

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>

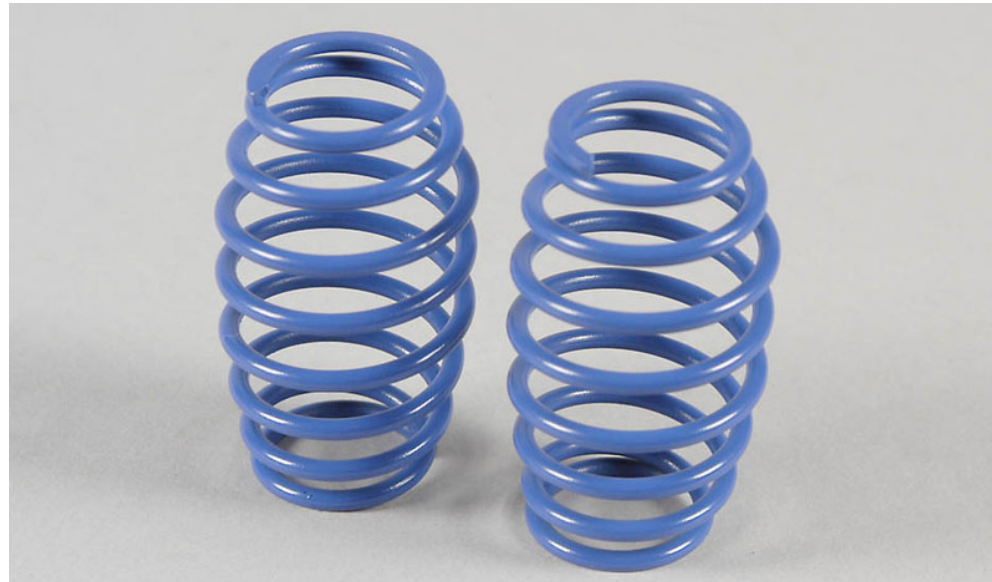




Ressort pêche pour carpe

Ressort tonneau

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





Ressort (presse a ressort ferroviaire)

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



Ressort jouet Nature & Découvertes

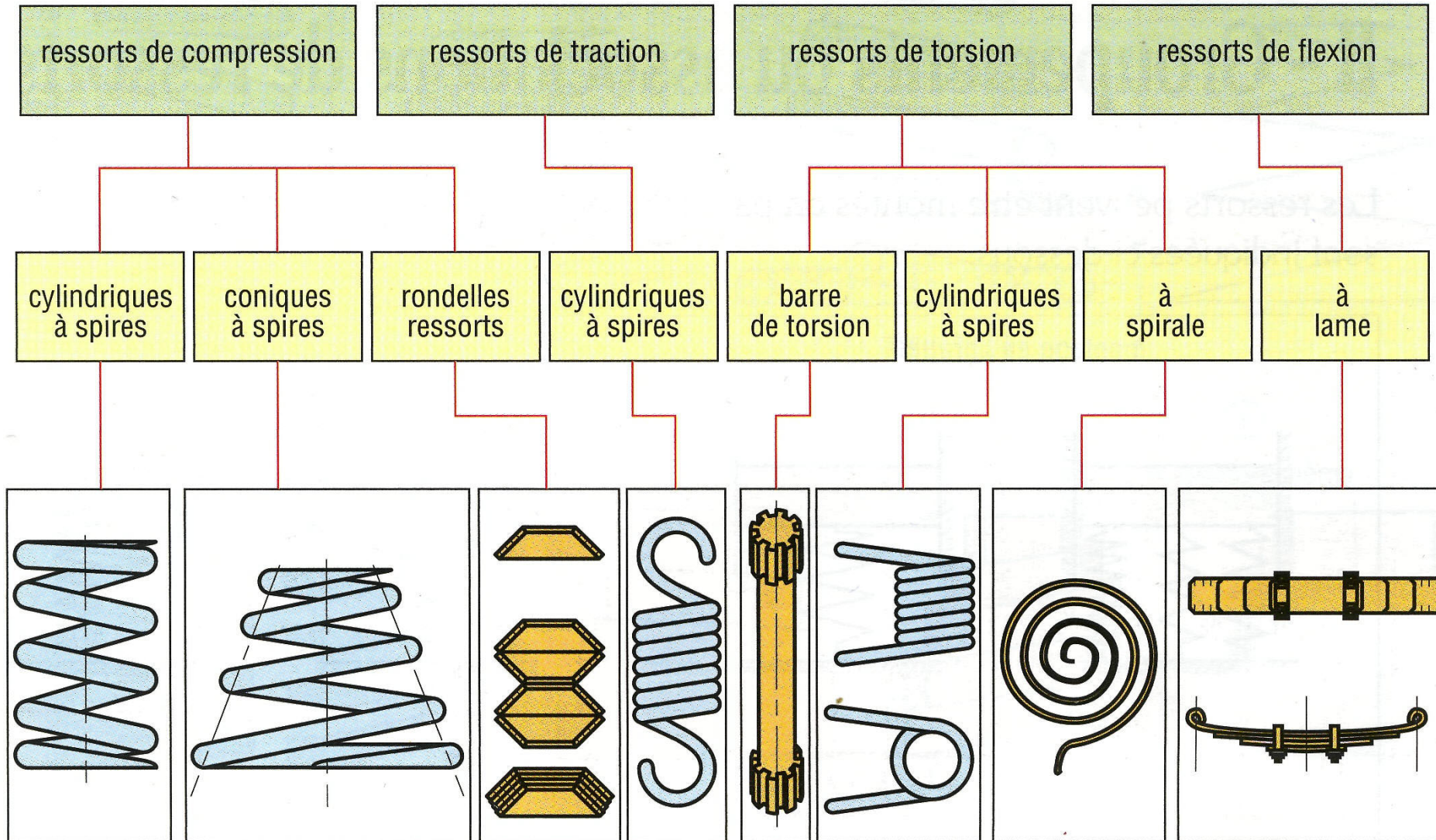
Ressort amortisseur pour laisse de chien

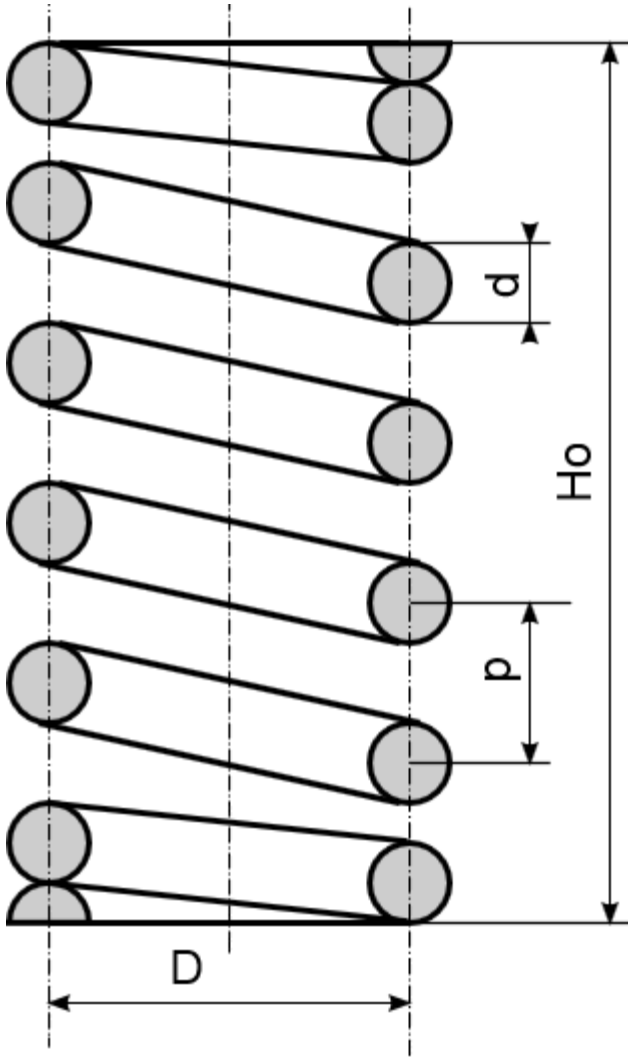
<http://www.polytrans.fr/chiens/boutique-quincaillerie-et-divers/12720-ressort-amortisseur-de-laisse-pour-chien.html>



- 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^e 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

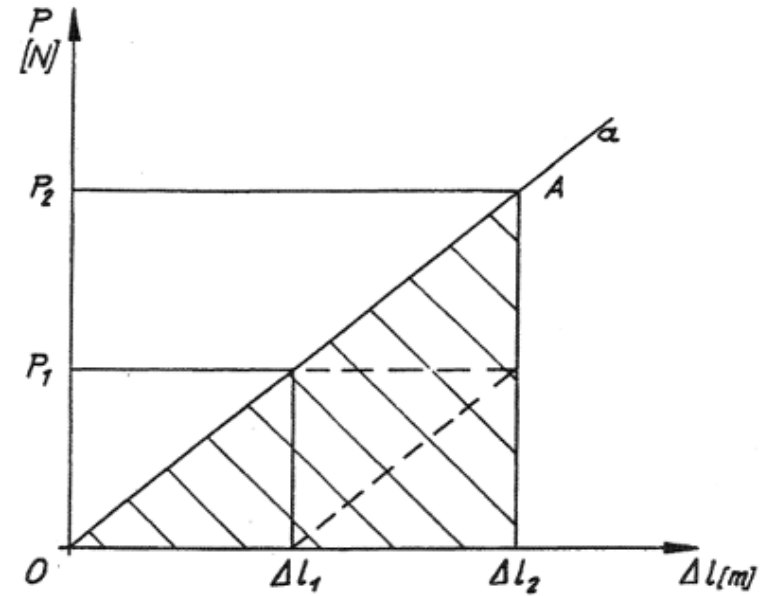
$H_0 = L_0$ = hauteur libre (sans charge)

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

i = angle d'hélice

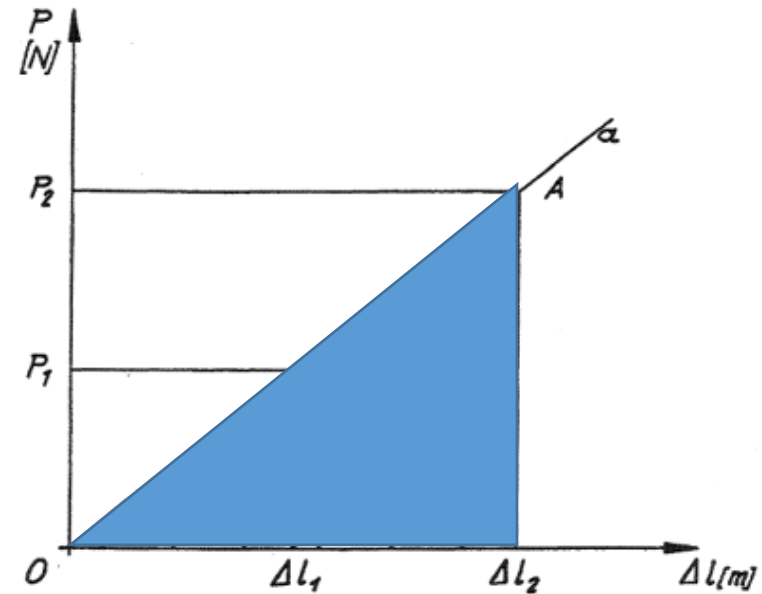
$f = L - L_0$ = flèche

- 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)

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

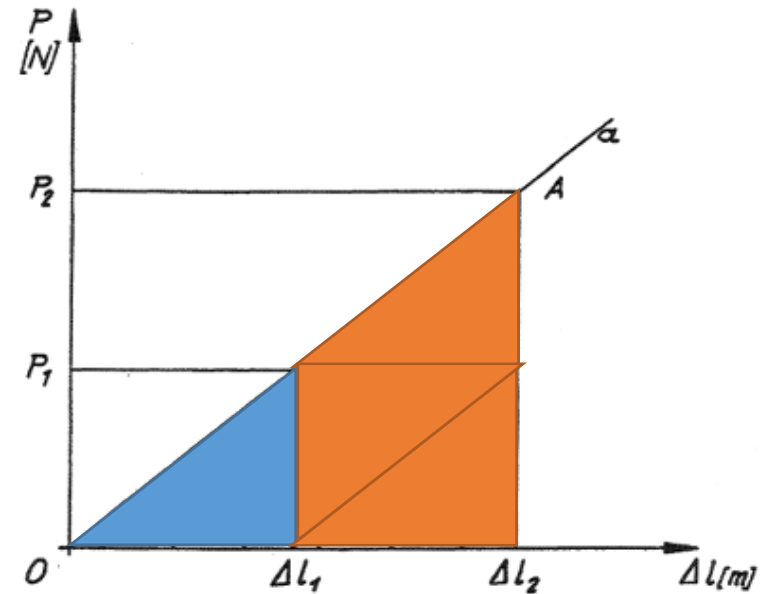
$$1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

- Précontrainte d'un ressort:

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

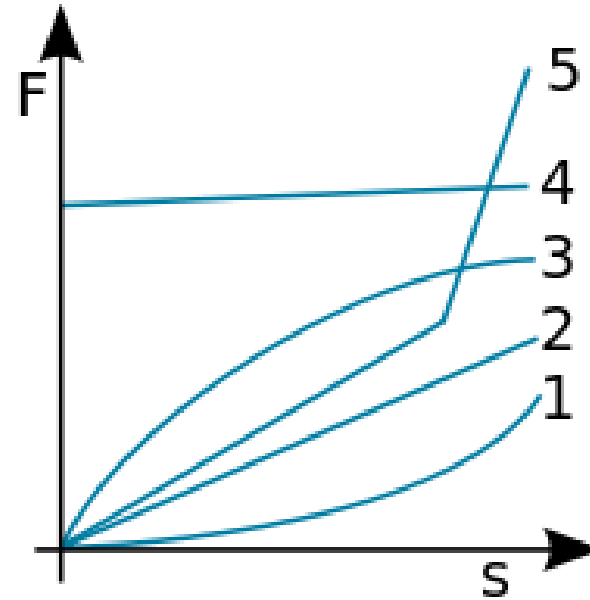
- Travail:

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



- Caractéristiques d'un ressort:

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



- En parallèle:

$$F = F_1 + F_2$$

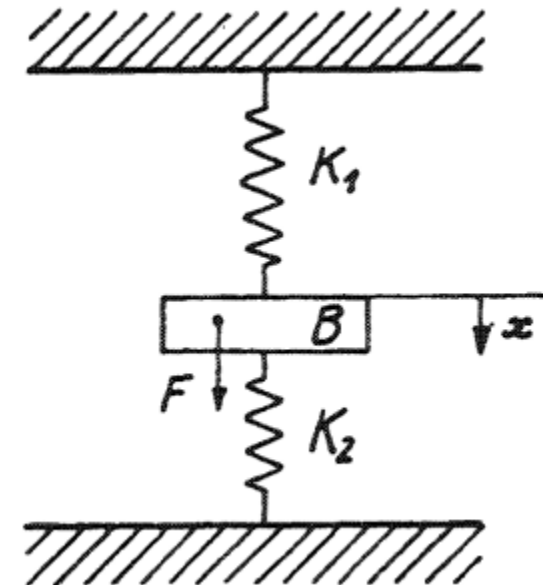
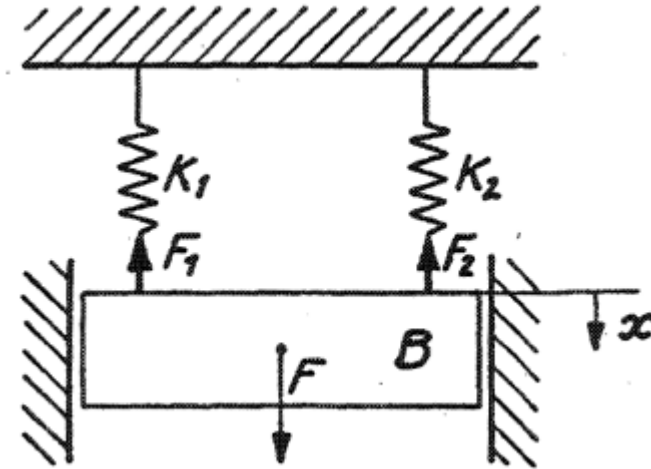
$$F = K_1x + K_2x$$

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

$$F = Kx$$

- Raideur équivalente:

$$K = K_1 + K_2$$



- En série:

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

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

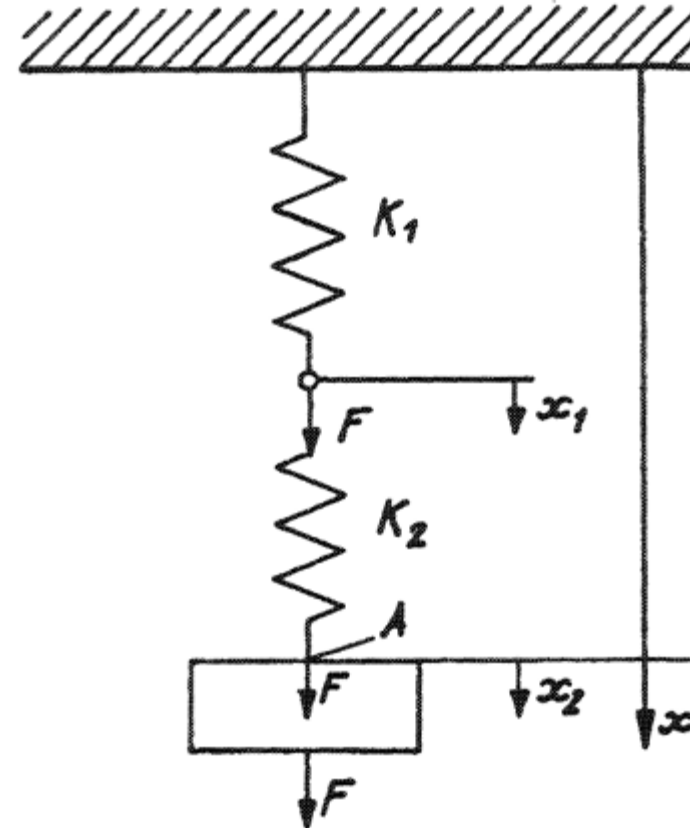
$$x_1 = \frac{K}{K_1} x \text{ dans (1)}$$

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

- Raideur équivalente:

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

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



- 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"

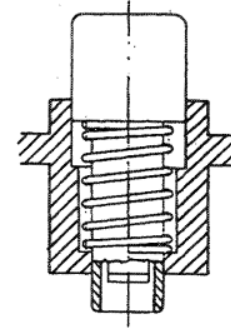
Principaux matériaux pour ressorts						
matériau	indice prix	diamètres fils mm	températures maxi °C	E N/mm ²	G N/mm ²	observations
C 60 à C 70 roulé	1	0,05 à 12	120	206 000	81 500	pour solutions économiques
C 60 à C 70 trempé-revenu	1,4	3 à 12	180	206 000	81 500	remplace les C80-C95 au gros diamètres
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
aciers 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
aciers 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
aciers 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

Principaux diamètres de fils normalisés pour ressorts à spires

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

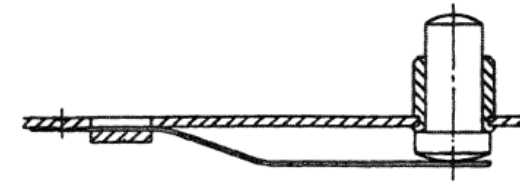
- Bouton poussoir

Ressort hélicoïdal – compression



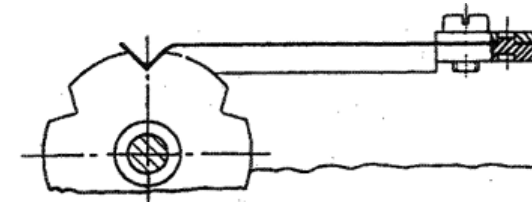
- Rappel de bouton poussoir

Ressort a lame – flexion



- Verrouillage en rotation

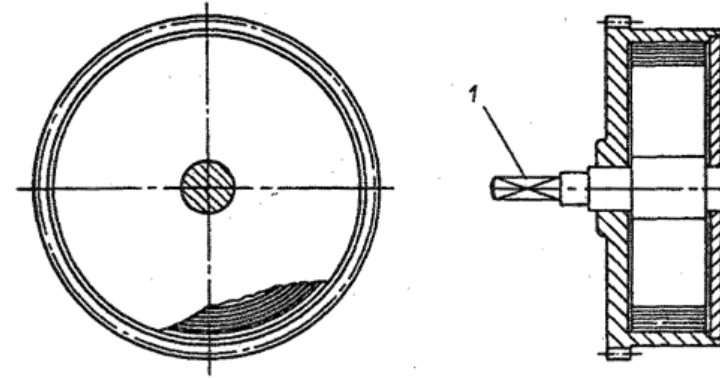
Ressort a lame – flexion



- Remontage

Ressort de torsion a spirale

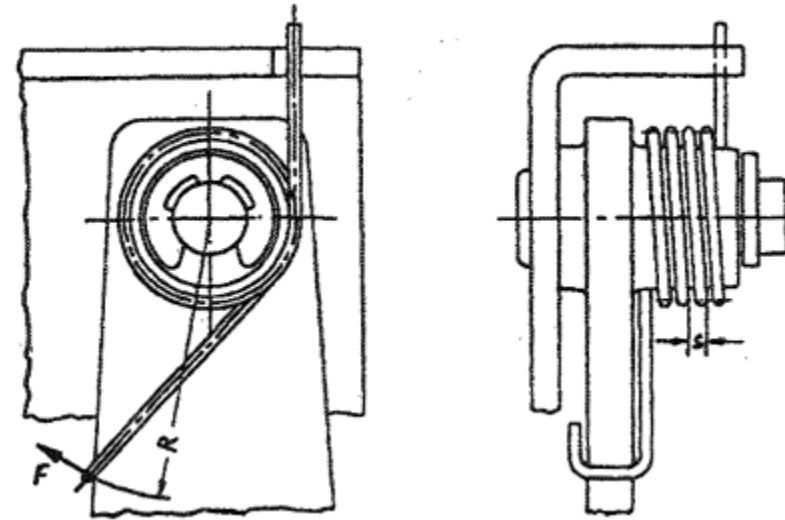
Déformation de flexion



- Rappel de levier

Ressort de torsion cylindrique
a spires

Déformation de flexion





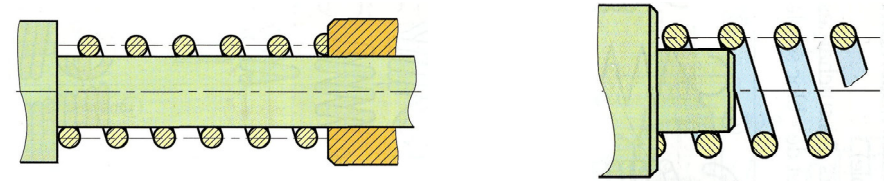
<http://www.axtil.fr/mdp-fabricant-ressort/fabricant-de-ressort.htm>

Proportions pour limiter le flambage:

$$p \leq 2/5 D_m$$

$$L_0 \leq 5 D_m$$

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

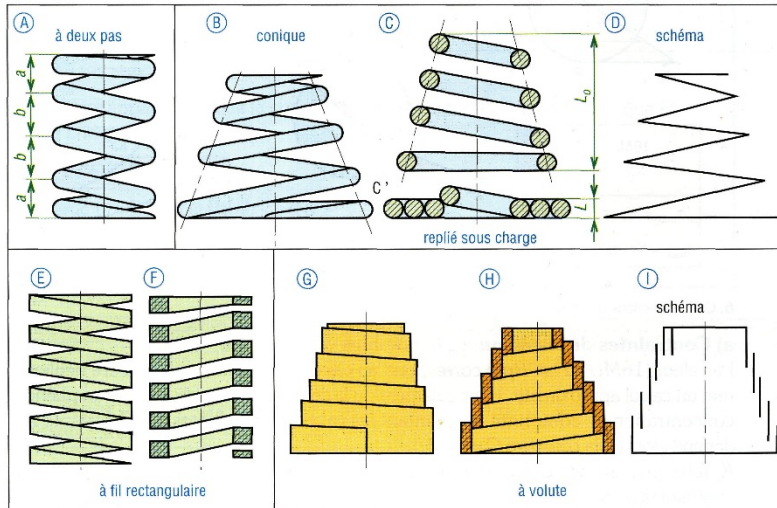


Extrémités:

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

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

Le fil travaille en torsion.



- Raideur et Fleche:

Flèche

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

Raideur

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

$f = L_0 - L$ = 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 N/mm² pour les aciers)

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

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

- **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

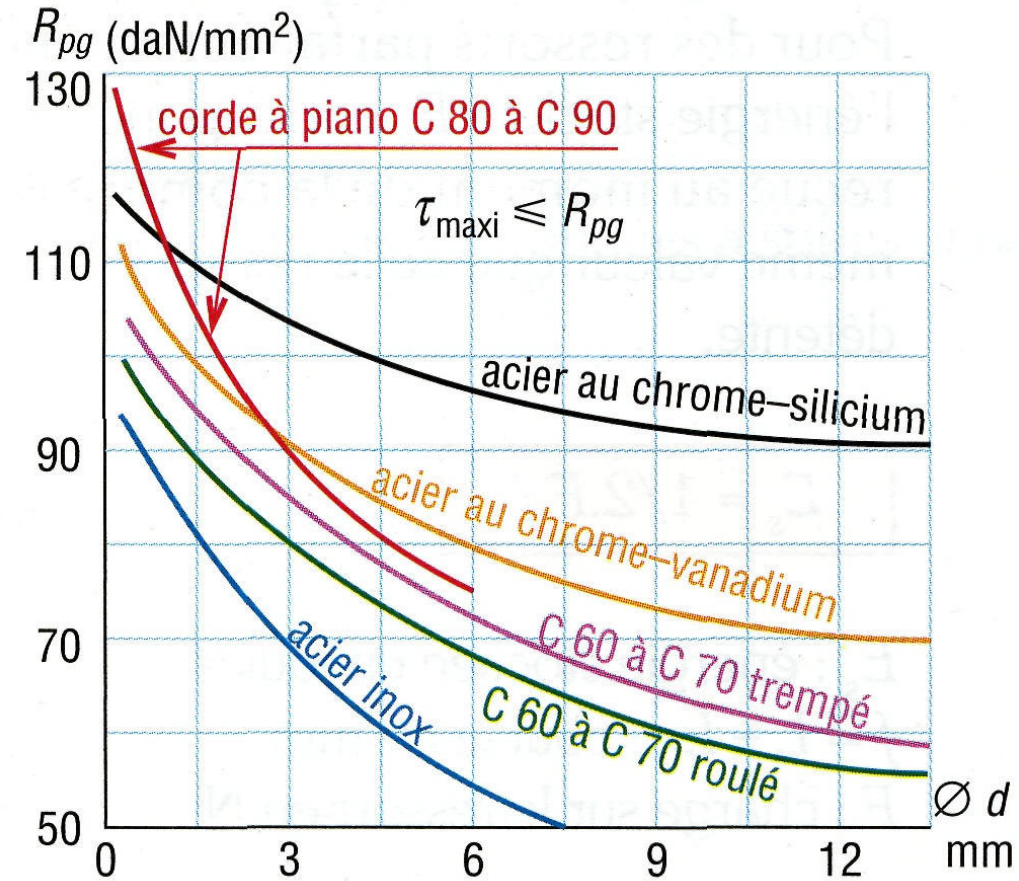
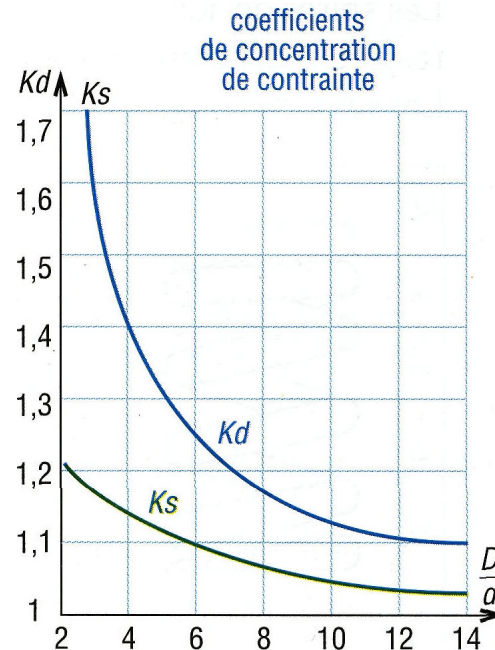
$$\tau_{max} \leq R_{pg}$$

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

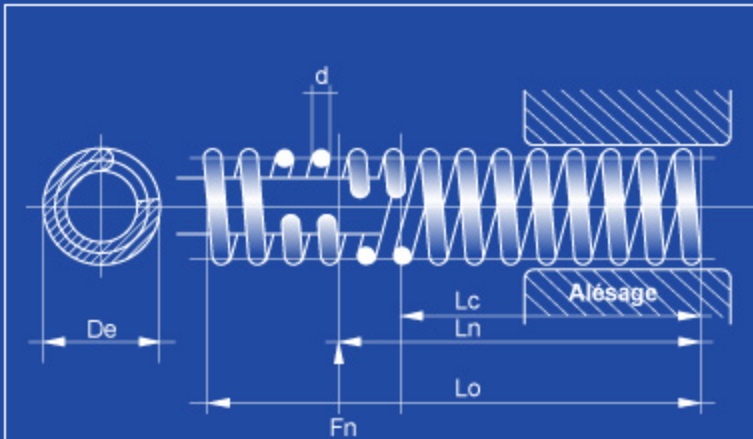


Exemple de ressort pour un projet de construction mécanique:

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

Matière: **Inox** ▼ Diamètre de fil \varnothing : **1.25** ▼ mm Diamètre extérieur: 1.2 - 54 mm

Valider



d : diamètre du fil en mm
 De : diamètre extérieur en mm
 L_0 : longueur libre en mm
 L_n : longueur maximale de compression en mm
 L_c : longueur à bloc en mm
 F_n : charge maximale en Newton sous L_n en Newton (N)
 C : constante/raideur en N/mm

Plus d'infos



Afficher **100** ▼

Recherche

d	De	L ₀	L _n	L _c	F _n	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:

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

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

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

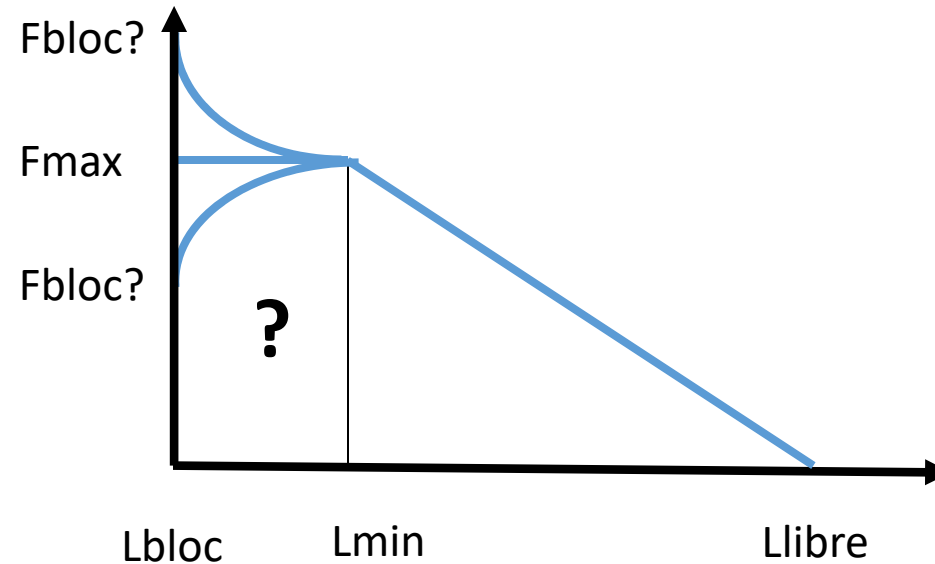
$$L_{\text{bloc}} = 25.90 \text{ mm}$$

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

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

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

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



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

Ressort de projet de construction mécanique – Application Numérique:

Nombre de Spires Actives

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

Flèche

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

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

Raideur

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

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 mm

L_0 = 93.50 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 N/mm² pour acier inox)

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

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

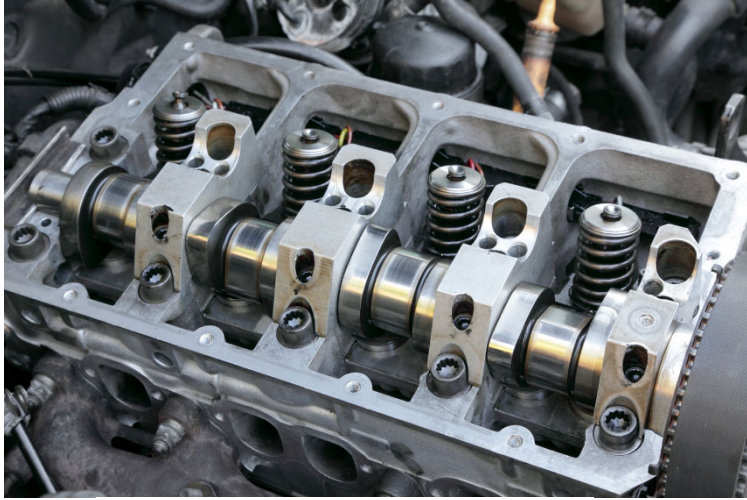
- Exemples



Ressort compression/traction

Ressort de compression ferroviaire



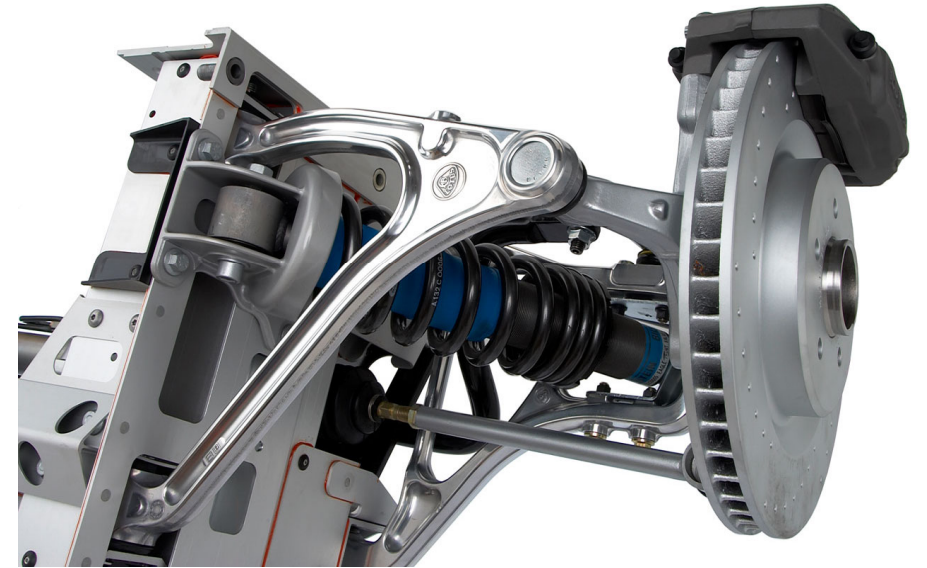


Ressorts de soupapes

http://www.jacquemet.com/metiers/ressort_de_compression#.UwZvE_IdV8E



Amortisseur Lotus Evora





Spires jointives

Fil fonctionne en torsion

Avec précontrainte (fabrication)

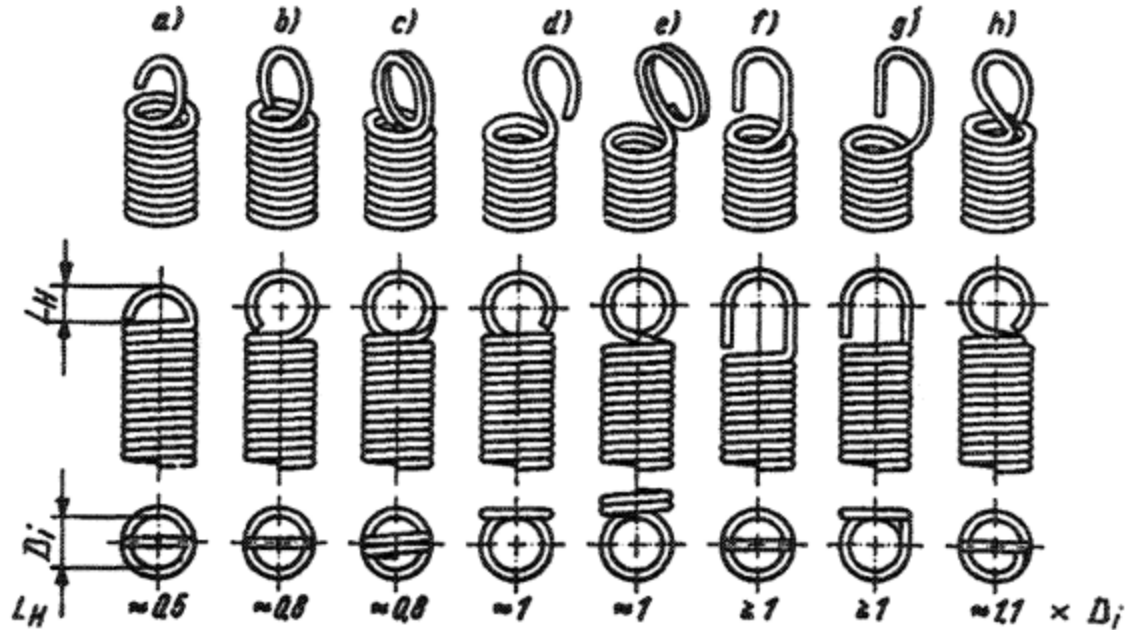
Boucle d'accrochage

$5 < D_m/d < 20$ (idéal 10)

$L_0 \geq D_m$

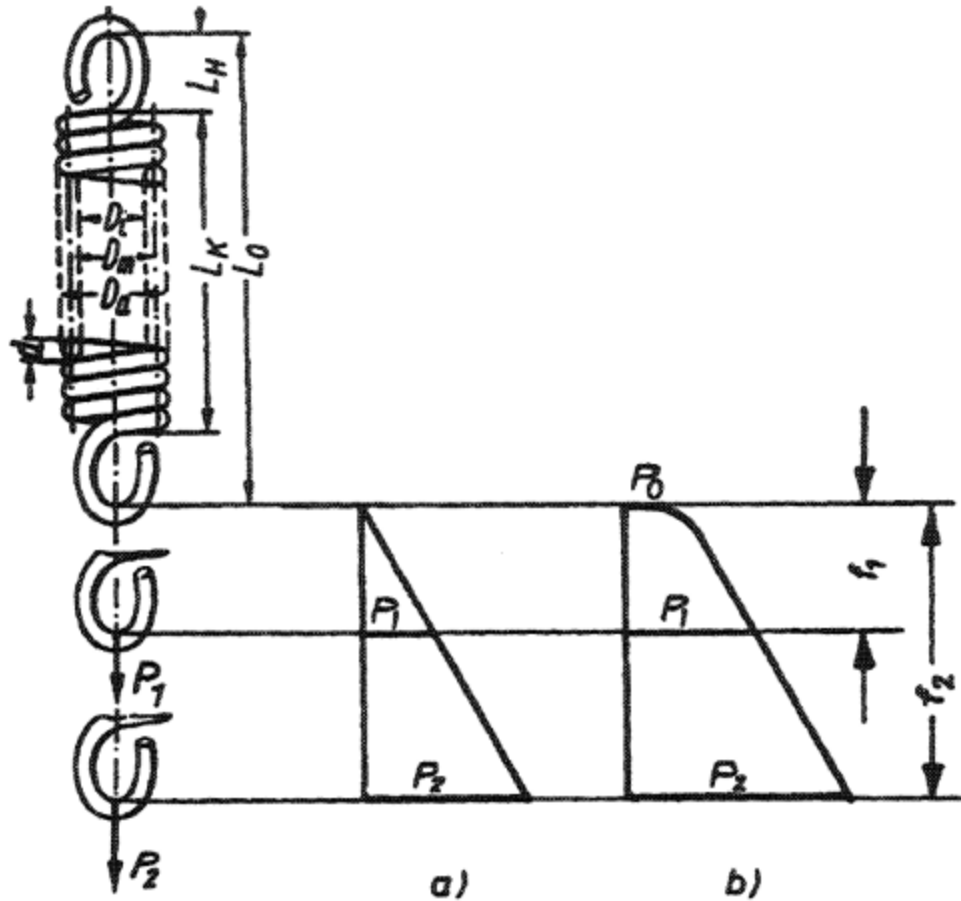
<http://www.axfil.fr/mdp-fabricant-ressort/fabricant-de-ressort.htm>

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:

Fèche

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

Raideur

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

$f = L - L_0$ = 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/mm² pour les aciers)

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

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

τ_0 , τ_{\max} , K_d , K_s comme pour ressorts de compression



Ressorts à spires

Fil travaille en flexion

Traversé par un axe

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

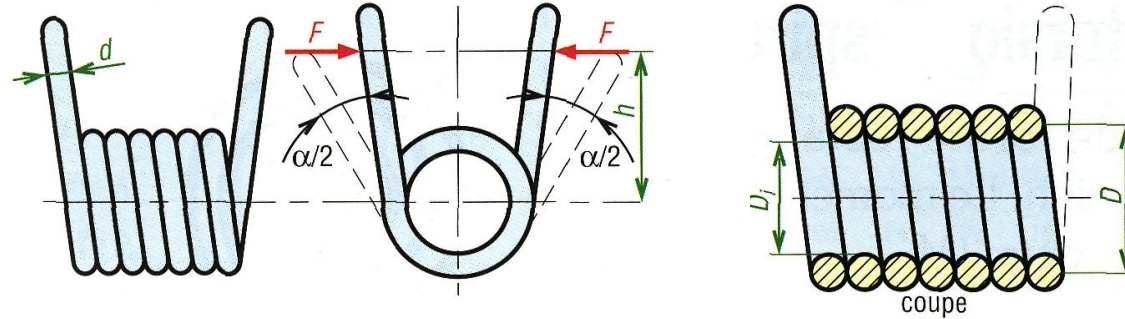
- Raideur et Angle:

Angle d'enroulement

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

Raideur

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



α = 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/mm²)

M_f = F.h = Moment de flexion (N.mm)

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

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

- Contrainte de Flexion:

Contrainte max

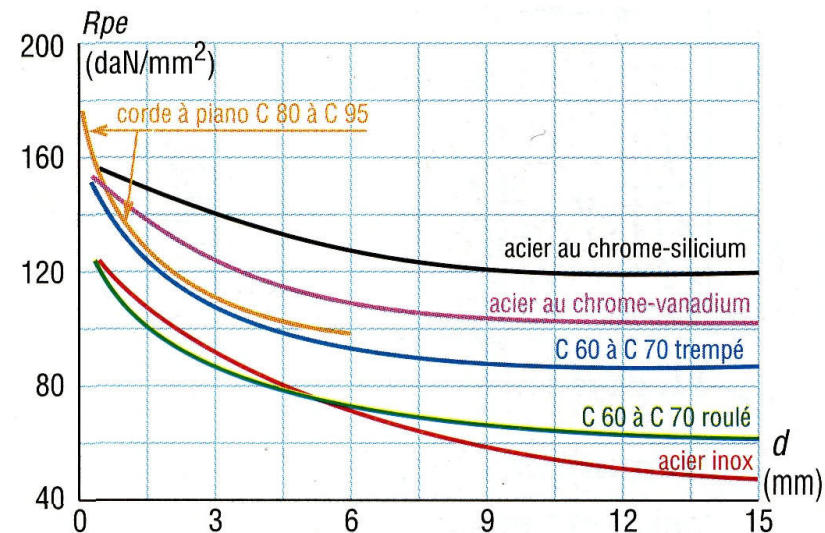
$$\sigma = K_f \frac{32h.F}{\pi.d^3} \leq R_{pe}$$

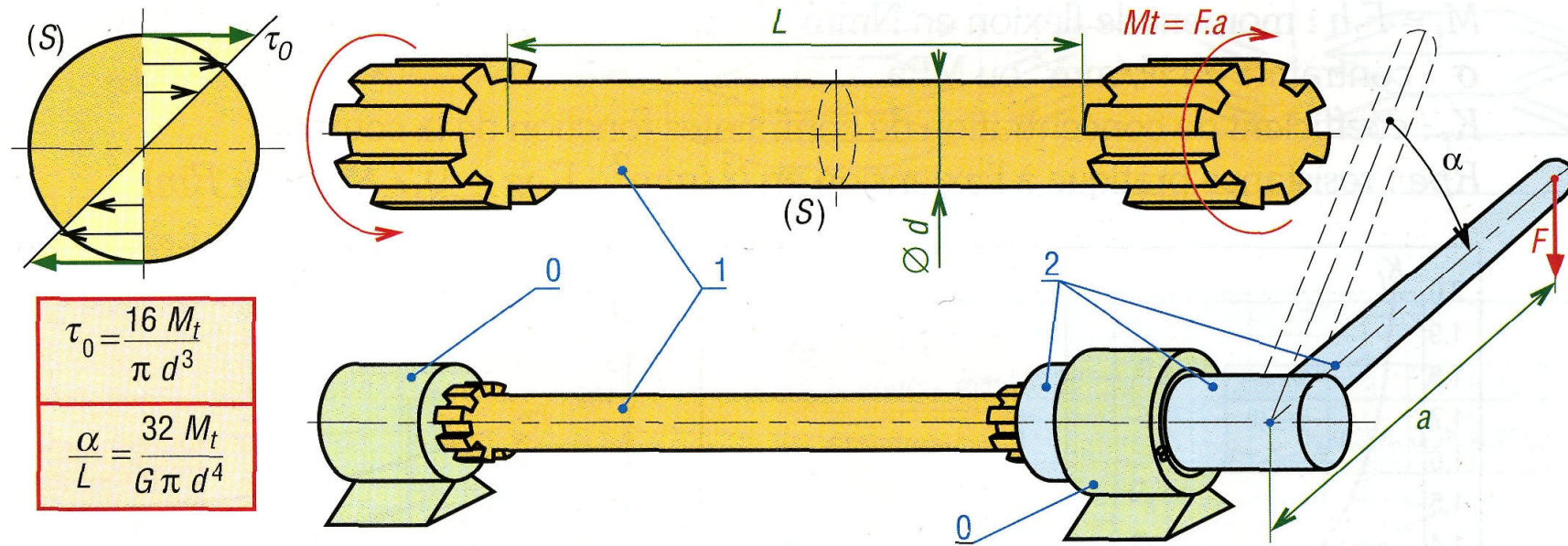
σ = contrainte (N/mm² ou MPa)

K_f = coefficient de concentration de contraintes

R_{pe} = résistance pratique à l'extension (N/mm²)

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





Beaucoup d'énergie pour un faible volume

Attention à l'ancrage, doit être solide

Suspension automobile

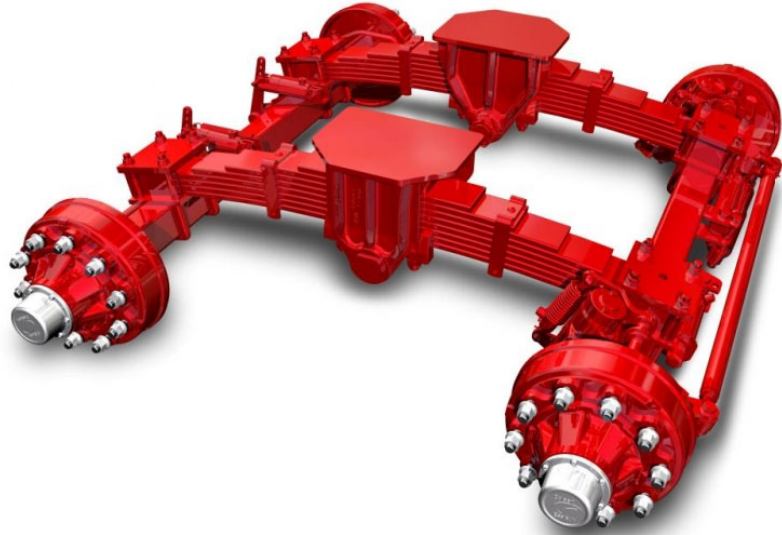
Barre antiroll Honda Civic





Ressorts Lame et Fixation

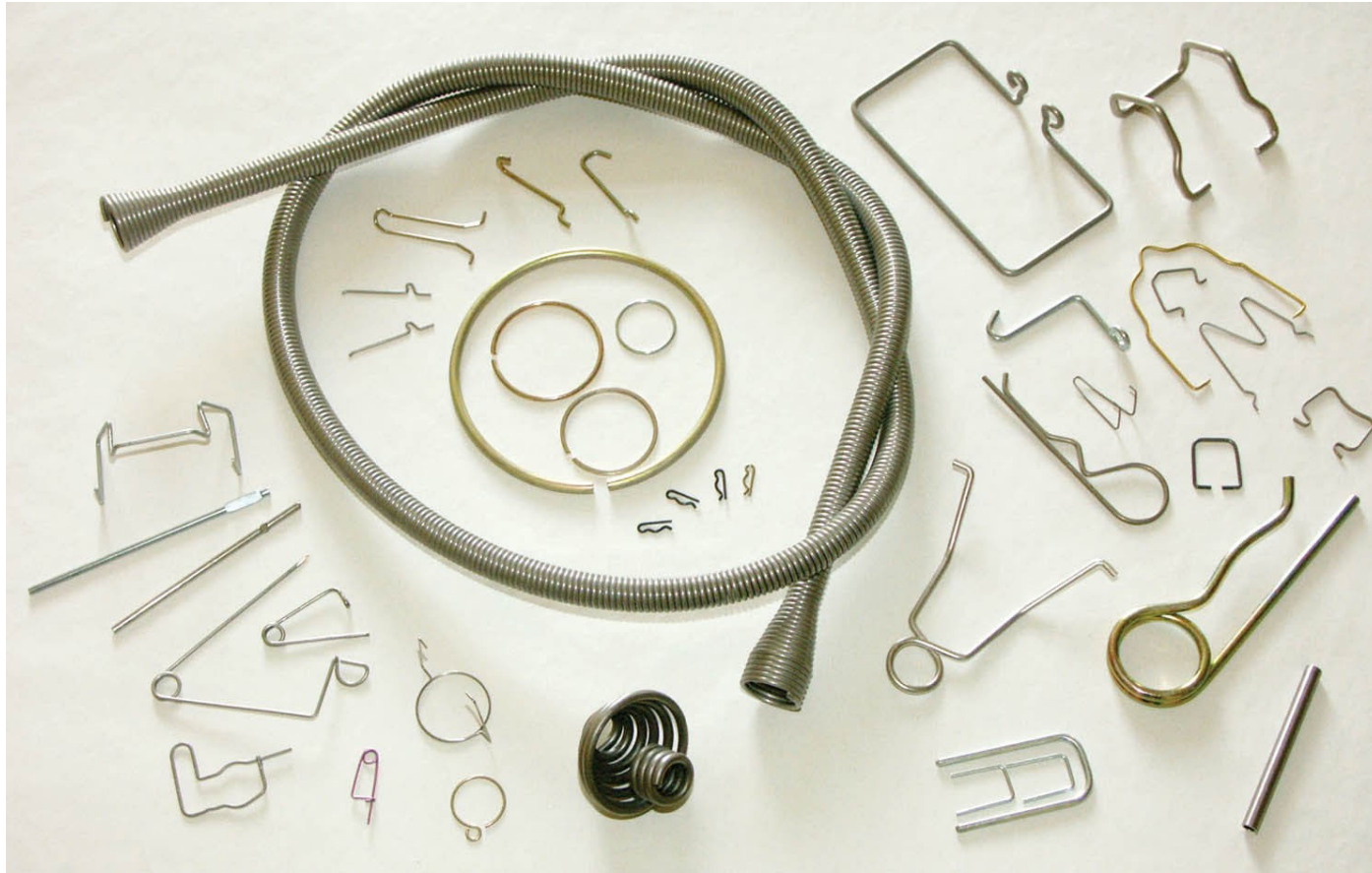
<http://www.axfil.fr/mdp-fabricant-ressort/fabricant-de-ressort.htm>



Ressorts à lames

Suspensions de remorque agricole

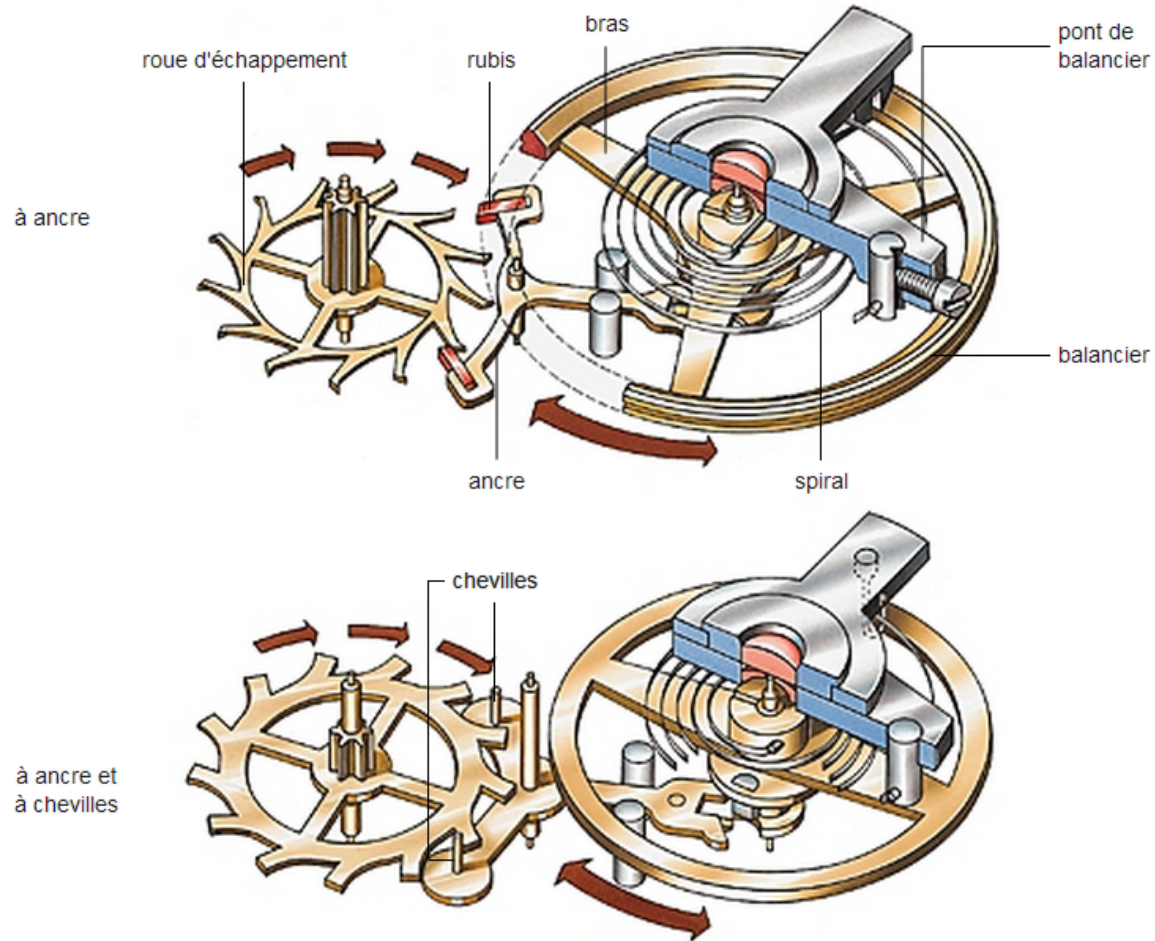
<http://www.thievin.fr/>



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.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