

# Projet de Construction Mécanique

## Eléments de Machine

## Composants de la Mécanique

Cours de Construction Mécanique ME-105  
Deuxième Semestre - Première Année  
Sections ELectricité et Matériaux



## Ressort casse-noix

<http://www.ledindon.com/decoration-interieure/8977-ressort-casse-noix.php>

## Kangourou sur ressort

<http://www.decapro.com/200193090/kangourou-sur-ressort.html>

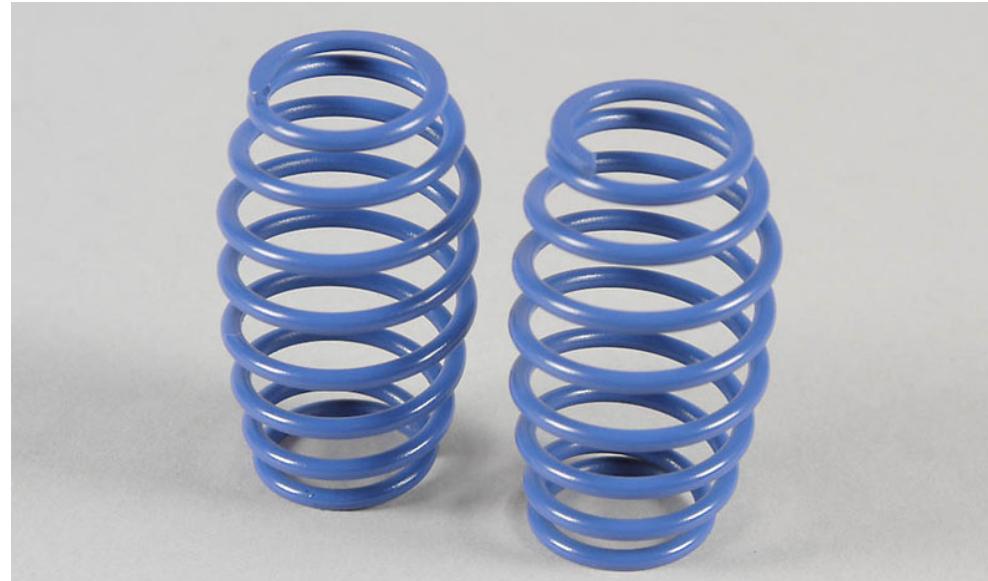




Ressort tonneau

<http://www.dm-racing.fr/Ressort-tonneau-bleu-25x53>

Ressort pêche pour carpe





Ressort (presse à ressort ferroviaire)

<http://www.sogema-engineering.com/>



Ressort jouet Nature & Découvertes

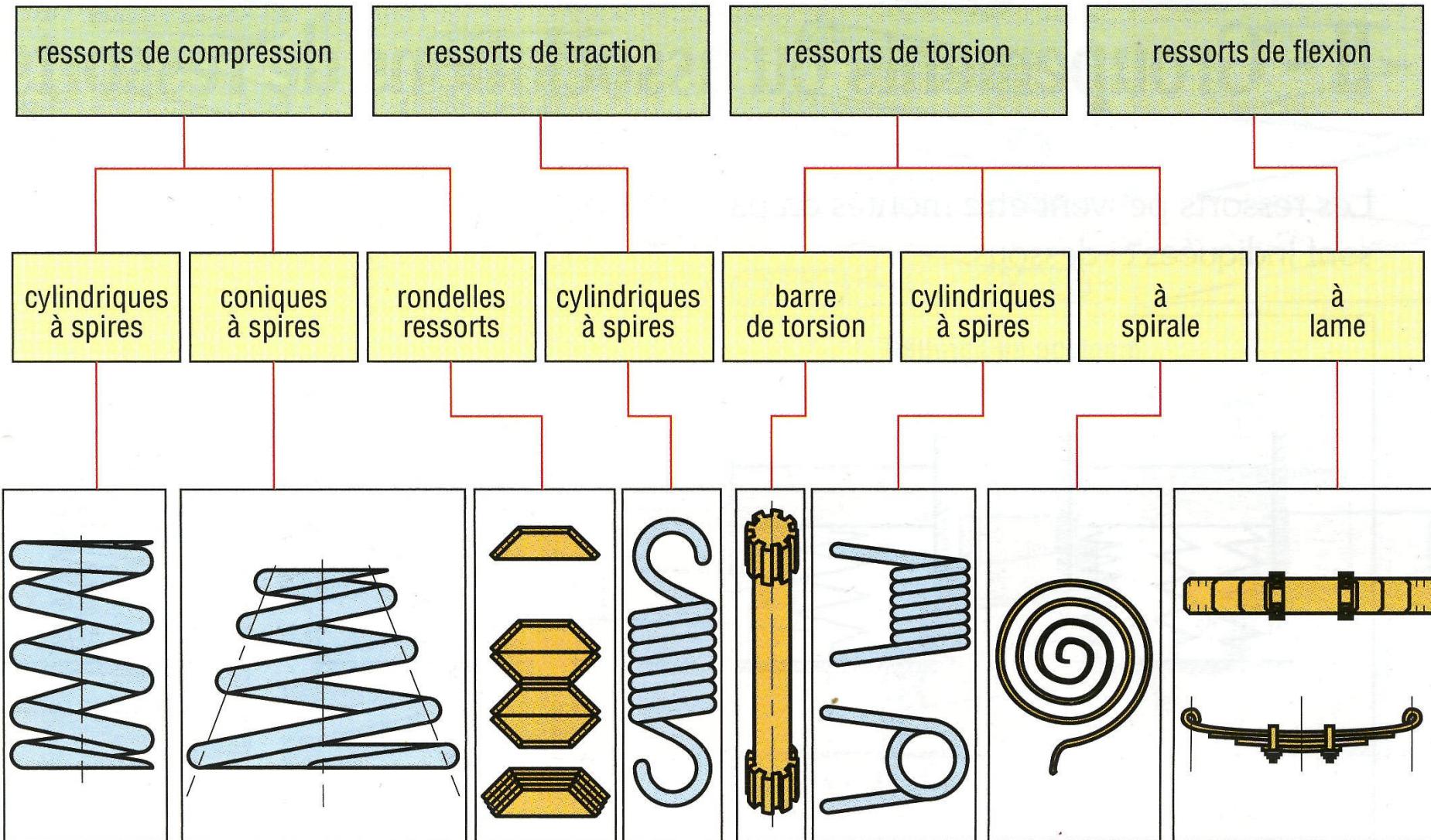
Ressort amortisseur pour laisse de chien

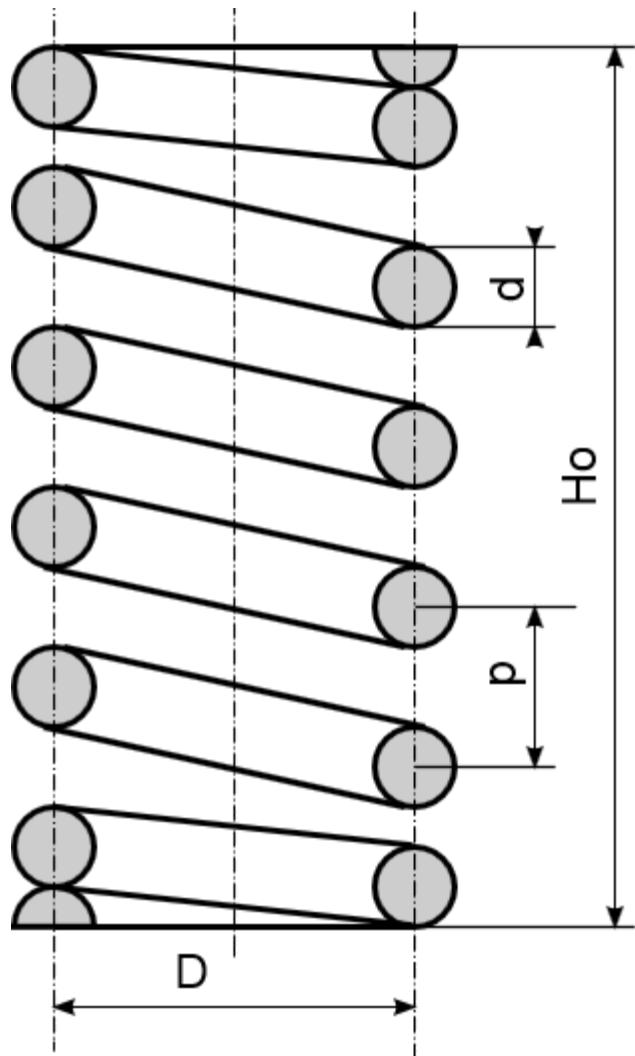
<http://www.polytrans.fr/chiens/boutique-quincaillerie-et-divers/12720-ressort-amortisseur-de-laisse-pour-chien.html>



- Ressort = système capable d'accumuler et de restituer de l'énergie mécanique sous forme de déformation élastique
- Capable de grande déformation sans détérioration pour:
  - Absorber les chocs (amortisseur)
  - Accumuler et restituer de l'énergie mécanique (horlogerie)
  - Produire une force (poussée ou rappel)
- Inventé par l'homme ca. 10 000 ans
- Premiers ressorts hélicoïdaux au 15<sup>e</sup> siècle







$d$  = diamètre du fil

$D = D_m$  = diamètre d'enroulement

$m = D/d$  = proportion

$D_e = D + d$  = diamètre extérieur

$D_i = D - d$  = diamètre intérieur

$n = N_a$  = nombre de spires actives (déformation)

$n'$  = nombre de spires inactives (appuis meulés)

$p = h$  = pas de l'hélice

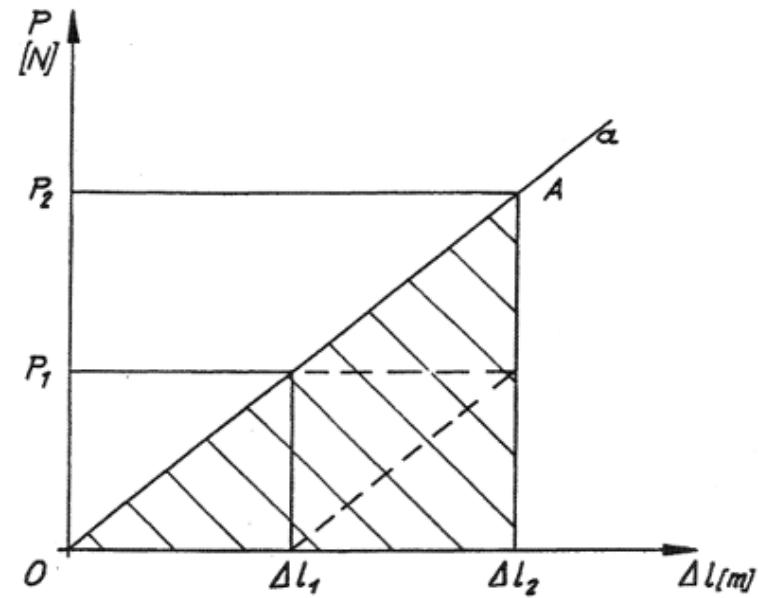
$H_0 = L_0$  = hauteur libre (sans charge)

$L_b$  = longueur à bloc (spires jointives, en contact)

$i$  = angle d'hélice

$f = L - L_0$  = flèche

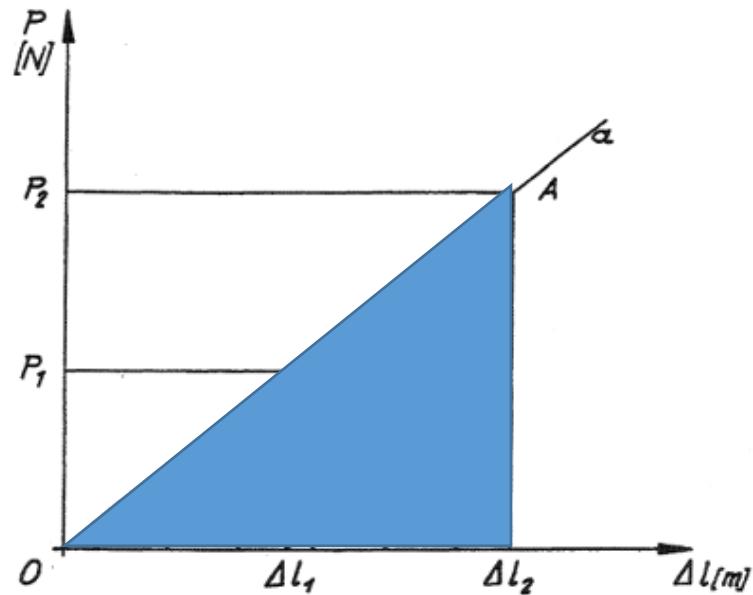
- Caractéristique d'un ressort:



- Raideur ou constante du ressort:

$$\frac{P_2 - P_1}{\Delta l_2 - \Delta l_1} = K \quad (\text{N/m})$$

- Travail du ressort  
= énergie accumulée ou restituée



- Formule:  $W = F \times L$  (J)

$$W = \int_0^{\Delta l_2} P \cdot d\Delta l = \int_0^{\Delta l_2} K \cdot \Delta l \cdot d\Delta l = \frac{1}{2} K \cdot \Delta l_2^2$$

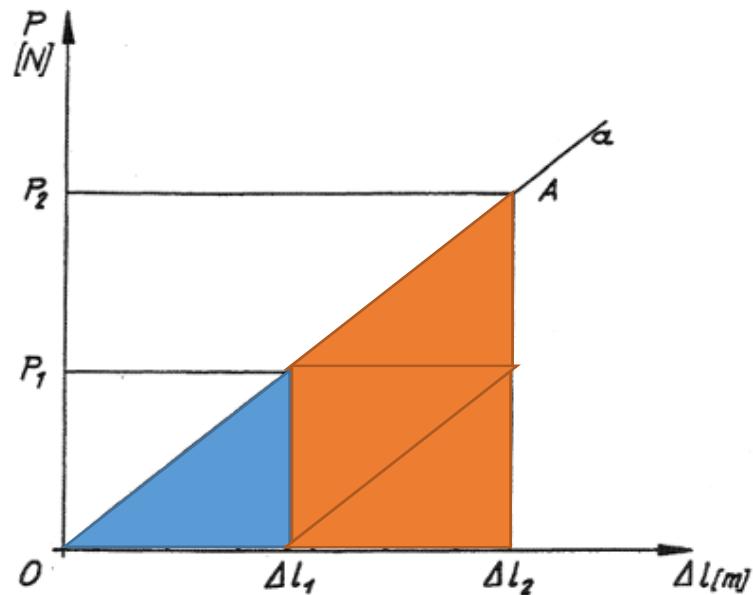
$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

- Précontrainte d'un ressort:

- $\Delta l_1 - 0 = \Delta l_2 - \Delta l_1$
- $P_1 - 0 = P_2 - P_1$

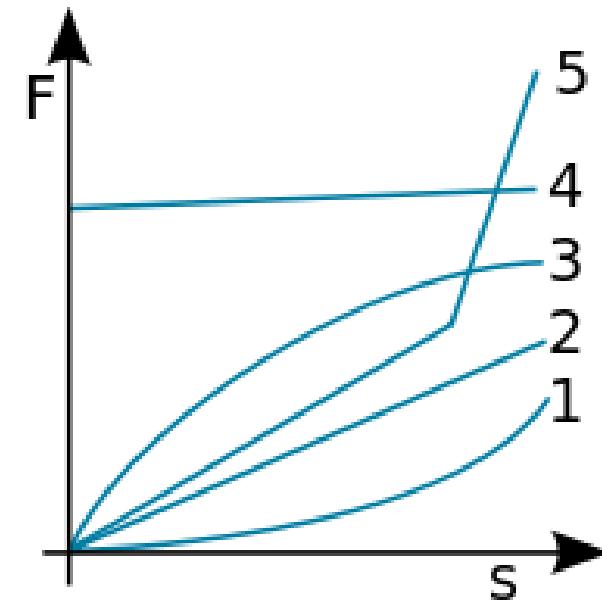
- Travail:

- $W_{1-2} = 3 \times W_{1-0}$



- Caractéristiques d'un ressort:

- 1: Progressif
- 2: Linéaire
- 3: Dégressif
- 4: Constant
- 5: Linéaire double



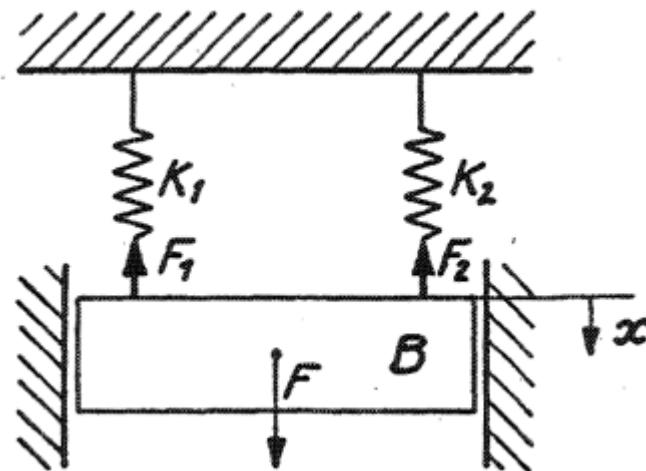
- En parallèle:

$$F = F_1 + F_2$$

$$F = K_1x + K_2x$$

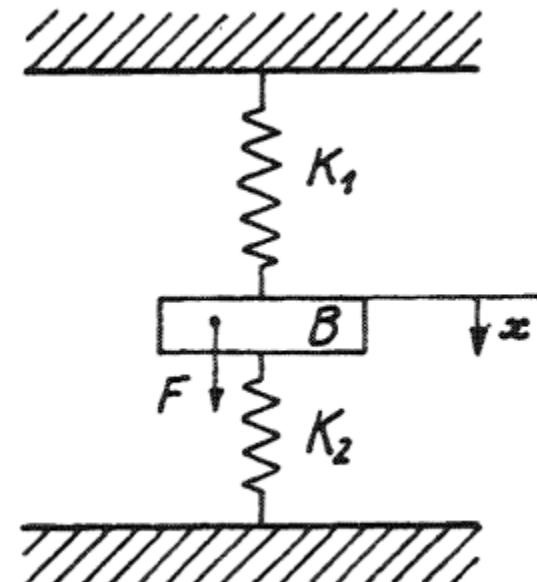
$$F = (K_1 + K_2)x$$

$$F = Kx$$



- Raideur équivalente:

$$K = K_1 + K_2$$



- En série:

$$x = x_1 + x_2 \quad (1)$$

$$F = K_1 x_1 = K_2 x_2 = K x$$

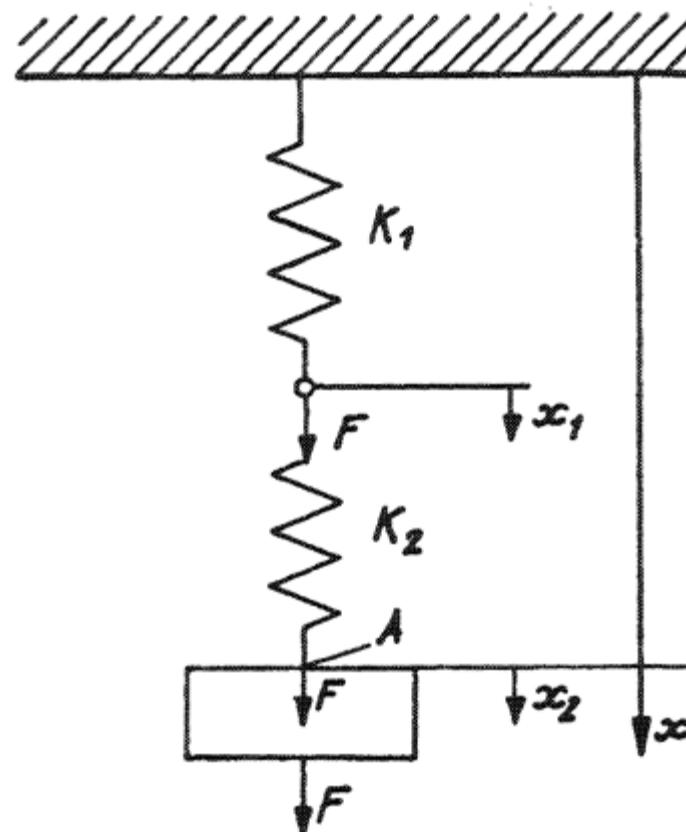
$$x_1 = \frac{K}{K_1} x \text{ dans (1)}$$

$$x_2 = \frac{K}{K_2} x \text{ dans (1)}$$

- Raideur équivalente:

$$K = \frac{K_1 K_2}{K_1 + K_2}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \cdots + \frac{1}{K_n}$$



- Energie massique potentiellement accumulable

Configuration du ressort	Energie (J/kg)
Ressort à lames multiples étagées	75 à 110
Ressort à lames de même longueur	25 à 37
Ressort hélicoïdal en fil rond	175 à 275
Barre de torsion	250 à 375
Ressort spiral	125 à 250

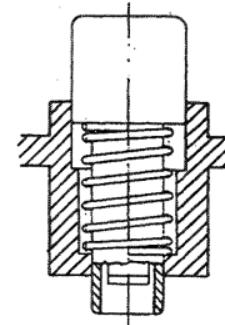
D'après la "Society of Automotive Engineers of USA"

Principaux matériaux pour ressorts						
matériau	indice prix	diamètres fils mm	températures maxi °C	E N/mm <sup>2</sup>	G N/mm <sup>2</sup>	observations
C 60 à C 70 roulé	1	0,05 à 12	120	206 000	81 500	pour solutions économiques
C 60 à C 70 trempé-revenu	1,4	3 à 12	180	206 000	81 500	remplace les C80-C95 au gros diamètres
C 80 à C 95 (corde à piano)	2,5	0,12 à 3	120	206 000	81 500	pour petits ressorts, les plus résistants et les plus tenaces
acières au chrome-vanadium 50CrV4 51CrMoV4	3	0,5 à 17	220	206 000	78 500	endurants, résistent à la fatigue, supportent des contraintes et des chocs plus élevés que les XC
acières au chrome-silicium 56SiCr7 61SiCr7	4	0,5 à 12	250	206 000	78 500	pour haute résistance, résistent à la fatigue et aux chocs élevés, longues durées de vie
acières inox X10CrNi18-10 X7CrNiAl17-7	7 à 11	0,2 à 10	350	195 000	73 000	résistent à la corrosion et aux températures élevées
cuvreux CuBe2, CuCo2Be	8 à 27			120 000	47 000	résistent à la corrosion, bonne conductivité électrique
alliages de nickel Monel, Inconel...	≈ 40			195 000	70 000	résistent à la corrosion, aux hautes et aux basses températures, sont non magnétiques

<b>Principaux diamètres de fils normalisés pour ressorts à spires</b>										
0,12	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,45	0,50	0,56	0,60	0,65
0,70	0,75	0,80	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70
1,80	1,90	2,00	2,10	2,25	2,40	2,50	2,60	2,80	3,00	3,20
3,40	3,60	3,80	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,30	5,60	6,00
6,30	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,0	11,00	12,00

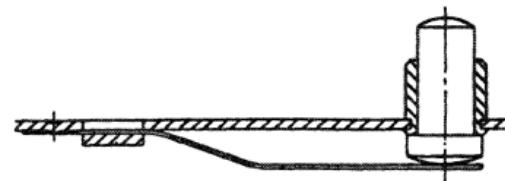
- Bouton poussoir

Ressort hélicoïdal – compression



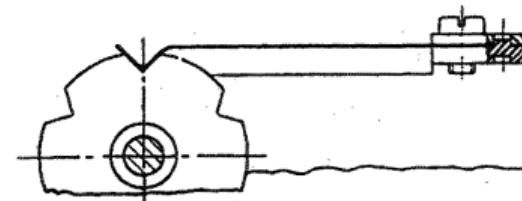
- Rappel de bouton poussoir

Ressort à lame – flexion



- Verrouillage en rotation

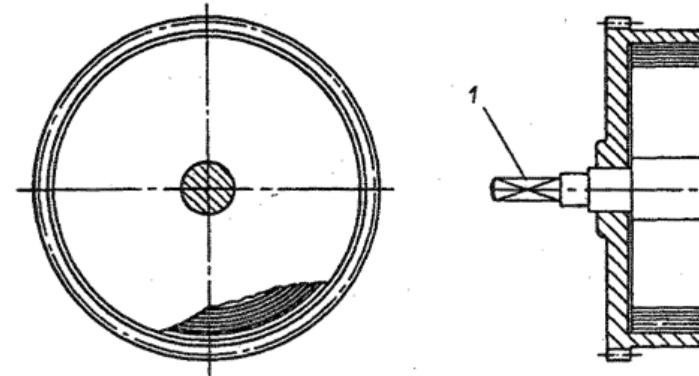
Ressort à lame – flexion



- Remontage

Ressort de torsion à spirale

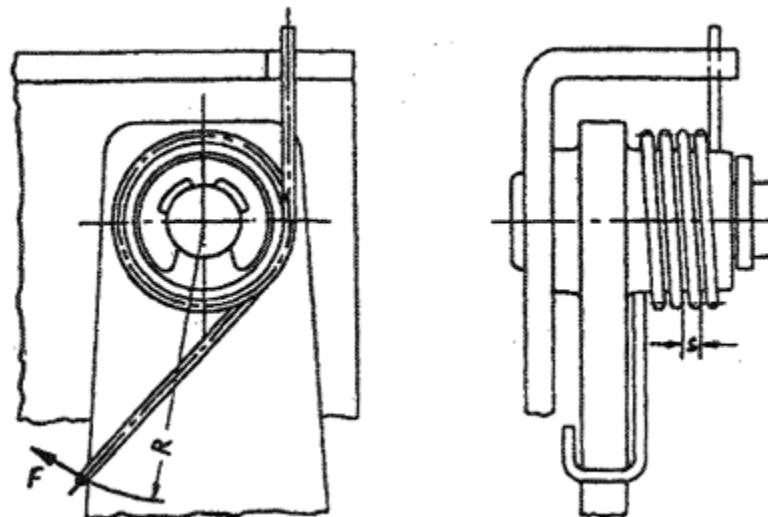
Déformation de flexion



- Rappel de levier

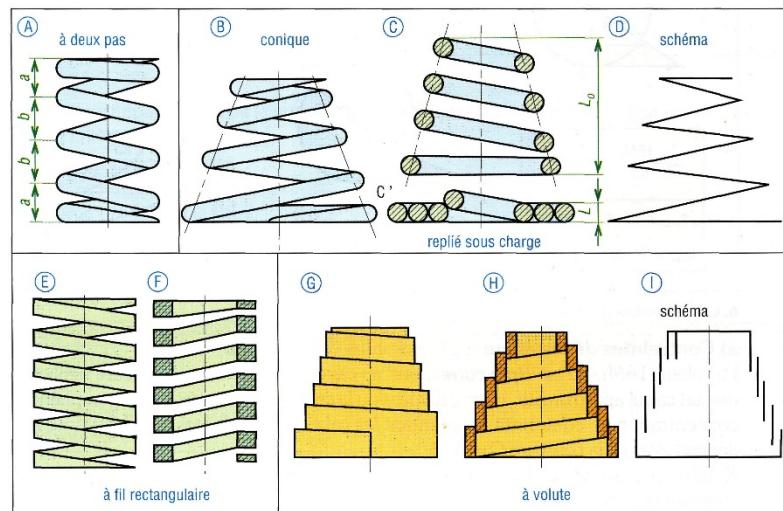
Ressort de torsion cylindrique  
à spires

Déformation de flexion





<http://www.axtil.tr/mdp-tabricant-ressort/tabricant-de-ressort.htm>

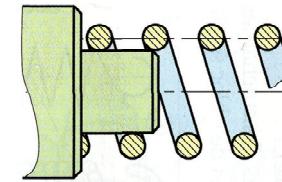
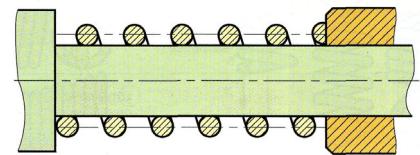


Proportions pour limiter le flambage:

$$p \leq 2/5 D_m$$

$$L_0 \leq 5 D_m$$

Guidages intérieurs à préférer, si  $L_0 > 5 D_m$  :



Extrémités:

Spire aplatie sur  $\frac{3}{4}$  de circonference

Meulage pour appui si  $d > 0.5\text{mm}$

Le fil travaille en torsion.

- **Raideur et Fleche:**

**Flèche**

$$f = \frac{8 \cdot n \cdot F \cdot D^3}{G \cdot d^4}$$

$f = L_0 - L$  = flèche du ressort (mm)

$F$  = charge appliquée (N)

$D$  = diamètre d'enroulement (mm)

$d$  = diamètre du fil (mm)

$G$  = module d'élasticité transversal, de cisaillement de Coulomb, de glissement du matériau

( $G = 80\,000 \text{ N/mm}^2$  pour les aciers)

$K$  = raideur ou rigidité du ressort (N/mm)

$n$  = nombre de spires actives (ou  $N_a$ ) ou utiles

**Raideur**

$$K = \frac{F}{f} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3}$$

- Résistance au Cisaillement:

Couple de Torsion

$$M_t = F \frac{D_m}{2}$$

Contrainte de Cisaillement

$$\tau_0 = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot d^3}$$

Critère de Résistance

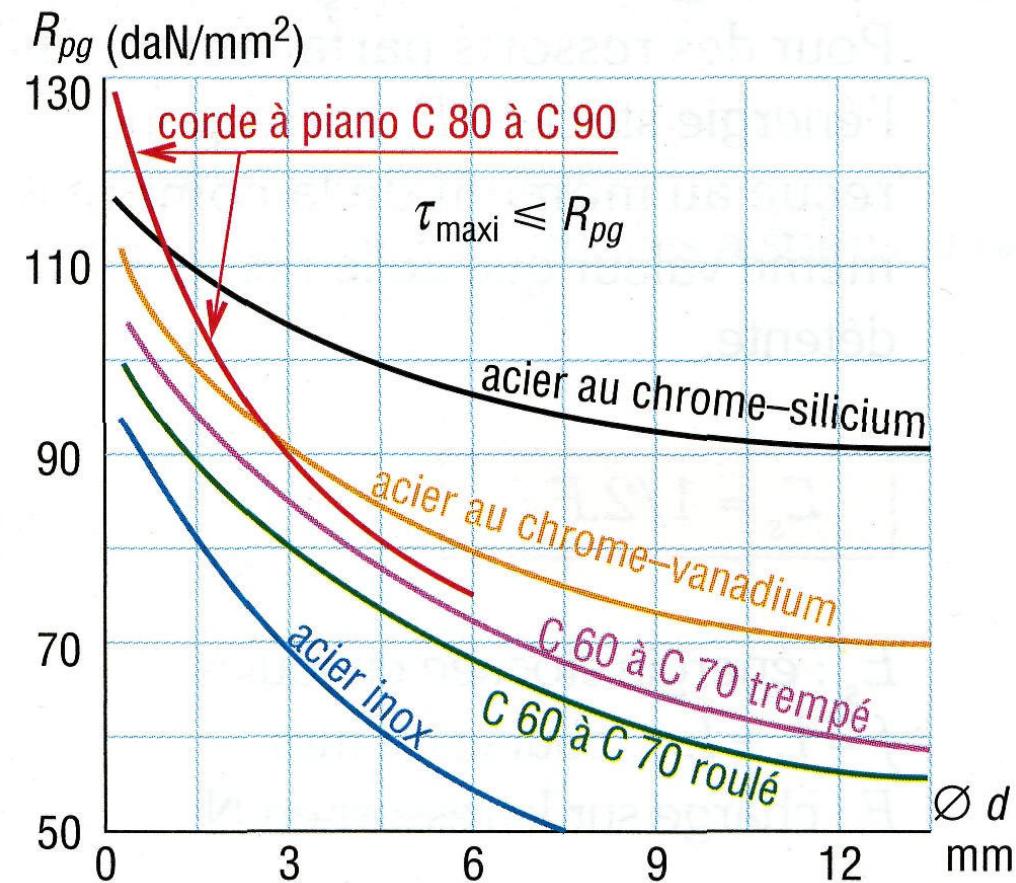
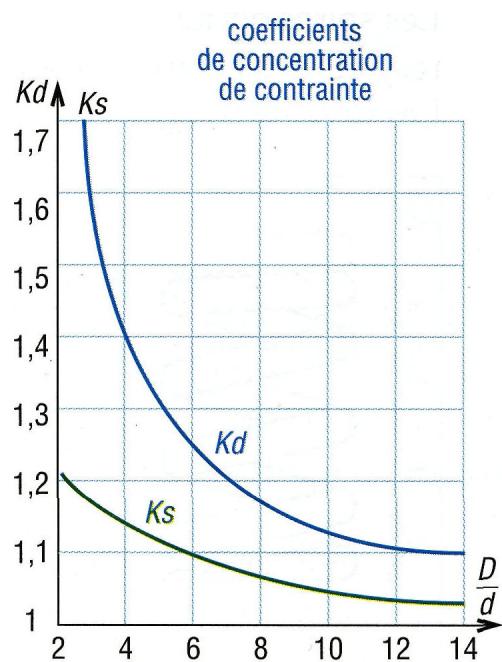
$$\tau_{max} \leq R_{pg}$$

Avec

$$\tau_{max} = K_s \cdot \tau_0 \text{ (statique)}$$

$$\tau_{max} = K_d \cdot \tau_0 \text{ (dynamique)}$$

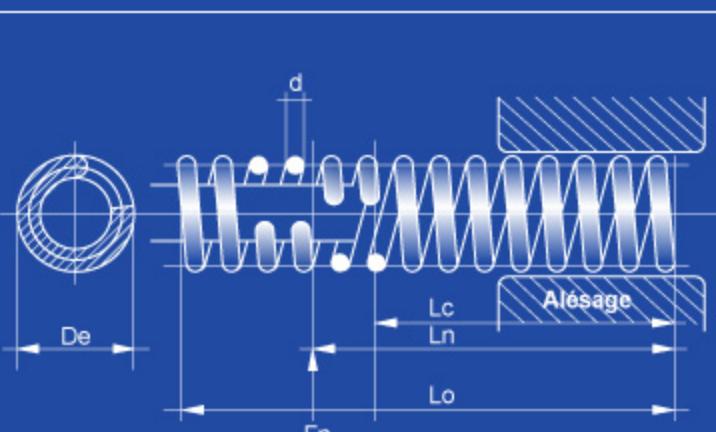
$R_{pg}$  = Résistance pratique au cisaillement



Exemple de ressort pour un projet de construction mécanique:

**Ressorts de compression Inox suivant la norme DIN 17224 - Aisi 302 1.25 mm**

*Matière:* Inox   *Diamètre de fil Ø:* 1.25 mm   *Diamètre extérieur:* 1.2 - 54 mm  



**d:** diamètre du fil en mm  
**De:** diamètre extérieur en mm  
**Lo:** longueur libre en mm  
**Ln:** longueur maximale de compression en mm  
**Lc:** longueur à bloc en mm  
**Fn:** charge maximale en Newton sous Ln en Newton (N)  
**C:** constante/raideur en N/mm

[Plus d'infos](#)



**Afficher 100**  

d	▲	De	◆	Lo	◆	Ln	◆	Lc	◆	Fn	◆	C	◆	Références	Prix
1.25		11.25		93.50		31.42		25.90		74.50		1.20		CI 1.25/93.50	

Exemple de ressort pour un projet de construction mécanique:

Données:

$$F_{\max} = 74.5 \text{ N}$$

$$L_{\min} = 31.42 \text{ mm}$$

$$F_{\text{bloc}} = ?$$

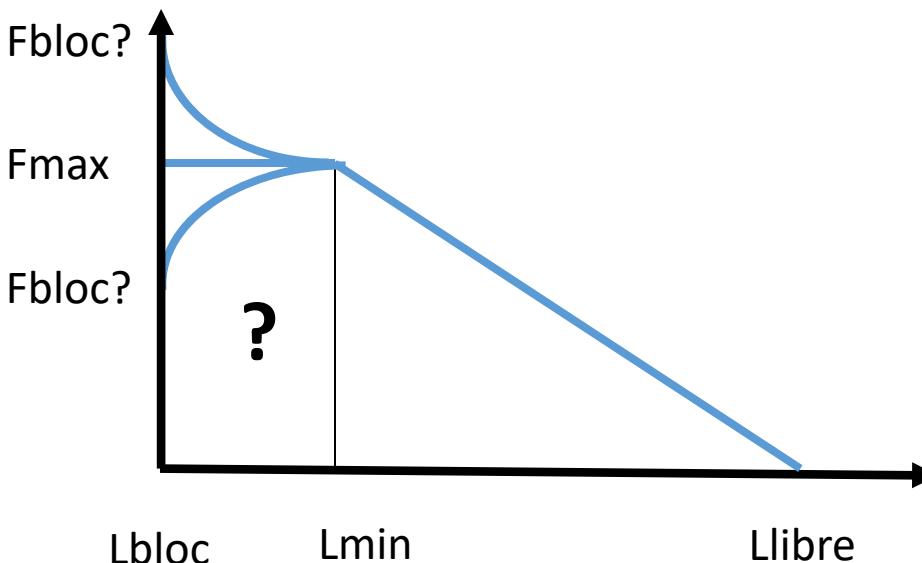
$$L_{\text{bloc}} = 25.90 \text{ mm}$$

$$F_{\min} = 0 \text{ N}$$

$$L_{\text{libre}} = L_0 = 93.50 \text{ mm}$$

$$K = C = 1.20 \text{ N/mm} = 1200 \text{ N/m}$$

$$d = 1.25 \text{ mm}$$



A n'utiliser qu'en compression dans la zone linéaire !

Ressort de projet de construction mécanique – Application Numérique:

### Nombre de Spires Actives

$$n = \frac{L_{block}}{d} - 2.72 = 18 \text{ spires}$$

### Flèche

$$f = \frac{8 \cdot n \cdot F \cdot D^3}{G \cdot d^4} = 60.2 \text{ mm}$$

$$\text{Fabricant: } L_0 - L_{min} = 93.5 - 31.42 = 60.08 \text{ mm}$$

### Raideur

$$K = \frac{F}{f} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3} = 1.24 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$\text{Fabricant: } K = 1.24 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$f = L_0 - L$  = flèche du ressort (mm)

$F$  = charge appliquée = 74.50 N

$L_{min} = 31.42 \text{ mm}$

$L_0 = 93.50 \text{ mm}$

$D$  = diamètre d'enroulement =  $D_e - d = 11.25 - 1.25 = 10 \text{ mm}$

$d$  = diamètre du fil (mm) = 1.25 mm

$G$  = module d'élasticité transversal du matériau

( $G = 73\,000 \text{ N/mm}^2$  pour acier inox)

$K$  = raideur ou rigidité du ressort (N/mm)

$n$  = nombre de spires actives (ou  $N_a$ ) ou utiles = 18

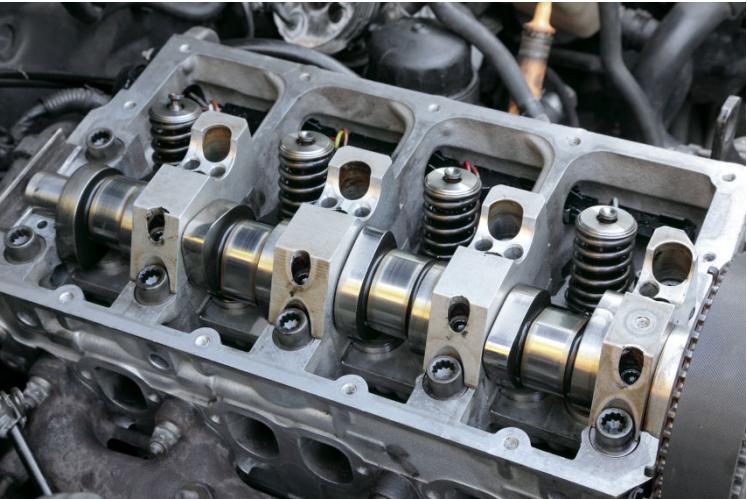
- Exemples



Ressort compression/traction

Ressort de compression ferroviaire



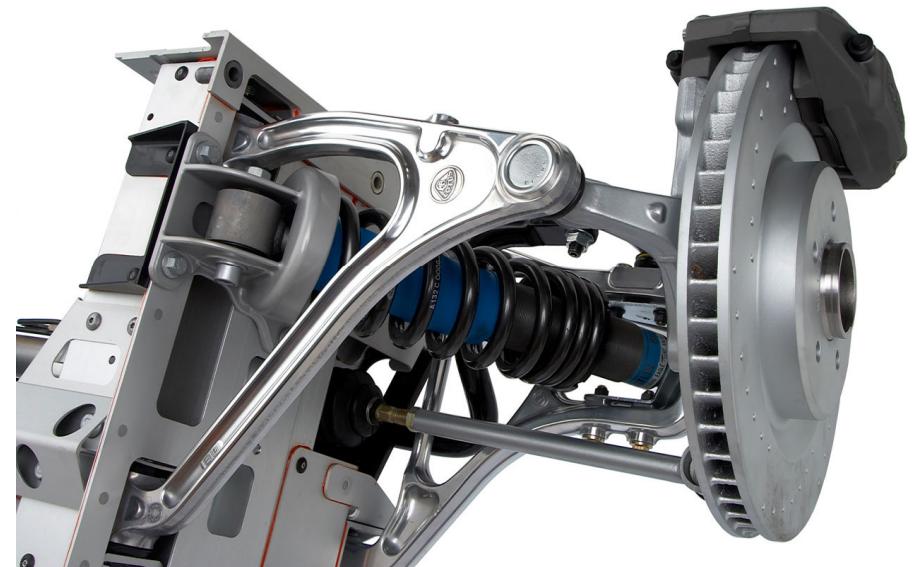


## Ressorts de soupapes

[http://www.jacquemet.com/metiers/ressort\\_de\\_compression#.UwZvE\\_IdV8E](http://www.jacquemet.com/metiers/ressort_de_compression#.UwZvE_IdV8E)



Amortisseur  
Lotus Evora





Spires jointives

Fil fonctionne en torsion

Avec précontrainte (fabrication)

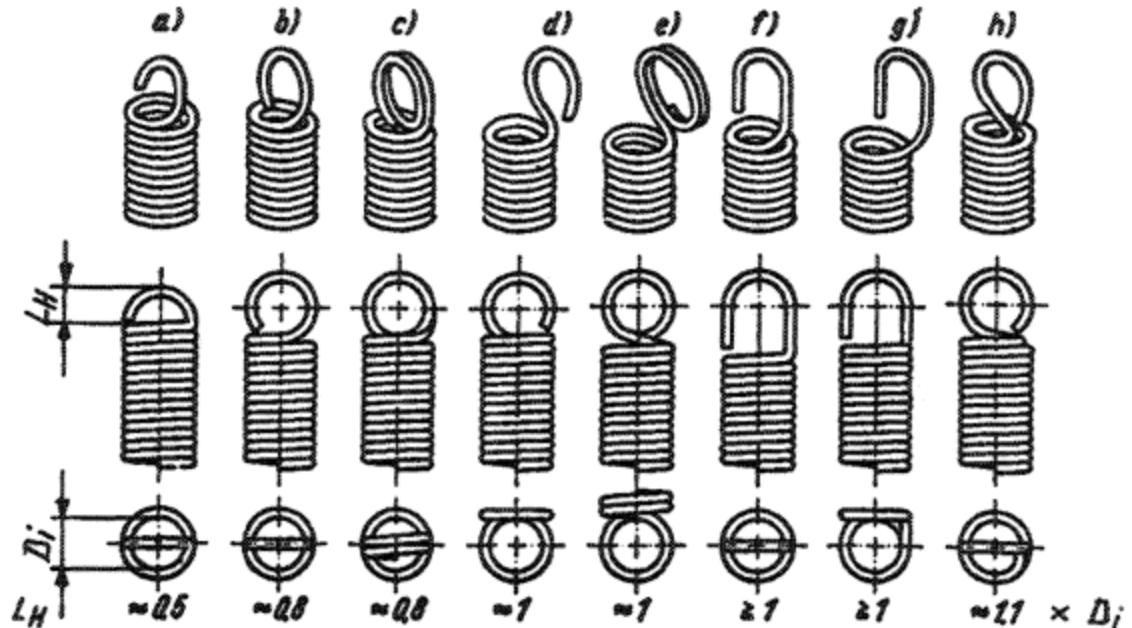
Boucle d'accrochage

$5 < D_m/d < 20$  (idéal 10)

$L_0 \geq D_m$

<http://www.axfil.fr/mdp-fabricant-ressort/fabricant-de-ressort.htm>

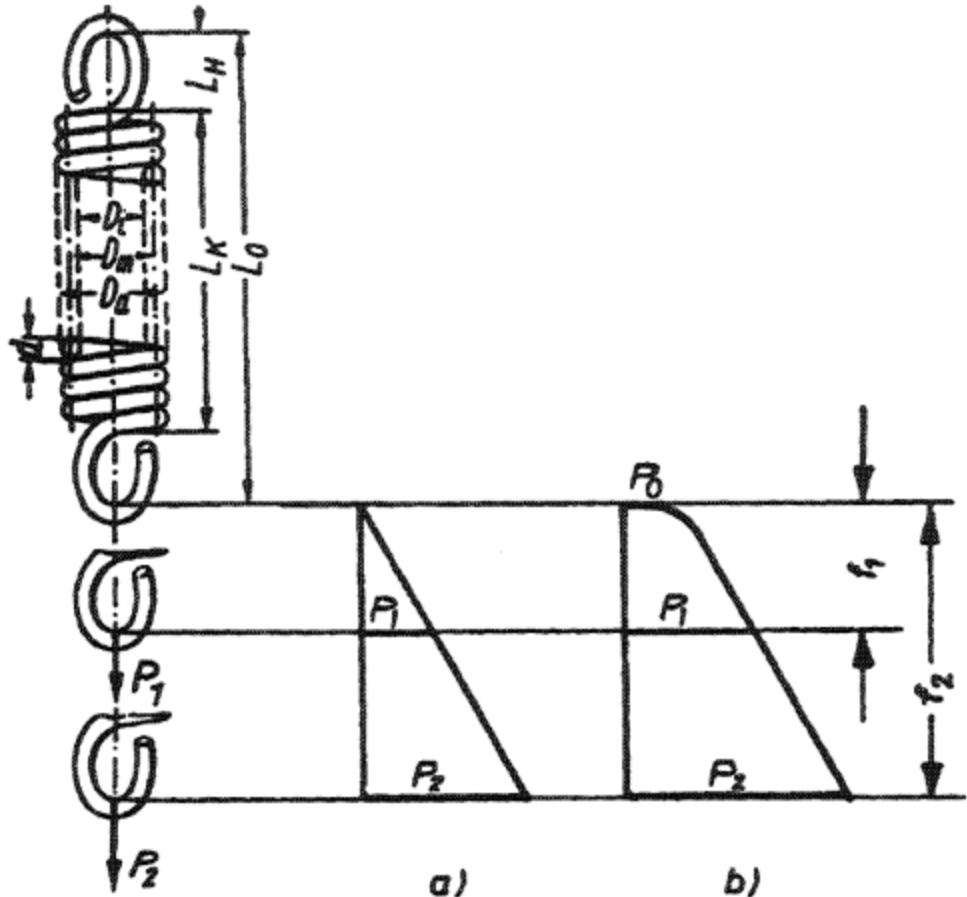
## Boucles d'accrochage



Ressorts de traction avec différentes formes de boucles (selon DIN 2097)

- a) demi-boucle allemande
- b) boucle allemande
- c) double boucle allemande
- d) boucle allemande latérale
- e) double boucle allemande latérale
- f) crochet élevé
- g) crochet élevé latéral
- h) boucle anglaise

Les boucles b) et h) sont les plus utilisées.



Cotes et caractéristiques d'un ressort de traction.

- a) sans précontrainte
- b) avec précontrainte

- **Raideur et Fleche:**

**Flèche**

$$f = \frac{8 \cdot n \cdot D^3 \cdot (F - F_0)}{G \cdot d^4}$$

$f = L - L_0$  = flèche du ressort (mm)

$F_0$  = précharge (N)

$F$  = charge appliquée (N)

$D$  = diamètre d'enroulement (mm)

$d$  = diamètre du fil (mm)

$G$  = module d'élasticité transversal du matériau

( $G$  - 80 000 N/mm<sup>2</sup> pour les aciers)

$K$  = raideur ou rigidité du ressort (N/mm)

$n$  = nombre de spires actives (ou  $N_a$ ) ou utiles

$\tau_0, \tau_{max}, K_d, K_s$  comme pour ressorts de compression

**Raideur**

$$K = \frac{F - F_0}{f} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3}$$



## Ressorts à spires

Fil travaille en flexion

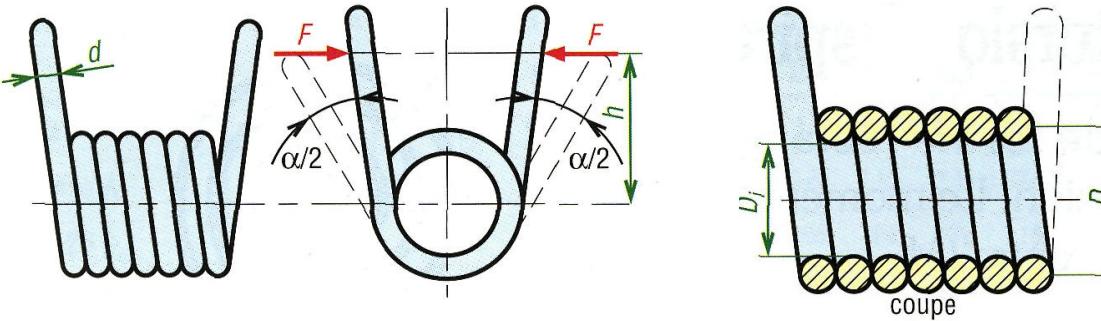
Traversé par un axe

<http://www.axfil.fr/mdp-fabricant-ressort/fabricant-de-ressort.htm>

- Raideur et Angle:

Angle d'enroulement

$$\alpha = \frac{64F \cdot h \cdot D \cdot n}{E \cdot d^4}$$



$\alpha$  = angle d'enroulement (rad)

F = charge appliquée (N)

D = diamètre d'enroulement (mm)

d = diamètre du fil (mm)

h = hauteur d'application de la force

E = module d'élasticité longitudinal du matériau (N/mm<sup>2</sup>)

M<sub>f</sub> = F.h = Moment de flexion (N.mm)

K = raideur ou rigidité du ressort (N/mm)

n = nombre de spires actives (ou N<sub>a</sub>) ou utiles

Raideur

$$K = \frac{M_f}{\alpha} = \frac{E \cdot d^4}{64 \cdot n \cdot D}$$

- Contrainte de Flexion:

Contrainte max

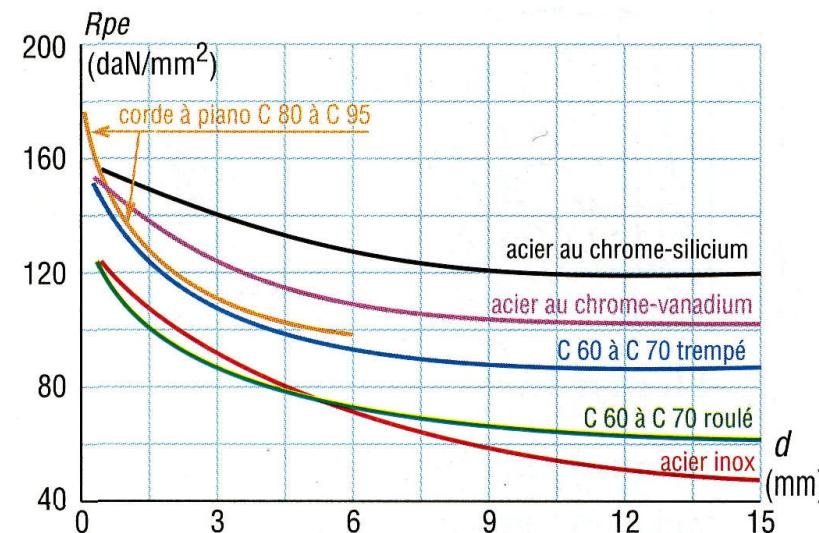
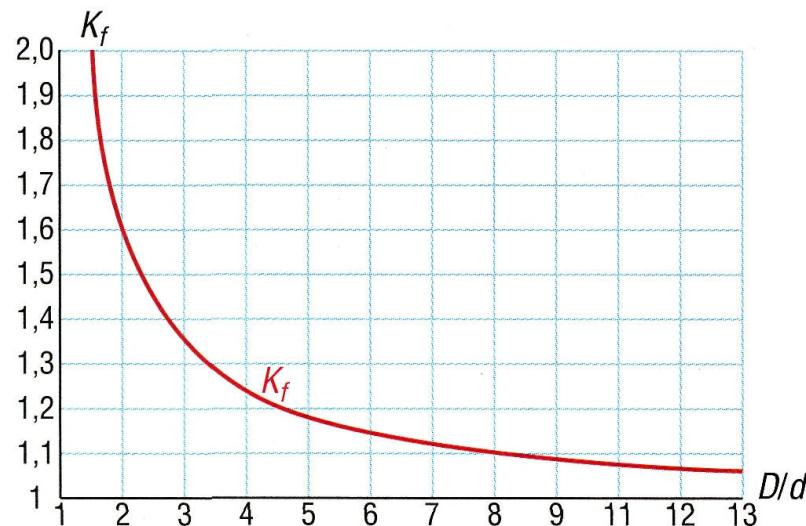
$$\sigma = K_f \frac{32h.F}{\pi.d^3} \leq R_{pe}$$

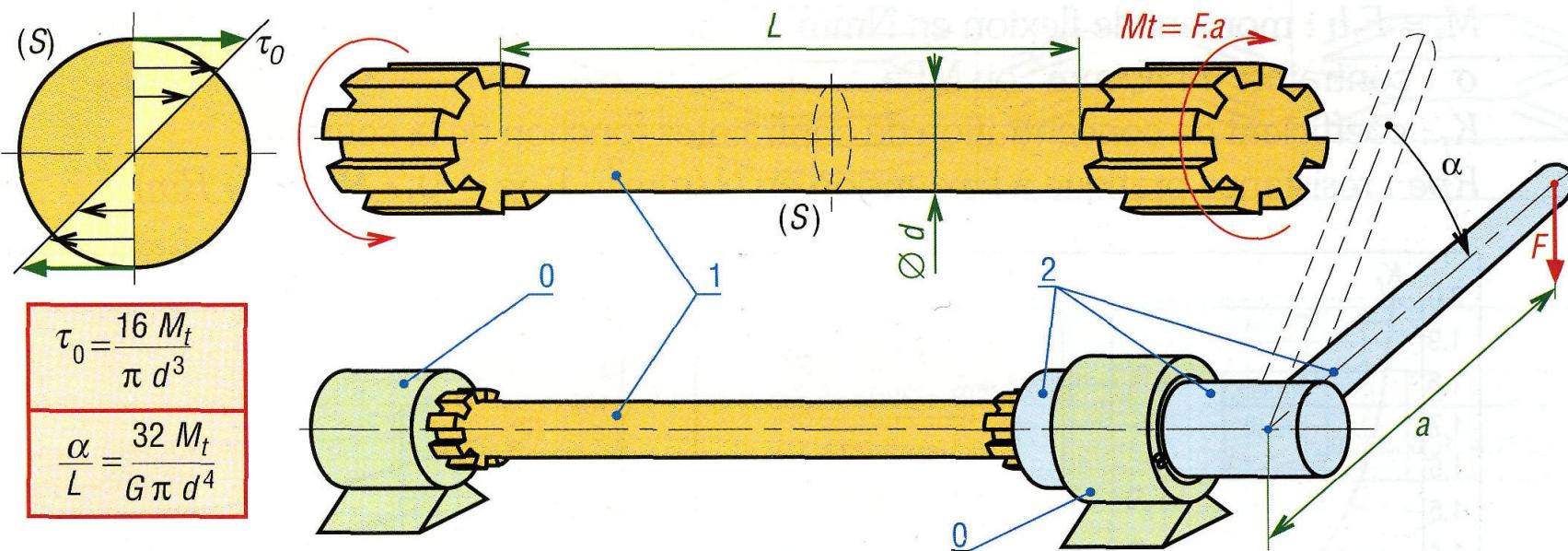
$\sigma$  = contrainte (N/mm<sup>2</sup> ou MPa)

$K_f$  = coefficient de concentration de contraintes

$R_{pe}$  = résistance pratique à l'extension (N/mm<sup>2</sup>)

= 0.7  $R_r$  = 0.7  $R_m$  (résistance à la rupture)



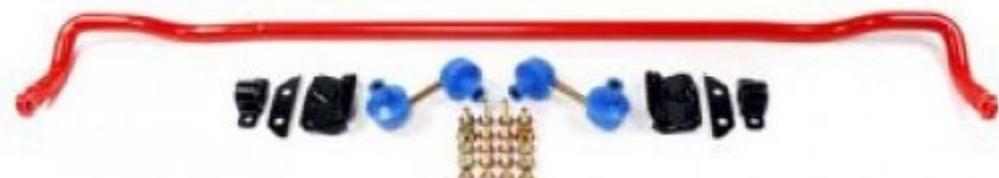


Beaucoup d'énergie pour un faible volume

Attention a l'ancrage, doit être solide

Suspension automobile

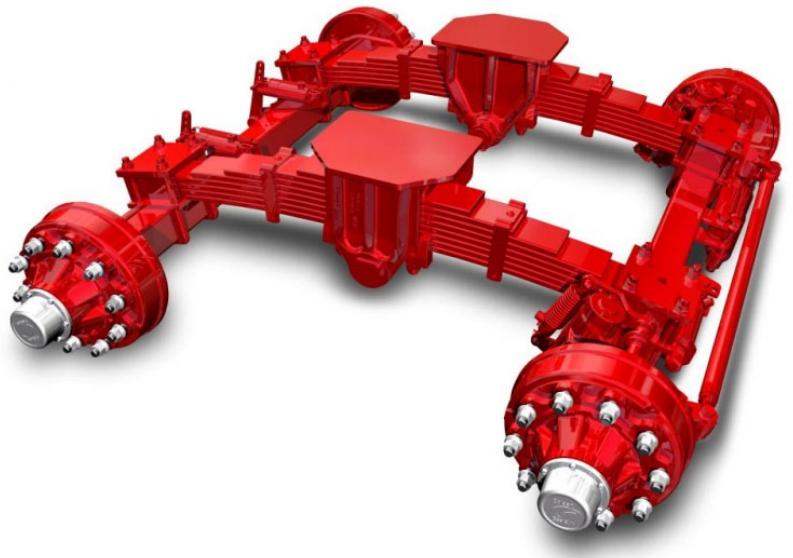
Barre antiroulis Honda Civic





Ressorts Lame et Fixation

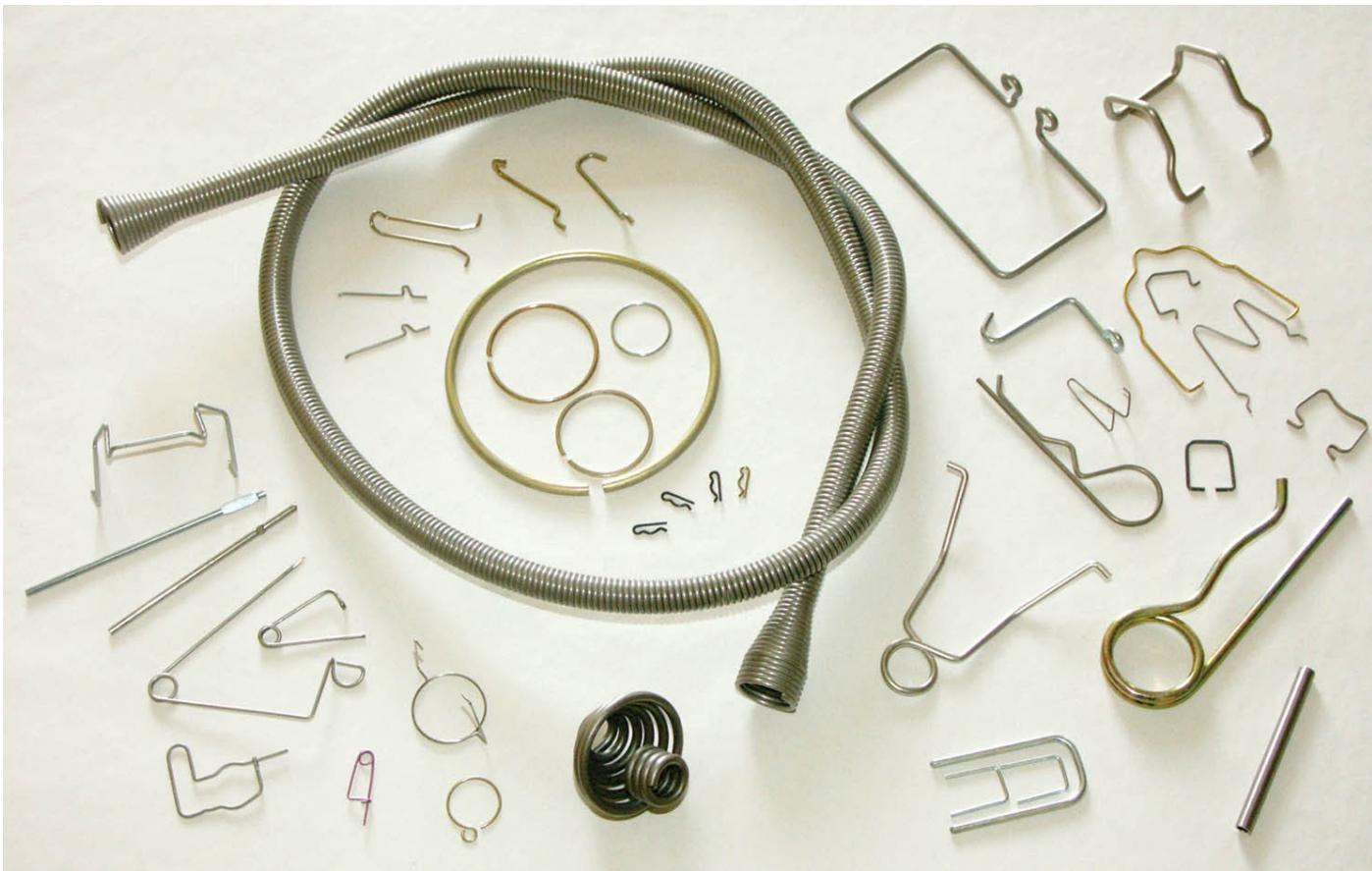
<http://www.axfil.fr/mdp-fabricant-ressort/fabricant-de-ressort.htm>



Ressorts à lames

Suspensions de remorque agricole

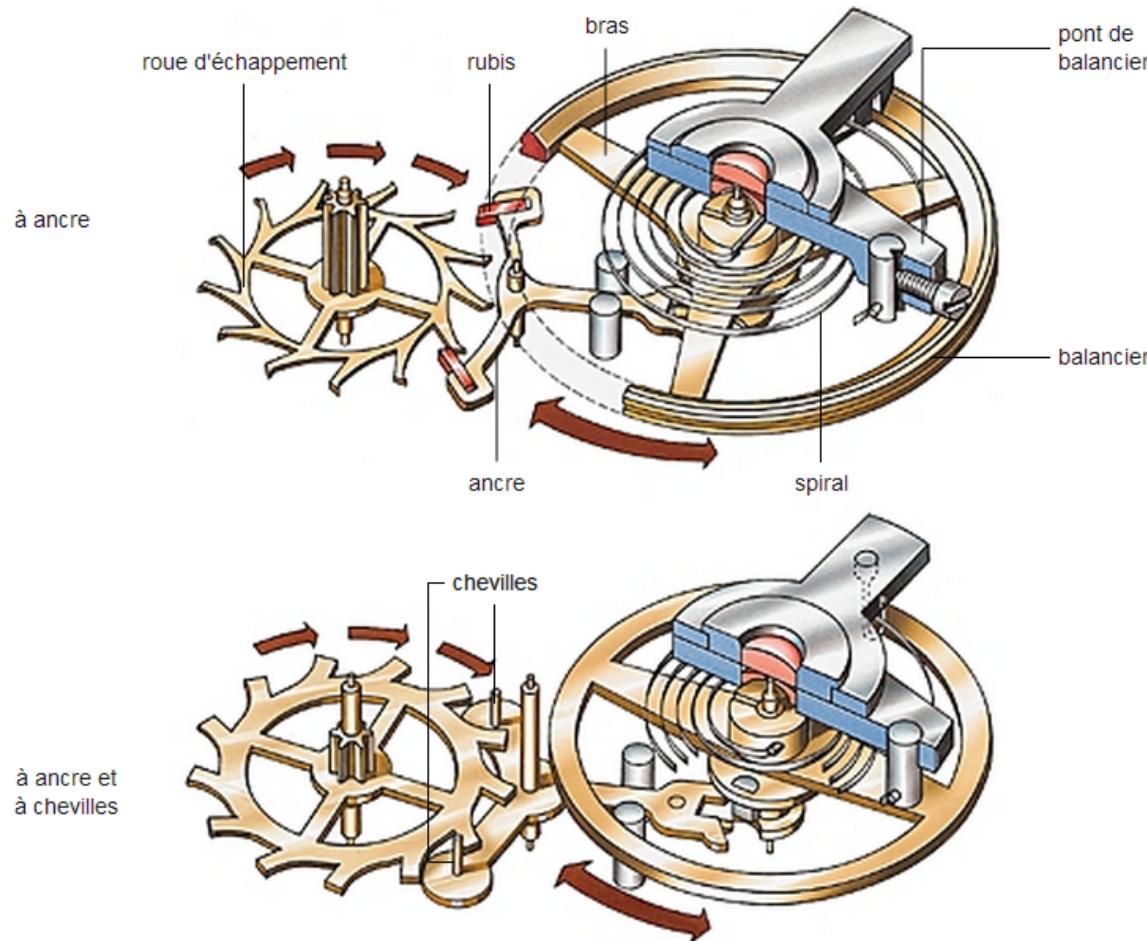
<http://www.thievin.fr/>



Fil Façonné

<http://www.axfil.fr/mdp-fabricant-ressort/fabricant-de-ressort.htm>

<http://www.youtube.com/watch?v=omLkbKakDoY>



## Ressort d'échappement d'une montre

[www.larousse.fr](http://www.larousse.fr)

<http://www.youtube.com/watch?v=w7R-yvztPJ4>

@ 50 sec

Fonctionnement de base d'une montre:

<https://www.youtube.com/watch?v=1zRLKkfS0kQ>

[http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve\\_tulloue/Meca/Oscillateurs/ressort.html#manip](http://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/Oscillateurs/ressort.html#manip)