainement, ce sont ces considérations qui ont poussé l'inventeur à adopter la forme de corde pour l'utilisation de ses procédés. En effet, la déformation de la section circulaire apparaît comme idéale et l'effet élastique ainsi obtenu va être utilisé de différentes façons.

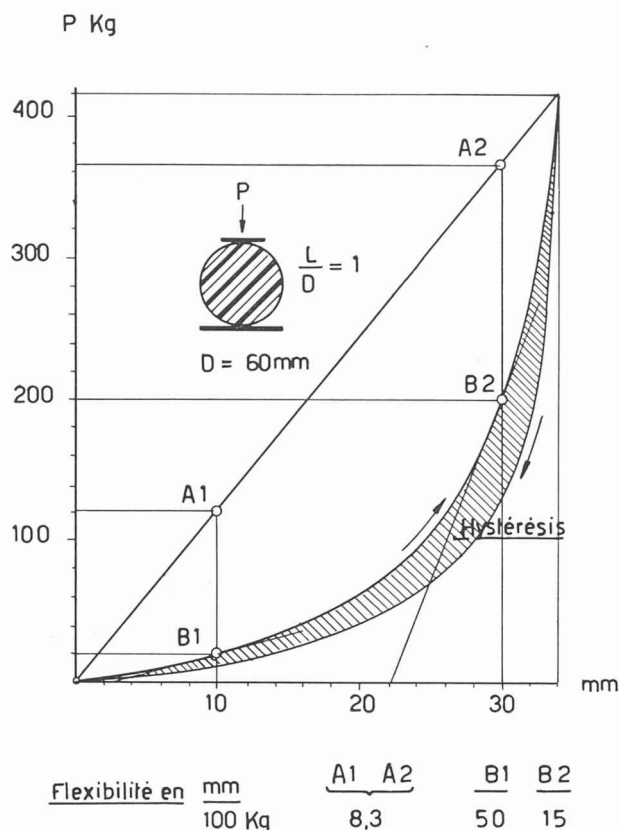


Fig. 3. — Ecrasement par compression radiale d'une corde de caoutchouc de 60 mm de diamètre et 60 mm de longueur.

Par comparaison en A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>, la caractéristique rectiligne d'un ressort métallique ordinaire.

Il nous est indispensable d'examiner un instant la courbe des efforts obtenus, en fonction de la déformation. L'exemple de la figure 3 correspond à l'écrasement par compression radiale d'une corde de caoutchouc de 60 mm de diamètre et 60 mm de longueur.

Si nous désignons par  $D$  le diamètre  
 $L$  la longueur

le rapport  $\frac{L}{D} = 1$  correspond au rapport unité.

Nous reviendrons plus loin sur ce point important. Nous faisons également abstraction, ici, de toutes les influences secondaires qui peuvent modifier l'allure de la courbe, soit la température ambiante, la vitesse de la déformation, la présence éventuelle d'éléments chimiques, l'état de surface des plateaux.

Ce qu'il nous importe de reconnaître, c'est une courbe de flexibilité variable, par rapport à la déformation rectiligne du ressort métallique ordinaire. C'est là une des caractéristiques que nous offre le caoutchouc, caractéristique combien précieuse dans le domaine qui nous occupe, soit la suspension des véhicules.

Nous profitons de ce même graphique pour mesurer l'importance de la courbe d'hystérésis, obtenue lors du retour à la position zéro. Cet hystérésis correspond donc à la différence entre l'énergie fournie et l'énergie restituée au moment de la déformation. Il ne s'agit pas d'une valeur qui se laisse facilement déterminer. L'hystérésis dépend en effet essentiellement de la nature du caoutchouc utilisé, de sa vulcanisation et de ses charges éventuelles.

Le graphique laisse entrevoir un amortissement considérable de l'effet élastique. Pratiquement cependant, il est bien rare de pouvoir travailler avec une déflexion maximum. Cela veut dire que le travail se fera sur une partie de la courbe seulement, ce qui se traduit par un amortissement assez faible, quoique pas négligeable.

Les procédés Neidhart sont nombreux et divers. Nous nous limiterons aujourd'hui à l'examen de quelques cas développés de façon industrielle dans différents pays, étant malheureusement obligés, pour des raisons majeures, de laisser momentanément de côté des problèmes passionnants.

#### La cellule A

Il s'agit de la forme originelle, constituée par deux cellules carrées, dont l'une est à l'intérieur de l'autre et décalée de 45 degrés. Dans les intervalles libres entre les deux cellules, la corde de caoutchouc est pressée et reste comprimée à un pourcentage de compression bien défini (fig. 4).

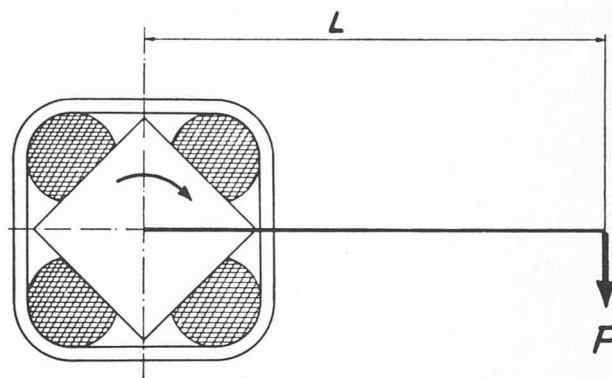


Fig. 4.

Le pourcentage de compression initiale dépend naturellement des proportions adoptées entre la cellule extérieure et la cellule intérieure. Cette constatation nous amène automatiquement à une définition essentielle qui est celle du multiple, et que nous pouvons énumérer comme suit :

« Dans les cellules Neidhart, de quelque nature qu'elles soient, le rapport des puissances est fonction des dimensions des cellules intérieures et extérieures, ces dimensions restant toujours, pour des grandeurs différentes, un multiple du diamètre de caoutchouc utilisé. »

Le fonctionnement de la cellule est simple. Une force  $P$ , agissant sur un levier  $L$ , solidaire de l'une ou l'autre des cellules, imprime un mouvement de rotation qui a pour effet de comprimer davantage la corde de caoutchouc. On voit que ce système est réversible et l'on pressent que la courbe de compression obtenue en fonction du déplacement angulaire est semblable à celle que nous venons d'examiner sous figure 3.

Or, la pratique a bien vite montré que malgré toutes ses qualités, cette courbe à flexibilité variable naturelle ne garantissait pas toutes les conditions et exigences de la technique, spécialement dans le domaine des suspensions de véhicules. On sait en effet que la valeur

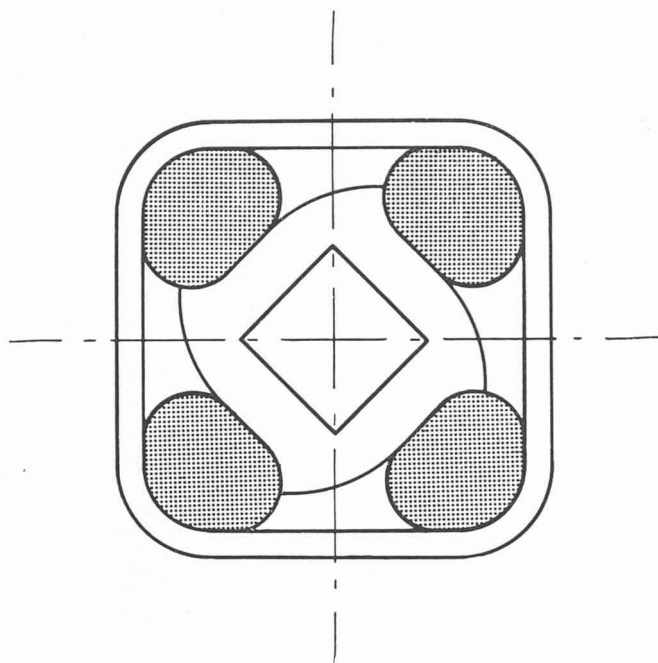


Fig. 5.

de la fréquence d'oscillation joue ici un rôle essentiel, et que cette fréquence se détermine par la valeur de la sous-tangente en un point considéré de la courbe de flexion. Le problème se posait donc de façon naturelle : construire une cellule dont la courbe de flexion puisse être modifiée à volonté et correspondant de ce fait à une fréquence propre d'oscillation choisie d'avance.

La cellule B garantit ces conditions et sa valeur est telle qu'elle est aujourd'hui universellement adoptée. Par contre, à l'inverse de la cellule A, elle n'est pas réversible. Sa forme est donnée par la figure 5.

Comme on le voit, le carré intérieur est remplacé par une sorte de came. Le caoutchouc, au lieu d'être comprimé dans l'angle de la cellule extérieure, subit une *compression par roulement*, compression contrôlée par le module de la came.

Afin de mieux représenter la différence entre les deux systèmes A et B, nous donnons, sous figure 6, un graphique qui correspond à deux cellules utilisant chacune un caoutchouc de 60 mm et de rapport unité.

Il s'agit là d'un exemple, donc d'une possibilité. Bien entendu, moyennant l'observation de certains principes, la forme de la came peut varier infiniment. On conçoit que les problèmes diffèrent, suivant qu'il s'agisse de la suspension d'un véhicule destiné au transport de fruits ou de la suspension d'un char d'assaut.

#### Quelques notions de puissance

L'examen d'une cellule montre immédiatement que sa puissance va dépendre de deux variables. Premièrement, les multiples de dimensions dont nous avons déjà parlé et, secondement, du volume de caoutchouc utilisé. Ce volume dépend lui-même de deux valeurs, sa section et sa longueur. Nous touchons ici un point très important que nous désignerons vulgairement par l'*influence des bouts*.

Il est facile de se représenter une corde de caoutchouc pressée entre deux faces parallèles. Une coupe trans-

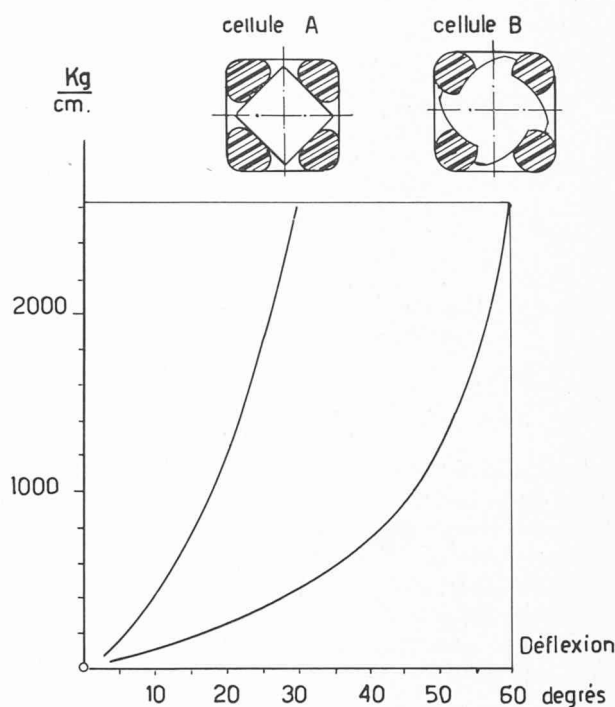
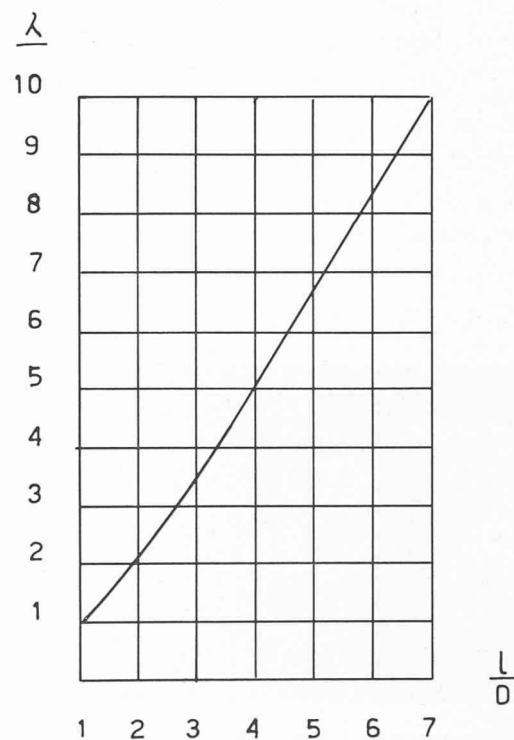


Fig. 6. — Courbes comparatives de cellules A et B de même charge.



diamètre du caoutchouc  $D$   
longueur REELLE du caoutchouc coupé  $l$   
longueur EFFECTIVE  $\lambda = \frac{l}{D}$   
Si  $\frac{l}{D} > 7$   $\lambda = \sqrt{2}$

Fig. 7. — Facteur de correction  $\frac{L}{D}$  pour le calcul de la puissance d'un élément de cellule Neidhart.

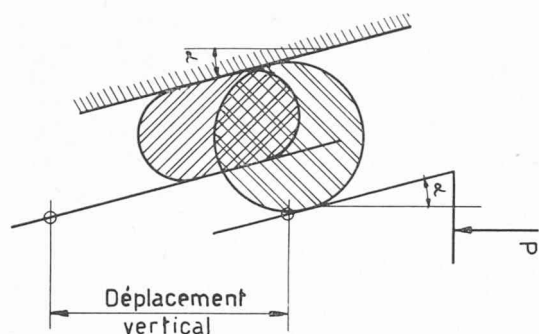


Fig. 8. — Compression par effet de coin.

versale montre une déformation elliptique, plus ou moins plate suivant le degré de compression.

En vue longitudinale, chaque extrémité produit un enflement concave. Cet enflement est préjudiciable et diminue l'effort élastique. Si l'on s'imagine une corde de 20 cm de longueur comprimée à un pourcentage quelconque, nous obtenons deux déformations d'extrémité. Par contre, si cette même corde est tronçonnée en cinq longueurs de 4 cm, nous avons dix déformations, donc cinq fois plus de perte de puissance.

Cet exemple montre l'importance de ce facteur dans le calcul de la puissance d'un élément Neidhart.

Si nous désignons par

*longueur réelle*, la longueur correspondant au caoutchouc coupé,

*longueur effective*, la longueur entrant en ligne pour le calcul de la puissance, nous avons la relation

*longueur effective* = *longueur réelle* ·  $\lambda$

Ce facteur  $\lambda$  tient compte de l'influence des bouts. Il est donné par la table de la figure 7 et dépend du

rapport  $\frac{L}{D}$ .

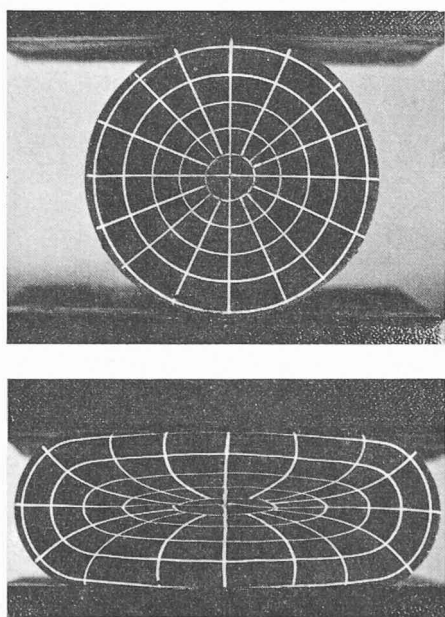


Fig. 9. — Déformation, par compression radiale, d'une corde de caoutchouc.

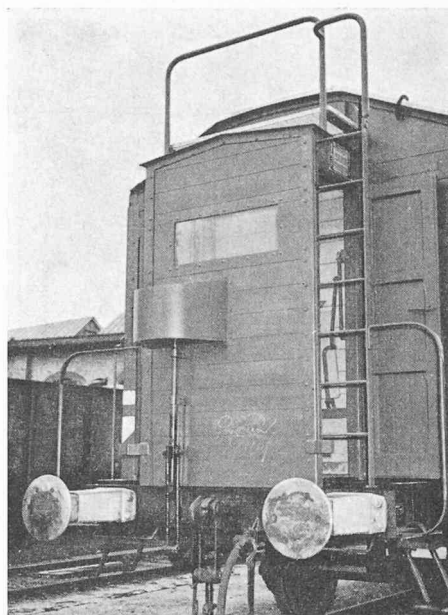


Fig. 10. — Tampon Neidhart, dont une série est actuellement en période d'essais sur le réseau C.F.F.

C'est ici que nous retrouvons l'importance du *rapport unité* dont nous avons déjà parlé.

Tenant compte de ce qui précède, la puissance d'un élément Neidhart A ou B est donnée par la formule

$$\text{Moment max.} = C \cdot D^2 \cdot L \text{ en kg cm}$$

formule dans laquelle

$C$  = coefficient de forme de la cellule utilisée ;

$D$  = diamètre de la corde de caoutchouc utilisé ;

$L$  = la longueur effective.

On voit ainsi que lorsque le coefficient de forme est déterminé pour un type de cellule, il est possible de calculer la puissance de n'importe quelle dimension se rapportant à ce même type.

L'art du praticien sera donc de déterminer les dimensions de sa cellule sur la base des conditions imposées par le constructeur de véhicule et en tenant compte

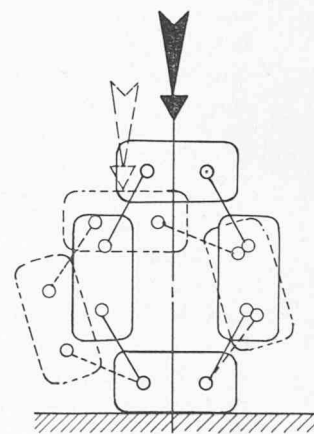
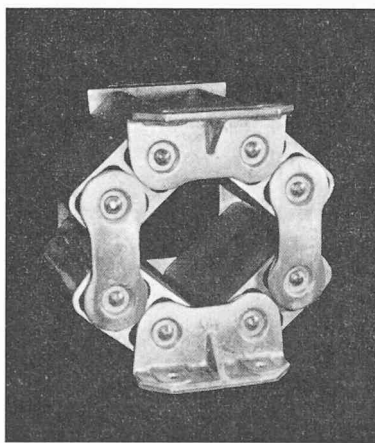


Fig. 11. — Les Fender Neidhart assurent, sur le plan horizontal, une déformation dans toutes les directions.



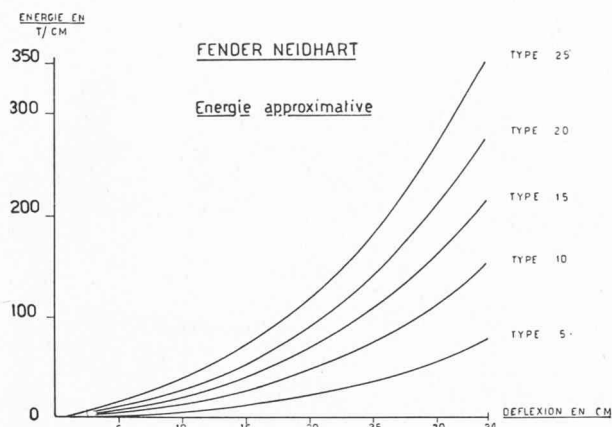


Fig. 12. — Capacité des Fender Neidhart.

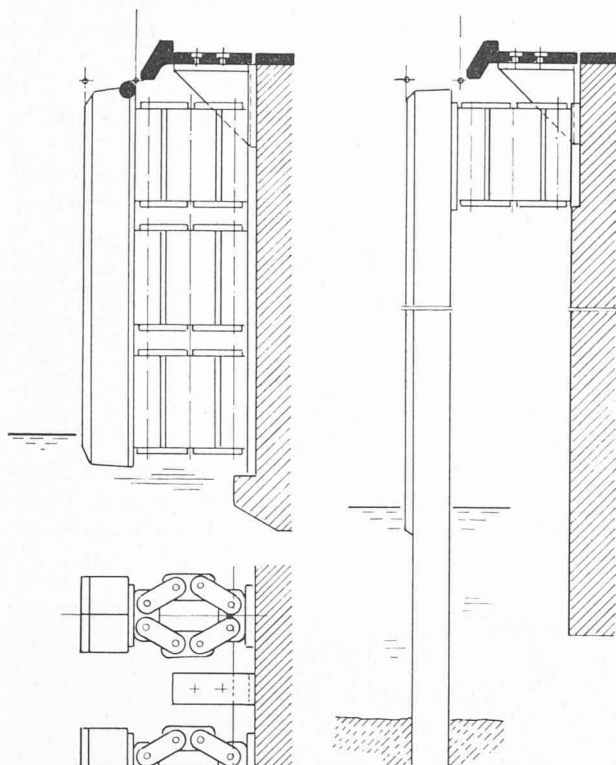


Fig. 13 a. — Montage de parois élastiques, sur caissons flottants en béton armé.

Fig. 13 b. — Montage sur piliers isolés.



Fig. 14. — Jetée anglaise, équipée de Fender Neidhart.

des lois naturelles, de la fréquence, de la flexibilité et de l'amortissement.

Nous avons jusqu'à ce moment parlé d'éléments dans lesquels la compression est assurée par un mouvement de rotation de l'une ou l'autre des cellules. Il est tout aussi aisé de produire une compression par l'intermédiaire d'un coin. Par déplacement de l'une des faces, la compression s'effectue également par un effet de roulement. Notons que les deux faces des coins peuvent être à rapport constant ou variable, ce qui nous permet d'utiliser l'effet de came, comme dans le cas de la cellule B.

Dans le cas de l'utilisation des coins, le déplacement est naturellement rectiligne. L'effort élastique produit dépend de l'angle  $\alpha$  (fig. 8).

La lecture de ces lignes peut inciter le lecteur à se demander à quel genre de déformation le caoutchouc est effectivement soumis et surtout, quelle est la répartition des efforts à l'intérieur de cette masse plastique. Le cliché ci-contre permet de répondre à cette question et montre l'importance du noyau intérieur sur lequel convergent les lignes de force (fig. 9).

Les procédés Neidhart ont dès leur début trouvé une heureuse application dans le domaine des suspensions de véhicules. L'analyse systématique des différents phénomènes enregistrés, la reproduction en laboratoire d'avaries constatées, ont permis d'acquérir une maîtrise suffisante pour garantir des productions de série. A l'heure actuelle, des milliers de véhicules circulent dans le monde entier, munis de la suspension Neidhart.

Les possibilités d'absorption d'énergie des cellules Neidhart ont bien vite attiré l'attention des milieux des chemins de fer et de la marine. Si, pour le chemin de fer, les tampons sont encore au stade d'essais, la marine, elle, a adopté définitivement le Fender Neidhart (fig. 10).

On sait, en effet, que le développement constant des méthodes de déchargement et la nécessité de pouvoir accoupler directement les pipe-lines, ont exigé un ancrage aussi rigide que possible. Les Fender élastiques Neidhart garantissent cette condition et leur déflexion est de 34 cm. Cette importante déflexion permet aux navires de suivre le mouvement engendré par les vagues et la marée. Le fait que ces éléments peuvent se mouvoir pratiquement dans toutes les directions sur le plan horizontal assure des possibilités qui étaient insoupçonnées, et surtout protègent les bateaux des efforts de frottement (fig. 11).

Les éléments élastiques sont montés par unités. La construction est normalisée et correspond aux types 5, 10, 15, 20, 25 tonnes. La table de la figure 12 donne une idée de leur capacité.

Les Fender Neidhart se montent de différentes façons, sur piliers fichés dans le sol sous-marin ou, pour permettre la construction de parois élastiques, montées sur caissons flottants, par exemple (fig. 13, a et b).

La figure 14 montre une jetée anglaise équipée de Fender Neidhart. Sans aucun doute, nos ports fluviaux et nos débarcadères profiteront un jour de ces expériences positives.

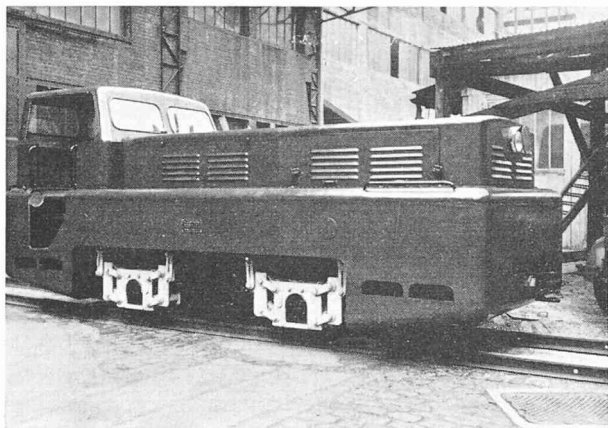


Fig. 15. — Locotracteur pour voie métrique ou normale, construit en série par les Etablissements Campagne, à Paris.  
Tare : 19 tonnes.

Les suspensions sont prévues pour absorber des inégalités de voie de  $\pm 50\text{mm}$  sans qu'aucune roue ne se soulève.  
Moteur Diesel Berliet de 120 CV.

Il n'est pas nécessaire de faire preuve de beaucoup d'imagination pour se représenter les multiples possibilités d'application des procédés Neidhart.

Montées en série ou en parallèle, commandées par leviers, crémaillères ou directement placées en bout d'arbre, les cellules s'adaptent à tous les domaines de l'industrie mécanique, électrique ou du génie civil.

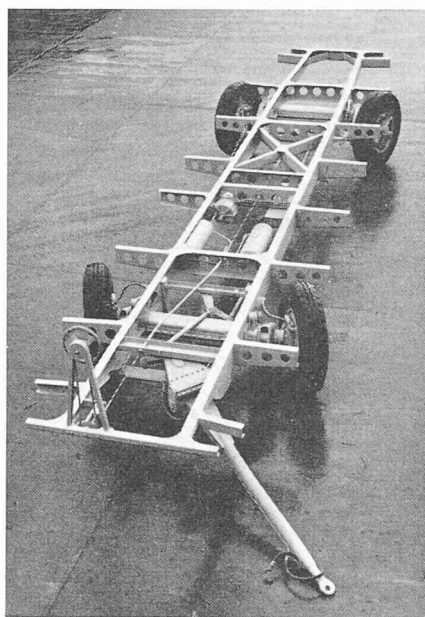


Fig. 17. — Châssis articulé, de la maison Draize S. A., Neuchâtel, avec suspensions Neidhart.

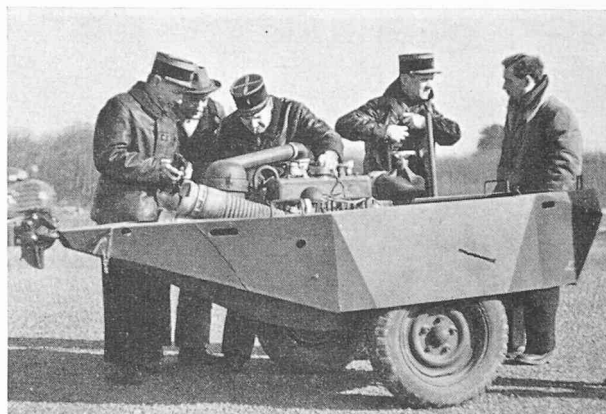


Fig. 16. — La pompe-incendie « Monitor » à grande puissance, d'une portée dépassant 100 mètres, utilisée par les pompiers de Paris et l'Armée française. — Suspensions Neidhart.

Les quelques photographies qui, indépendamment du texte, illustrent ce court exposé, permettent de se rendre compte des avantages de ces applications. Applications simples en apparence, mais qui demandent pourtant beaucoup de sérieux dans l'établissement de leurs dimensions, comme dans la *qualité* de leur exécution. Nous insistons sur ce fait, dans le seul but d'éviter des expériences fâcheuses, que les connaissances actuelles permettent d'éviter.

Nous n'avons fait qu'effleurer un vaste problème. Nous avons intentionnellement laissé de côté les détails, à cause même de la diversité des applications.

Nous souhaitons pourtant que cet aperçu soit de nature à encourager l'application des procédés Neidhart, rendant par là même un juste hommage à un inventeur de chez nous.



Fig. 18. — Car allemand Setra 6S de la maison Kässbohrer, muni de suspensions Neidhart.

## CORRESPONDANCE

### Ponts de béton ou ponts de fer

A la suite de notre article publié dans le *Bulletin technique de la Suisse romande* du 16 février 1957, M. Charles Dubas, directeur des services de construc-

tion métallique aux Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey S. A., nous a transmis une importante documentation se rapportant à quelques projets d'ouvrages en construction métallique qui n'ont pas été retenus pour l'exécution.

A l'examen de ces pièces, il semble bien, dans quelques cas seulement, que l'on puisse déceler un parti