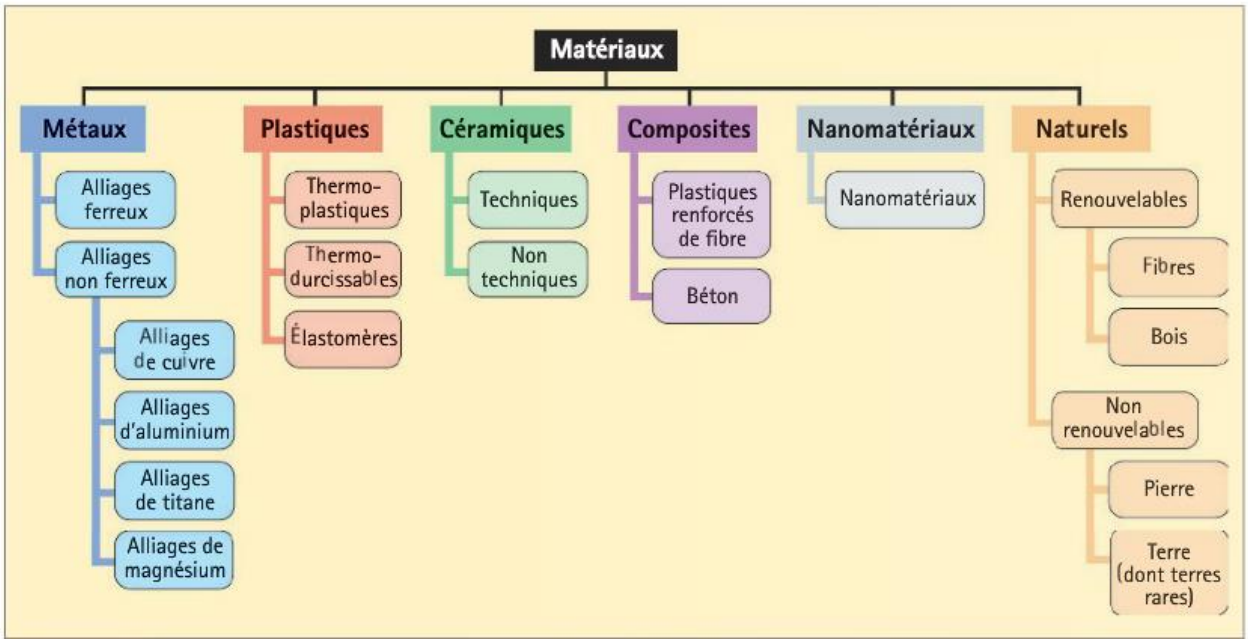
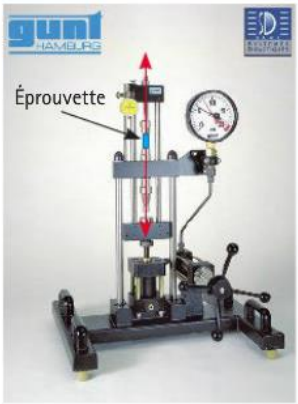
Synthèse – Caractérisation des matériaux

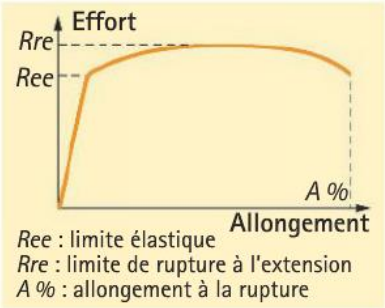
1. Classification des matériaux :



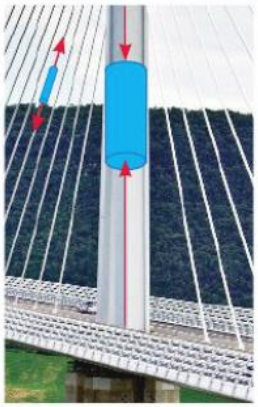
2. Caractérisation mécanique des matériaux :

Traction – Compression



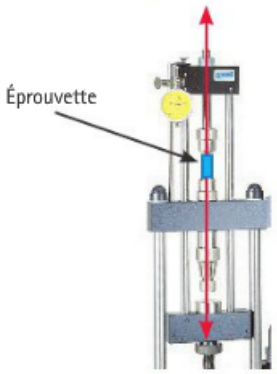


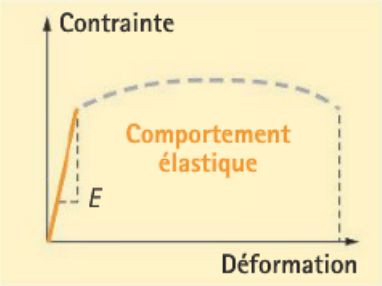
Soumise à l'extension, l'éprouvette s'allonge avant la rupture. Le comportement en traction (allongement positif) et le comportement en compression (allongement négatif) ne sont pas nécessairement symétriques (cas du béton)
L'essai de traction consiste à exercer un effort qui tend à allonger ou à comprimer une éprouvette constituée du matériau à tester



Le hauban du pont doit résister à l'effort de traction sans rompre, ni se déformer de manière permanente, la pile est soumise à la compression.

Élasticité





La **contrainte** σ est la force F exercée sur l'éprouvette divisée par l'aire S de sa section droite :

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

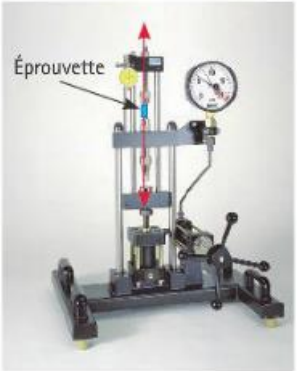
La **déformation** ε est l'allongement ΔL divisé par la longueur initiale L_0 de l'éprouvette :

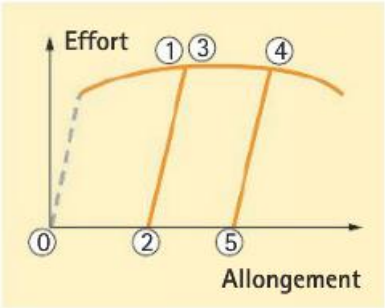
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Le ressort utilise le comportement élastique du matériau dont il est constitué. Il se déforme quand il est soumis à un effort mais il reprend sa forme et ses dimensions initiales si la sollicitation disparaît.

Un matériau a un **comportement élastique** s'il reprend ses dimensions initiales quand on relâche l'effort de chargement. Pour la plupart des matériaux, le comportement élastique est linéaire c'est-à-dire que la déformation est proportionnelle au chargement. Le **module d'Young du matériau**, noté E, est le coefficient de proportionalité : $\sigma = E \cdot \varepsilon$
Quand, dans le comportement élastique, une éprouvette s'allonge dans une direction (traction), les dimensions dans les directions transverses à celle-ci se réduisent.
Ce phénomène est caractérisé par le coefficient de Poisson.

Ductilité



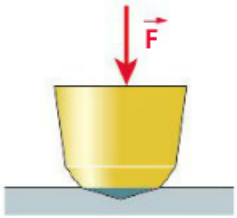


Emboutissage d'une canette en aluminium (http://aluminium.matter.org.uk)

Si la sollicitation est trop importante, des déformations permanentes apparaissent.
À partir du point 1 de l'essai, on supprime l'effort de traction ; on atteint alors le point 2 : l'allongement permanent se mesure entre 0 et 2. Si on reprend le chargement jusqu'en 4, la déformation permanente se mesure entre 0 et 5.
La ductilité des matériaux est utilisée par exemple dans le procédé d'emboutissage.

Dureté

Duromètre (Bareiss)



arbre à cames

La dureté conditionne par exemple la résistance à l'usure par abrasion.

La **dureté** caractérise la capacité du matériau à résister au poinçonnage (apparition d'une empreinte permanente laissée par un objet appliqué avec force sur la surface d'un matériau). L'essai de dureté consiste à appliquer une forme normalisée avec une force déterminée. La dureté est évaluée par la dimension de l'empreinte.

Synthèse – Caractérisation des matériaux

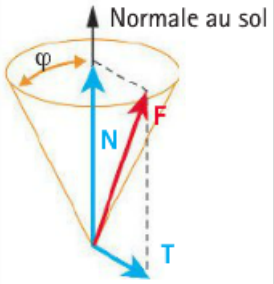
Compétences visées :

CO4.1

Quelques valeurs numériques :

Famille Matériaux		Matériaux (exemples)	Propriétés générales		Propriétés mécaniques		Propriétés thermiques	Propriétés électriques	Propriétés environnementales			Exemples ou Domaine d'application
			Prix (€ /Kg)	Masse volumique (Kg/m³)	Module d'élasticité (Gpa)	Limite élastique (Mpa)	Conductivité (W/m.°C)	Résistivité 10^{-8} Ohm.m	Impact carbone pour la production (Kg CO2/Kg)	Energie grise (MJ/Kg)	recyclable	
Métaux et Alliages	Alliage ferreux	Acier	0.5-6	7500-8000	210	300-1000	45-55	20-90	1.8-2	26-80	Oui	
		Fonte	0.43	6800-7400	100	270	56	110		19	Oui	
	Alliage non ferreux	Alliage d'aluminium	1.8	2700	75	265	155	2.8	12.8	210	Oui	
		Alliage de Cuivre	5.3	8900	130	265	275	1.76	3.7	60	Oui	
Matières plastiques (polymères)	Thermodurcissables	Epoxy (résine)	6.55	1250	2.7	54	0.34	10^7 à 10^{15}	7.2	133	X	
		Polyester	3.1	1220	3.2	51	0.29		3	71	X	
	Thermoplastiques	ABS	1.8	1100	2	35	0.26		3.8	95	x	
		Polyamides (nylon, PA)	3	1150	2.9	72	0.24		8	121	Oui	
		Polystyrène PS	1.6	1050	1.9	42	1.12		3.8	97	Oui	
Matières Hybrides	Composites	Epoxy + fibres carbone	30	1100	200-300	800-3200	1.95	Bon isolant	34.7	476	X	
	Matériaux naturels	Bois	0.5	500-1000	10-15	20-32	0.35		0.88	10.5	X	
	Fibres végétales	Mousse MD	5.5	92	0.008	0.38	0.06		3.6	106	X	
Matériaux céramiques	Céramiques	Béton	0.04	2000-2500	20	Traction :5 compression 20-40	1.6	Mauvais isolant	0.1	1.15	X	
		Brique	0.1	2200							X	
	Verre	Verre sodocalcique	112	2500	70	32	1	Bon isolant	0.76	10.5	x	

Frottement – Adhérence



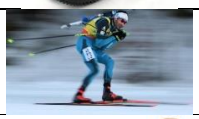
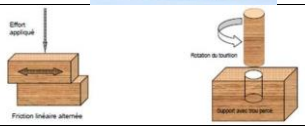
T et N sont les projections, respectivement sur l'axe tangent et sur l'axe normal au sol, de l'effort F exercé par le sol sur la roue.

- $T < f.N$ c'est l'adhérence (pas de glissement, f = coefficient d'adhérence))
- $T = f'.N$ il y a glissement (f' = coefficient de frottement)

Les coefficients f et f' dépendent de la nature des matériaux en contact, de la micro-géométrie des surfaces. Très souvent, f' est supérieur à f, ce qui explique la mise en mouvement rapide lors de la rupture d'adhérence.

C'est grâce à l'adhérence des roues sur le sol qu'un véhicule tient la route. Le fonctionnement des freins s'appuie aussi sur ce phénomène et un boulon reste serré parce qu'il y a adhérence entre la tête de vis et la pièce, entre l'écrou et la pièce, et entre l'écrou et la vis.

Quelques valeurs numériques de couple de matériaux :

Nature des matériaux en contact		Coefficient d'adhérence **fa** ou **f**		Coefficient de frottement (avec glissement) **fg** ou **f'**		Exemples d'application
		Surfaces Sèches	Surfaces humides	Surfaces Sèches	Surfaces humides	
Adhérence optimale souhaitée	Pneu/Route	0,8	0,6	0,6	0,1-0,3	
	Pneu/Neige		0,2			
	Pneu/Glace		0,05			
	Plaquette frein /Acier			0,3-0,5		*Disque acier / plaquette composite*
	Disque embrayage	0,5-0,6				
Frottement minimal souhaité	Bronze ou cuivre / Acier	0,08-0,16	0,1	0,1	0,09	*Cas utilisation : Guidage en rotation*
	Acier/PTFE	0,12-0,15	0,10	0,10	0,07	*Joint PTFE* *Arbre acier*
	Acier/Acier	0,18	0,12	0,1	0,09	
	Ski/Neige			0,01-0,04		
Autre	Bois/Bois	0,65	0,2	0,2-0,4	0,04-0,1	
	Métal/Bois	0,65	0,1	0,2	0,02-0,1	

Synthèse – Caractérisation des matériaux

3. Caractérisation électrique des matériaux :

Résistivité électrique

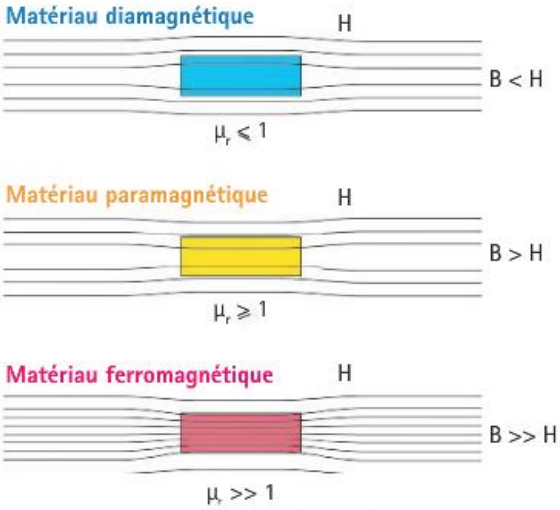
Stead electronic industries

$R = \rho \frac{L}{S}$

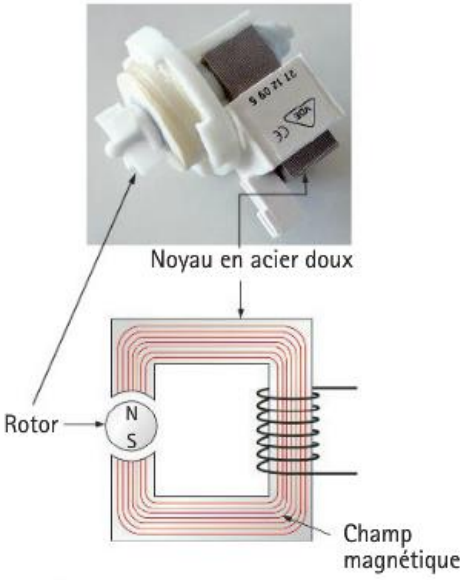
Le courant ne circule pas aussi facilement dans tous les matériaux. L'argent ou le cuivre offrent très peu de résistance. Les nanotubes de carbone présentent une résistance pratiquement nulle.
En revanche, le verre, certaines céramiques ou certains polymères sont très résistants, ils sont utilisés comme isolants.
La résistivité ρ représente la capacité du matériau à résister à la circulation d'un courant électrique.

Les jauges de déformation permettent de mesurer les déformations locales des structures matérielles.
Leur fonctionnement repose sur la résistivité du matériau qui les compose.
Le fil de la jauge s'allonge avec la structure testée et sa section diminue sous l'effet du phénomène de Poisson, sa résistance R se modifie avec la déformation de la structure.

Perméabilité magnétique



μ_r est la perméabilité magnétique relative (à l'air) du matériau.



Les matériaux ont divers comportements par rapport à un champ magnétique. En particulier, certains sont capables de modifier plus ou moins fortement un champ magnétique.
Par exemple l'acier doux (non allié), de perméabilité magnétique très élevée, est capable de canaliser les lignes de champ magnétique.

Ce comportement est utilisé dans les machines électromagnétiques comme les moteurs électriques. La bobine crée un champ magnétique variable qui est « canalisé » par le noyau magnétique jusqu'au rotor constitué d'un aimant.

Quelques valeurs numériques :

Matériaux	Résistivité	Perméabilité

Source : Technologie Nouvelle Edition, Nathan