

Classe de 3^e

Propriétés mécaniques des métaux

par M. BERTELOOT

Inclusion de la « Physique » dans la Chimie, exemple supplémentaire d'une division arbitraire, chapitre de notre programme qui se prête le plus aux « explications ». Ici, l'expérience au tableau est reine. Aucun moyen, ou presque, de réaliser l'expérimentation même collective. « Bille de Brinell », « mouton-pendule », autant en emporte le vent ! Quelques expériences portant sur la dureté comparée mais qui ressemblent tellement aux leçons de choses de l'école primaire !

Une partie de ce chapitre se prête cependant à une expérimentation intéressant nos élèves. L'élasticité et la ténacité des métaux. Alors mieux vaut traiter presque à fond cette question, et ne parler que rapidement des autres, sans se faire d'illusion sur ce « qui en restera ».

Il suffit d'un dynamomètre de bonne qualité, gradué jusqu'à 10 kgf et sensible à 100 gf par groupe de quatre élèves, qui tous trouveront un rôle dans cette expérience.

LE MATERIEL

Nous avons d'abord essayé les expériences vues dans les livres : les poids marqués accrochés aux fils de métaux divers. Que ceux qui ont essayé ce moyen, même en expérience collective nous décrivent leurs résultats. Pour mes élèves et moi ce genre d'expériences fut décevant. Cependant, l'intérêt jamais démenti qu'ils portaient à cette partie du programme, joint à notre propre ténacité nous firent peu à peu découvrir un matériel qui, cette année donna des résultats valables. Un défaut cependant, qui sera signalé, pourra être supprimé l'année prochaine.

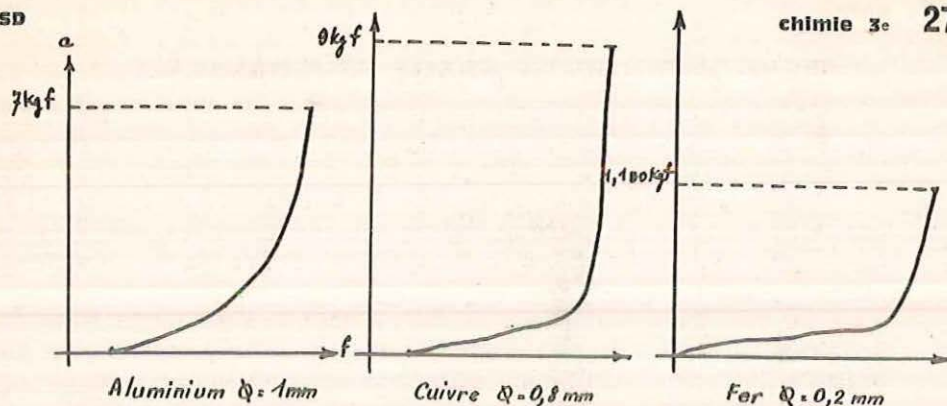
I. Les Eprovettes

Ce sont des fils d'aluminium, de fer et de cuivre, dont les diamètres sont mesurés au palmer. Aluminium 1 mm de diamètre, cuivre 0,8 mm et fer, 0,2 mm. Les fils d'aluminium et de fer proviennent de la commande annuelle dans les maisons de produits chimiques. Les fils de cuivre abondent : bobines de transfo, de dynamo de bicyclette, etc... Prendre la précaution de ne pas les tordre à l'utilisation ou au « stockage ».

II. Les bancs de rupture

Ce sont les tables elles-mêmes, « armées » du matériel suivant :

1. - *Serre-joints*. Ce sont des « bonnes-à-tout-faire » de notre matériel de Physique. Ils servent à fixer les poulies, les rails de frottement... et même le limographe.



2. - *Attache fixe* : Le fil est serré entre deux pièces de bois dur. Nous avons préféré le bois au métal, car il serre sans écraser le fil d'aluminium.

3. - *Fil éprouvette* : Dont la longueur est mesurée jusqu'à l'index 4 (de 0,30 m à 0,60 m).

4. - *Index d'allongement* : Fin fil de cuivre torsadé autour de l'éprouvette (sans tordre celle-ci). Il doit coulisser le long de la règle graduée 5.

5. - *Règle graduée* : On ramène son zéro au niveau de l'index, après le montage. On la fixe avec un serre-joint ou même au scotch, ou punaise, etc... (graduée au mm).

6. - *Attache mobile* : Quelques tours de fil éprouvette autour de l'anneau du dynamomètre. C'est le « point noir » de l'appareil. Nos fils ont presque toujours cassé à ce niveau malgré les précautions prises pour ne pas les tordre. Un système est recherché. Nous essaierons (quand nous aurons le temps) deux pièces de bois travaillées de telle sorte qu'elles serrent à la fois l'anneau et le fil.

7. - *Dynamomètre* : Graduée de 0 à 10 kgf (la rupture des fils de cuivre signalés se produit aux environs de 8 kgf).

8. - *Tige filetée* : L'extrémité de la courbure à 90° passant dans l'anneau du dynamomètre coulisse sur la table même. Ce système empêche la tige de tourner avec l'écrou-papillon et de soulever l'index, qui ainsi coulisse parallèlement à la règle. Donc, prévoir assez long. La tige filetée a au moins 35 cm. Car, à l'allongement du fil il faut ajouter celui du dynamomètre.

9. - *Pièce de bois dur*, percée au diamètre de la tige filetée, solidement fixée par le serre-joint.

10. - *L'écrou-papillon* : Entre le bois et l'écrou placer une « flotte », huiler le système (application des forces de frottement).

Ce système, pour déterminer une force de rupture relativement élevée avec une force motrice relativement faible, fut l'objet d'une discussion, lors de la « Conservation du travail dans une machine simple ». L'utilisation d'un filetage n'est qu'une application du plan incliné.

LA FICHE-GUIDE OU LA BANDE PROGRAMMÉE

Après quelques questions sur les définitions : élasticité, ténacité, elle se bornera à guider le mode opératoire et à répartir le travail dans le groupe d'élèves.

L'un exerce la force de traction en tournant régulièrement l'écrou-papillon. En ceci réside peut-être le succès dans les résultats, car la force est progressive et non « saccadée » comme dans les expériences avec les poids accrochés.

Le deuxième surveillera le dynamomètre. Il annoncera les forces, de 0,5 kgf en 0,5 kgf au début, puis surveillera attentivement pour amincir la force de rupture (qui n'est pas forcément un multiple de 0,5 kgf).

Le troisième surveillera les allongements correspondants aux forces amincies. Il surveillera attentivement pour connaître l'allongement total au moment de la rupture.

Le quatrième sera le secrétaire. Il remplira le tableau préparé. Forces exercées → allongements correspondants.

Ensuite la fiche-guide ou la bande aidera à réaliser la courbe représentative du phénomène.

Choix des axes - Echelle.

Une certaine unité dans ce choix est nécessaire pour la comparaison des courbes obtenues à l'aide des différents « bancs de rupture ».

LA SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Un délégué de chaque équipe construit rapidement la courbe au tableau (en indiquant le diamètre du fil, les longueurs (0,30 m à 0,60 m) et la nature). Sa courbe indiquera la force de rupture et l'allongement total.

Ce fut pour moi le meilleur moment de cette « leçon », car les résultats dépassèrent nos espérances.

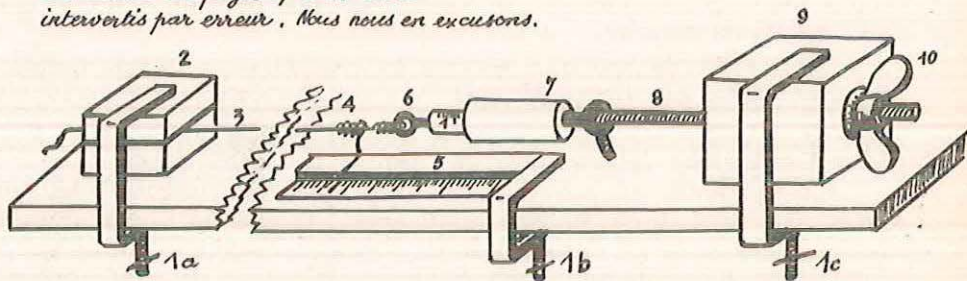
Les courbes sont « presque » semblables d'allure.

● Elles présentent trois caractères communs :

— Une période où la force crée un allongement non mesurable. « mise en charge », inertie du système.

— Une période où la courbe est droite. Certains ont de suite pensé aux ressorts. Nous avons rappelé la loi des allongements proportionnels aux charges. L'idée d'élasticité était née.

Les dessins des pages 27 et 28 ont été intervertis par erreur. Nous nous en excusons.



Cependant certains ont remarqué que le phénomène était moins net avec l'aluminium — qu'avec le cuivre et le fer — ce qui nous amène à considérer le deuxième caractère — et aussi le peu d'élasticité de l'aluminium.

— *Le « coude » de la courbe.* A des charges égales correspondent des allongements de plus en plus grands jusqu'à la rupture. Ceci se fait assez brusquement avec le fer et le cuivre. D'où l'idée d'une « limite d'élasticité » et la longueur approximative de la « force limite d'élasticité ».

● Elles présentent aussi des différences

— *Les forces à la rupture sont différentes :*

Hypothèses : — nature du métal ?

— mais aussi section des fils ?

— longueur des fils ? (Éliminé, voir plus loin).

L'idée d'une proportionnalité entre les forces de rupture et les sections pour un même métal est intuitive (nous l'avons admis sans expériences !) (Manque de fils calibrés et manque de « bancs »), et la comparaison nécessite donc la force qui romprait un fil de 1 mm de section. Ici, trois problèmes vivants ont été résolus pour trouver les charges de rupture des trois métaux et leur définition.

Comparaison des trois « ténacités ». Applications.

— *Les allongements sont différents*

Hypothèses : — nature du métal ?

— section du fil ?

— longueur des fils ?

Nous avons deux « bancs » avec des fils d'aluminium, de même diamètre, de longueurs différentes. Les forces de rupture étaient pratiquement (à 0,200 gf) les mêmes. Mais les allongements étaient presque dans le rapport des longueurs primitives.

L'idée de proportionnalité entre les longueurs primitives et les allongements sont beaucoup moins intuitives. Il a fallu « une explication », complète d'ailleurs, sur l'indépendance des allongements en fonction des sections d'un même métal. Elle fut cependant admise et nous avons calculé les allongements en cm pour 100 centimètres (3 autres problèmes vivants).

L'étonnement fut général sur les allongements possibles de ces métaux : 25 % !

— *Observation de fils avant la rupture, et après, pour le fil d'aluminium.* Une diminution nette de diamètre est apparue (ceci pouvant mener à la ductilité).

Observation aussi de la « rupture », fil en pointe des deux côtés.

● Conclusion :

Enfin, une leçon qui marquera dans ma mémoire de « pédago ». Marquera-t-elle aussi mes élèves ?

M. Berteloot