

# **BREVE HISTOIRE DE LA MECANIQUE DE RUPTURE**

## **G. Pluinage**

Laboratoire de Fiabilité Mécanique  
Université de Metz- ENIM

*"Celui qui ne connaît pas le passé ne comprend pas le présent et ne sait l'évaluer."*

### **LES PREMIERES PERCEPTIONS DU PHENOMENE DE RUPTURE**

La taille du silex a donné à l'homme préhistorique une première connaissance intuitive des problèmes de la rupture fragile. La taille du silex conduit à le débiter selon les plans de clivage. Ceux ci sont les plans de densité atomique maximale, plans qui nécessitent le minimum d'énergie pour la rupture. Le réseau cristallin complexe du silex conduit à plusieurs familles de plans dont la combinaison permet de façonner l'outil de pierre jusqu'à la forme désirée. La recherche de ces plans consistait à incliner le percuteur selon une direction telle que l'onde de choc produise par réflexion une contrainte de traction normale au plan de clivage. Cette direction n'était connu qu'après une première série de chocs et une démarche de type essai-erreur. A la fin du paléolithique la maîtrise du débit du silex permettait l'obtention de feuilles si fines que la transmission de la lumière au travers était possible. De telles feuilles était uniquement destinées à des usages artistiques ou religieux. L'extrême finesse de la feuille de pierre ne permettant plus d'envisager son usage comme outil.

Les anciens égyptiens étaient confrontés pour la réalisation de leurs plus célèbres monuments tels les pyramides et les temples à l'extraction de la montagne d'énormes blocs de pierre dont le poids de certains pouvaient peser plusieurs centaines de tonnes. Ils ne disposaient pour cela que d'outils en bronze alliage dont la dureté est bien inférieure à celle du granit utilisé. Le secret de leur méthode de débit nous a été révélé par des fouilles archéologiques réalisées au sud de l'Egypte dans les carrières de pierre utilisé aux époques des construction des grandes pyramides et du temple de Karnak. Une ébauche d'obélisque brisée a permis de constater que le pourtour de cet obélisque avait été esquissé en creusant régulièrement dans la roche des excavations cubiques de quelques centimètres de côté à l'aide vraisemblablement de burins de bronze (Photo N°1). Des coins de bois étaient enfoncés de force dans ces excavations et saturés d'eau. L'expansion du bois sous l'effet de l'augmentation de la teneur en eau étaient suffisante pour générer une contrainte de traction supérieure à la contrainte critique de la pierre, contrainte bien plus faible en traction que en compression. Une rupture dans une direction non désirée avait conduit à abandonner le débit avant l'extraction complète.

Les deux exemples précédents sont les témoignages de connaissance intuitive du mécanisme de clivage et du rôle des concentrations de contrainte qui nous étonne. On peut toutefois présenter un contre exemple fameux de la méconnaissance des problèmes de

rupture.

Le célèbre empereur Charlemagne avait vers l'an 778 entrepris une expédition militaire en Espagne contre les Sarrasins. Son arrière garde conduite par son neveu Roland fut attaquée par surprise dans les Pyrénées par les Basques qui tuèrent les soldats, pillèrent les bagages et demeurèrent impunis.

La chronique de l'époque, la Chanson de Roland mentionne que le neveu de désespoir, tente de briser sans succès sa fameuse épée portant le non de Durandal en la frappant de contre la pierre de "taille", c'est à dire selon la tranche. Il ignorait quand frappant à plat, la simple diminution du moment d'inertie provoquer une contrainte de flexion beaucoup plus grande et probablement suffisante pour dépasser la contrainte de rupture de l'acier trempé. Selon la légende, ces coups d'épée auraient ouvert la "brèche de Roland" au Cirque de Gavarnie (Photo N°2).

## **LES PREMIERS TRAVAUX ET APPROCHES MATHÉMATIQUES SUR LA RUPTURE (16<sup>ème</sup> - 18<sup>ème</sup> siècle)**

L'illustre Léonard de Vinci (15/04/1452-2/05/1519), génie universel est certes connu par sa peinture mais moins sur ses travaux sur la résistance de fil de fer intitulé « Expérience de la résistance d'un fil à une masse » où il découvrit que la résistance à la rupture décroît avec la longueur du fil (Figure N°1).

*"Dois-je vous rappeler la manière de mener une expérience sur la « Résistance », c'est à dire comment mesurer le poids qui peut être supporté par un fil ? Voici comment cette expérience doit être menée :*

*Suspendre un fil de fer de deux brasses de long à un endroit où il sera solidement fixé, ensuite y fixer un seau (ou n'importe quel objet) dans lequel vous verserez du sable fin qui tombe d'une trémie à travers une canule ; Au moment où le fil ne pourra plus soutenir le poids, laisser le seau se casser. Mais juste avant, ajuster un petit ressort au tuyau pour qu'il bouche l'orifice et empêche le sable de couler*

*Répéter l'expérience pour dans le seau. Le saut tombera droit d'une hauteur d'un demi pouce ;*

*Noter le poids qui a provoqué la rupture du fil et noter l'endroit où le fil s'est rompu ; confirmer que le point de rupture est toujours au même endroit ;*

*Maintenant renouveler l'expérience avec un fil de moitié moins long que le premier puis avec un fil du quart de la longueur et ainsi de suite en faisant varier les longueurs.*

*Vous noterez pour les différents cas de figure, le poids de rupture et l'endroit où elle s'est produite."*

Par notre connaissance actuelle de la théorie statistique de la rupture fragile (celle de Weibull par exemple), il nous apparaît évident aujourd'hui que la probabilité d'apparition du maillon le plus faible conduisant à la rupture augmente avec le volume du corps sollicité.

Un autre génie du moyen âge Galiléo Galilée (5/02/1564 – 29 /12/1641) a déterminé la résistance à la rupture de poutre encastree possédant différentes longueurs et sections droites (Figure N°3a). Il présenta l'analyse de ses travaux dans "Discorsi e dimostrazioni mathematiche"(Figure N°3b). Dans ceux ci il suppose que la résistance des poutres est proportionnelle à la section et donne une analyse mathématique des résultats d'essai. A la lueur des connaissances actuelles, nous savons que cette analyse est incorrecte car plus exactement la résistance dépend du moment d'inertie.

Robert Hooke ( 18/07/1635-3 /03/1703) publia en 1675 en tant que secrétaire de la Royal Society britannique des résultats d'essais (Figure N°4a). sur des ressorts en spirales ou hélicoïdaux. En effet à cet époque il y avait un débat passionné entre plusieurs fabricants de montres (Tompion à Londres, Turet à Paris). Hooke pour savoir quel allongement peuvent

supporter les ressorts en spirales ou hélicoïdaux (Figure N°4b). en tant que force motrice des montres, énonça ses résultats sous forme d'une citation latine "Ut tensio sic vis" qui résume la théorie de l'élasticité.

Georges Louis Leclerc qui prit le nom de Buffon quand il devient comte naquit à Montbard en France le 7 Septembre 1707. Il mourut le 16 Avril 1788. En 1732, Buffon obtint l'héritage de sa mère et devient propriétaire de forêts à Montbard. Il entreprit alors dès le début de 1733 des expériences "pour augmenter la force et la durée du bois" et "pour améliorer son bois de construction afin de le vendre plus cher ?" [1].

Pour réaliser ses expériences sur la résistance du bois, il a choisi "cent chênes sains et vigoureux". Buffon expérimentait dans ses forêts comme dans ses forges, c'est-à-dire toujours en grand. Les plus petits chênes avaient 2 pieds 1/2 de circonférence (soit 75 cm) et les plus gros 5 pieds (soit 1,50 m). Les arbres étaient choisis de diverses grosseurs pour se rapprocher de l'usage. Conscient de l'influence du taux d'humidité sur les propriétés du bois et de la difficulté de contrôler ce paramètre, il choisit de réaliser ses expériences sur le bois vert. Les poutres étaient testées le surlendemain de l'abattage de l'arbre.

Buffon conçut une machine pour réaliser ses expériences (Figure N°2). Celle-ci était constituée de deux forts tréteaux de 7 pouces d'équarrissage, de 3 pieds de hauteur et autant de longueur, renforcés dans leur milieu par un bois debout. On posait sur ces tréteaux les deux extrémités de la pièce de bois que l'on voulait rompre. Une boucle de fer, de dimension variable suivant la poutre à tester, et munie intérieurement d'une autre, enlaçait celle-ci en son milieu. A la partie inférieure de cette boucle, deux crochets de fer portaient une forte table de 74 pieds de longueur et 6 pieds de largeur par l'intermédiaire d'une clef en bois. Cette table servait à placer des poids consistant en 300 quartiers de pierres taillées et numérotées qui pesaient chacun 25, 50, 100, 150, 200 livres. On bâtissait sur la table un massif de pierres aussi haut qu'il était nécessaire pour rompre la pièce. Huit hommes chargeaient continuellement et deux placés sur un échafaud suspendu en l'air par des cordes plaçaient les poids au-dessus, quatre autres appuyaient et soutenaient les quatre angles de la table pour l'empêcher de vaciller ; un autre avec une règle en bois mesurait la flèche prise par la poutre, un autre encore marquait les données (le temps, la charge et la flèche).

Mais le but essentiel de ses travaux était de dresser des tables sur la force du bois sur lesquelles il pouvait compter et que tout le monde pouvait consulter. Ces tables seront par la suite utilisées dans les manuels d'ingénieurs jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle. Elles donnent les valeurs de la résistance du bois pour les poutres de 4 à 8 pouces d'équarrissage (11 à 22 cm) et de 10 à 28 pieds de longueur (3,20 m à 9,10 m). La comparaison des résultats d'expériences lui ont permis de "soupçonner" que la force du bois décroît plus qu'en raison inverse de la longueur.

Au cours de ces expériences, il avait pressenti la diminution de la contrainte de rupture avec le temps, phénomène connu sous le nom de fluage. Il en avait d'ailleurs tiré une règle pratique énoncée de la façon suivante : " Il ne faut au bois tout au plus que la moitié de la charge qui peut le rompre, et il n'y a que dans les cas pressants et dans les constructions qui ne doivent pas durer, comme lorsqu'il faut faire un pont pour passer une armée, ou un échafaud pour secourir ou assaillir une ville, qu'on peut hasarder de donner au bois les deux tiers de sa charge ".

L'influence des nœuds, cause de dispersion et de rupture prématurée intrigua Buffon. Il les simula dans des pièces saines en les perforant et en remplissant les trous avec des chevilles.

*" Et j'ai reconnu par là combien les nœuds ôtent de force au bois, ce qui est beaucoup au-delà de ce qu'on pourrait imaginer ".*

Les travaux de Buffon sur la résistance du chêne marquèrent une étape importante dans la connaissance de ce matériau. Jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle, les recherches sur le bois évoluèrent peu,

et les tables de Buffon furent reprises par la plupart des manuels d'ingénieurs. Ensuite l'art de l'ingénieur fut plus porté vers les progrès de la construction métallique et les règles de dimensionnement basées sur l'élasticité.

### **PREMIERES APPROCHES EXPERIMENTALES (18 ème-19 ème siècle)**

Des essais systématiques de résistance des matériaux ont été réalisés par Franz Carl Achard (1753-1821) qui réalisa des essais de traction, flexion et de dureté sur 906 matériaux différents en utilisant les équipements de l'époque que l'on voit décrit dans les figures 5.a à 5.c. Il publia ses résultats en 1788. A cet époque, on considérait principalement la résistance des matériaux en traction (Figure 5a), flexion (Figure 5b), compression (Figure 5c) et aussi la résistance au flambage de colonnes élancées. Ces machines se perfectionneront au siècle suivant (Figures N° 6 et N° 7).

Les travaux de Charpy sur les essais d'impact ont été présentés pour la première fois au congrès de Budapest de l'Association Internationale pour les Essais de Matériaux en 1901 [1]. La communication de G. Charpy, Ingénieur principal à l'usine Saint Jacques de Montluçon était écrite en français et intitulée "Note sur l'essai des métaux à la flexion par choc de barreaux entaillés".

Le pendule réalisé par Charpy est présenté dans la figure N° 8. Le poids du pendule était de 50 kilogrammes et la distance entre l'axe de rotation et le couteau était de 4 mètres. Le pendule était enchâssé dans un bloc de maçonnerie de cinq mètres cubes. L'éprouvette était placée sur deux supports réalisés à partir d'une tôle de 1600 kilogrammes. La hauteur après impact était mesurée directement grâce à la vitesse très lente du pendule au niveau de la remontée maximale. Charpy indique que *"La différence entre les hauteurs initiale et finale multipliée par le poids du pendule donne la valeur du travail de rupture"*.

L'énergie dissipée dans les frottements avait été évaluée par un essai à blanc et trouvée comme inférieure à 2 % de l'énergie totale. Une correction expérimentale avait été proposée de façon à obtenir une erreur finale négligeable. L'erreur due à l'énergie cinétique était considérée comme inférieure à 1 % de l'énergie totale car le poids de l'éprouvette était 150 fois plus petit que le poids du pendule.

En outre, les fragments étaient projetés à une distance faible de l'ordre de 2 à 3 mètres. G. Charpy estimait qu'il pouvait mesurer le travail de rupture avec une erreur inférieure à 1 %. Il a en outre proposé d'exprimer le travail de rupture pour une épaisseur infiniment petite et d'appeler cette grandeur la résilience. Il avait mentionné que ce mot avait été proposé par Russel. Les unités utilisées étaient des kilogrammes - mètres par centimètre carré. Il semble qu'à cette époque, le concept de rupture fragile ne soit pas très clair. G. Charpy mentionne :

*"Les essais sur des éprouvettes entaillées ne sont pas des essais de rupture fragile. C'est uniquement un essai qui permet de classer des métaux avec forte ou faible résilience. Le mot métal fragile est à utiliser pour un métal possédant des propriétés différentes à l'impact ou sous-chargement statique."*

### **LES PIONNIERS DE MECANIQUE LINEAIRE DE LA RUPTURE**

Le verre présente une grande fragilité et a servi pour cette raison, de matériau d'expérience à Griffith [3] (Photo N°3) pour vérifier de sa théorie de la rupture fragile. Il a pour cela utilisé des boules sphériques ou des tubes cylindriques de verre préalablement entaillés par un couteau à verre diamanté sur une longueur  $2c$ . La contrainte circonférentielle

de rupture a été déterminée et le produit  $\sigma_{\theta\theta}^c \sqrt{c}$  calculé. La valeur moyenne expérimentale de ce produit était de 251 lbs.per sqi. inch inch valeur proche de la valeur théorique de 266 calculé par la relation (Figure N°9):

$$\sigma_{\theta\theta}^c \sqrt{c} = \sqrt{\frac{2\gamma_s E}{\pi v}} \quad (1)$$

Irwin [4] a défini la force d'extension de fissure G en 1948. Le concept de facteur d'intensité de contraintes n'est apparu que plus tardivement car dans cette référence il est noté que la distribution des contraintes dans un système de coordonnées r et  $\theta$  est de la forme :

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{EG}{2\pi r}} \cdot f_{ij}(\theta) \quad (2)$$

E est le module de Young et  $f_{ij}$  une fonction angulaire. En 1954, Irwin et Kies [5] ont attribué à la grandeur  $\sqrt{EG}$  le sigle K, première lettre du nom de Kies, le technicien d'Irwin.

## EXPLOSION DE CRITERES DE MECANIQUE ELASTO-PLASTIQUE DE LA RUPTURE

Dans les années 1960-1970, on assista à l'apparition d'un nombre très important de critères de rupture du domaine élastoplastique (environ une trentaine) que l'on peut classer en sept familles qui sont reportées dans le tableau suivant.

Type de critère	Type	Paramètre du critère	Auteurs	Année
Contrainte	Global	Facteur d'intensité de contrainte critique $K_{IC}$	Irwin et Kies [5]	1954
	Local	Contrainte critique de clivage $\sigma_c^*$ + distance caractéristique $X_C$	Ritchie, Knott et Rice [6]	1973
Déformation	Global	Facteur de ductilité à l'entaille	Randall et Merkle [7]	1972
	Local	Ecartement critique de fissure $\delta_c$	Wells [8]	1963
Energie	Global	Intégrale J	Rice [9] Cherepanov [10]	1968
	Local	Densité d'énergie de déformation critique $W_c^*$	Guillemot [11]	1965
Interpolation	Global	Méthode des deux paramètres	Dowling et Townley. [12]	1974

Certains de ces critères ont eu un succès notoire et sont encore largement utilisés dans les codes de construction.

## MECANIQUE DE RUPTURE D'ENTAILLE

L'effet d'entaille est caractérisé par le fait que la contrainte de rupture d'une section entaillée est inférieure à celle d'une structure de section réduite à la largeur du ligament sous entaille. Cet effet d'entaille est illustré par le diagramme de Feddersen de la figure N° 10.

Dans ce diagramme on a reporté la valeur de la contrainte globale critique  $\sigma_g^c$  en fonction de la

profondeur d'entaille  $a$  normalisée par la largeur  $W$ . La courbe correspondante a pour équation :

$$\sigma_g^c \cdot \left(\frac{a}{W}\right)^\beta = \text{cst} \quad (3)$$

L'effet d'entaille est défini par la différence entre cette courbe et celle correspondant au critère contrainte nominale critique  $\sigma_N^c$  égale résistance ultime du matériau  $R_m$ .

$$\sigma_g^c \cdot \left(1 - \left(\frac{a}{W}\right)^\beta\right) = R_m \quad (4)$$

L'index de sensibilité  $q$  à l'entaille est donné par la relation :

$$\frac{\sigma_N^c - \sigma_g^c}{\sigma_N^c} = q \quad (5)$$

On voit sur ce diagramme que la fissure caractérisée par l'équation de Griffith est un cas particulier d'entaille dont l'effet est le plus marqué. Ce qui justifie l'assimilation de tout défaut ou discontinuité géométrique à une entaille dans une approche conservatrice.

$$\sigma_g^c \cdot \sqrt{\left(\frac{a}{W}\right)} = \text{cst} \quad (6)$$

Williams [12] en 1954 a étudié la distribution des contraintes en fond d'une entaille infiniment aiguë d'angle. Il a montré que cette distribution était caractérisé par un facteur d'intensité de contraintes d'entaille  $K^*$  qui caractérise la singularité de contraintes. Cette singularité de contraintes est toujours présente car le rayon d'entaille est nul donc l'acuité est infinie. Ceci est la conséquence du concept "fissure = coupure de plan".

La tendance actuelle est de considérer que la singularité de contraintes ne peut exister réellement en raison de la relaxation des contraintes qui s'opère par émoussement, déformation plastique et endommagement. Toutefois à une certaine distance du fond d'entaille, on peut définir une pseudo singularité défini par un facteur d'intensité de contraintes  $K_p$ . Cette distance reste toutefois dans les limites du volume d'élaboration du processus de rupture. C'est pour cette raison que la valeur critique de ce paramètre a été récemment proposé comme critère de ténacité.

## CONCLUSION

L'étude moderne des problèmes de rupture des matériaux a été marqué par trois concepts importants :

- La rupture amorcée par un défaut ne s'explique pas par une approche de type "point chaud", c'est à dire que la contrainte locale maximale ne gouverne pas le processus de rupture. En cela la mécanique de rupture de démarque de la théorie classique de la résistance des matériaux.
- On considérera tout défaut comme une fissure équivalente.
- Les critères de ruptures s'énonce surtout en terme de contrainte, souvent terme d'énergie, rarement en terme de déformation. La rupture intervient lorsque la valeur de ce critère atteint la valeur de la ténacité considérée plupart du temps comme caractéristique du matériau.

On cherchera dans l'analyse de ces trois concepts, des pistes pour une évolution de la mécanique de rupture .

La mécanique de rupture ne s'applique pour toute taille de défaut et notamment pour les très petits comme pour les très grands. Ces limites dépendent d'ailleurs des matériaux. La limite inférieure est très faible pour les métaux, assez grande pour les composites. Pour ces derniers, la dispersion des résultats ne permet d'ailleurs pas de trancher entre un critère de rupture type mécanique de rupture ou analyse limite.

Quand on utilise la mécanique de rupture d'entaille, ses limites d'utilisation sont réduites et diminuent quand l'acuité d'entaille diminue. Les limites d'application de ces théories dépendent aussi du niveau de contrainte critique par rapport à la limite d'élasticité, le rapport de 62 % a été souvent évoqué comme limite pour la mécanique linéaire mais aucune précision n'a été apportée pour les limites d'utilisation des différents critères de mécanique élastoplastique de rupture.

Considérer tout défaut comme une fissure équivalente est une procédure hautement conservatrice. Mesurer la ténacité avec des éprouvettes pré-fissurées est aussi conservatrice longue en temps coûteuse et parfois non nécessaire. Une prise en considération de la géométrie réelle du défaut commence à être utilisée.

La ténacité est de moins en moins considérée comme une grandeur caractéristique du matériau mais qui dépend de la géométrie, du mode de chargement, de la taille de la structure. On cherche maintenant à la caractériser par deux paramètres : la ténacité dans un état de référence et son évolution en fonction de la triaxialité des contraintes, du gradient de contrainte relative d'un rapport de contraintes caractéristiques etc. Le choix et le nombre de paramètres additionnels est à l'heure actuelle une question ouverte.

#### REFERENCES:

- [1] Buffon P.M. "Mémoire sur la force du bois" Compte-rendu de l'Académie des Sciences (1776).
- [2] M.G. Charpy "Note sur l'essai des métaux à la flexion par choc de barreaux entaillés." Association Internationale pour l'essai des matériaux. Congrès de Budapest, (1901).
- [3] Griffith. A.A "The phenomena of rupture and flow of solids" Philosophical Transactions of the Royal Society A.221 pp163-198, (1920).
- [4] Irwin G.R "Analysis of stresses and strain near the end of a crack traversing a plate" Trans ASME Journal of applied mechanics, 24, pp 361-364, (1948).
- [5] Irwin G.R., Kies J.A Journal of Welding ,33, pp 1935-1985, (1954).
- [6] Ritchie R.O., Knott. J.F et Rice J.R "On the relation between critical tensile stress and fracture toughness in mild steel". Journal of mechanics of physics and solids, 21, pp 395-410 (1973).
- [7] Randall P.N and Merkle J.G "Effects of crack on the gross strain crack tolerance of A 533 B steel". Journal of Engineering industrie ASME B, 95 (1), pp 935-944, (1972).
- [8] Wells.A.A "Application of fracture mechanics at and beyond general yielding", British Welding Institute Journal, Vol 10-11, pp 563-570, (1963).
- [9] Rice J.R , " A path independant integral and the approximate analysis of strain concentration by notches and cracks" Journal of Applied Mechanics 35, p 379-386, (1968).
- [10] Cherepanov G.P International Journal of Fracture ,VOL 4, PP3-27, (1968).
- [11] Guillemot F. "Brittle fracture of welded Materials" Second Commonwealth Welding Conference London, C7, pp 353-382, (1976).
- [12] Dowling A.R et Townley C.A " The effects of defects on structural failure " a two criteria approach" International Journal of Pressure Vessel and piping, vol 3, pp 77-107, (1974).
- [13] Williams M.L.; " Stress singularity resulting from various boundary conditions in angular corners of plates in extension," Journal of Applied Mechanics, Vol.19, N°4, pp 526-528 (1952).

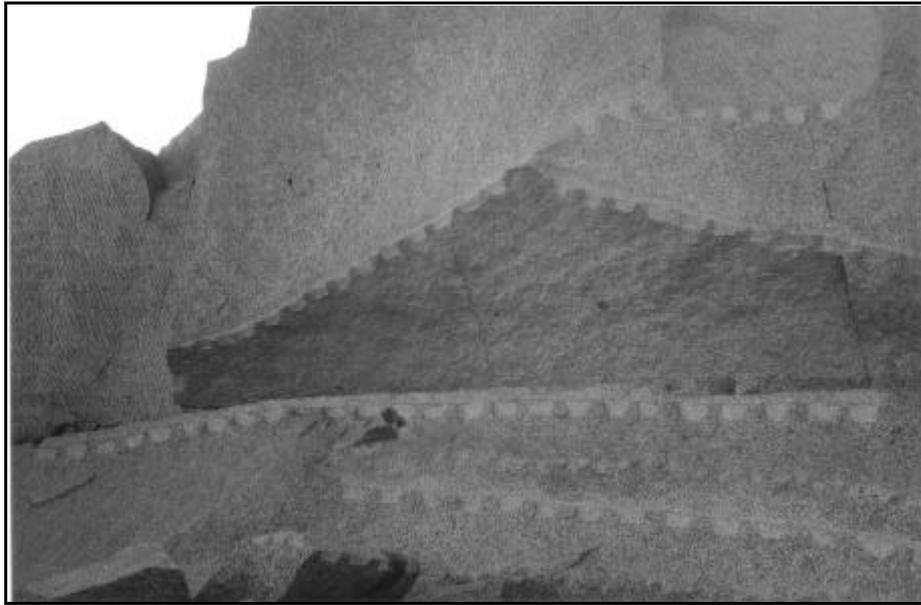


Photo N° 1 : Photographie indiquant les traces d'excavations dans la roche pratiquées par les anciens Egyptiens pour débiter les pierres. Un coin de bois était inséré dans le trou et arrosé ensuite d'eau pour provoquer une tension critique par gonflement.



PHOTO N° 2 : La brèche de Roland au Cirque de Gavarnie..



Figure N° 1 : Schéma de l'expérience menée par Léonard de Vinci (15/04/1452-2/05/519), sur la résistance de fils de fer.

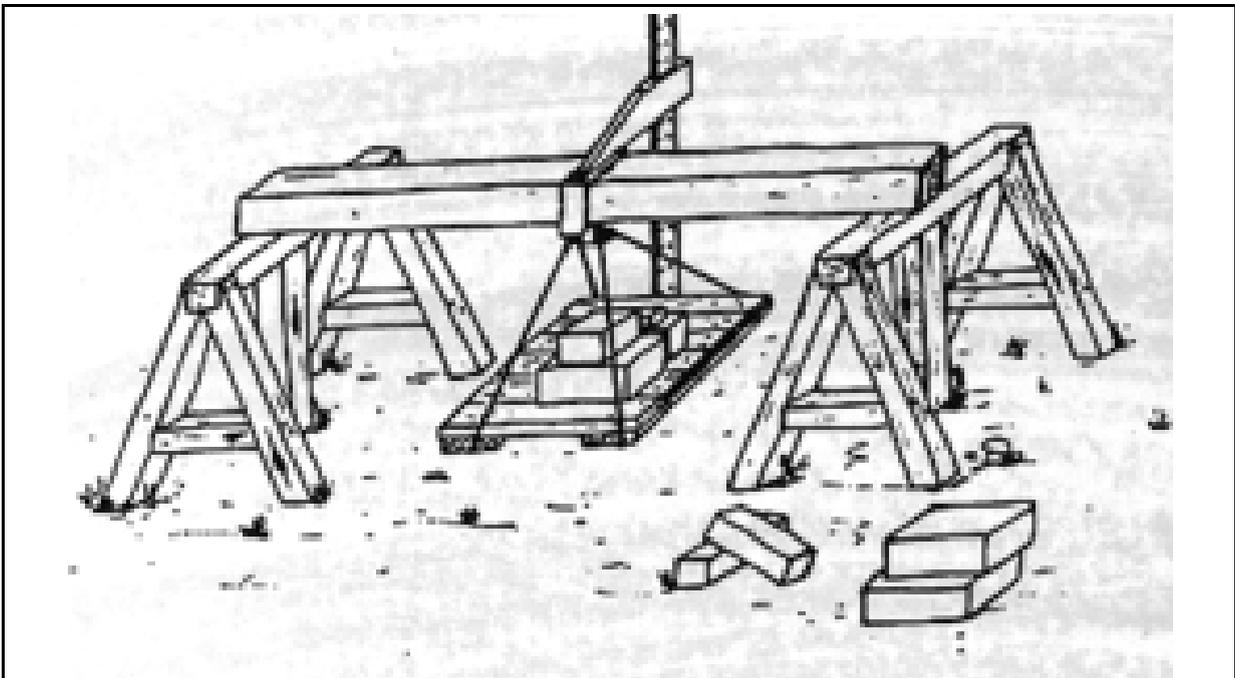


Figure N° 2 : Schéma de l'expérience menée par Buffon (7 /09 1707- 16/ 04 /1788 )sur la résistance du bois..

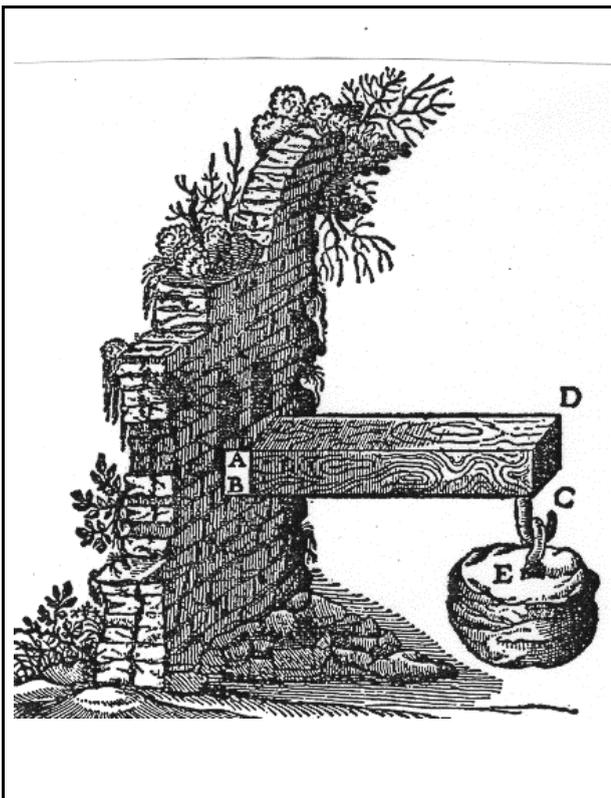


Figure N° 3a : Expérience de Galilé (1564-1641) sur la résistance à rupture de poutre encastree

DISCORSI  
E  
DIMOSTRAZIONI  
MATEMATICHE,  
*intorno à due nuoue scienze*

Attenenti alla  
MECANICA & i MOVIMENTI LOCALI;  
*del Signor*

GALILEO GALILEI LINCEO,  
Filosofo e Matematico primario del Serenissimo  
Grand Duca di Toscana.

*Con una Appendice del centro di gravità d' alcuni Solidi.*



IN LEIDA,

Appresso gli Elsevirii. M. D. C. XXXVIII.

Figure N° 3b : Mémoire de Galilé (1564-1641) sur la résistance à rupture de poutre encastree

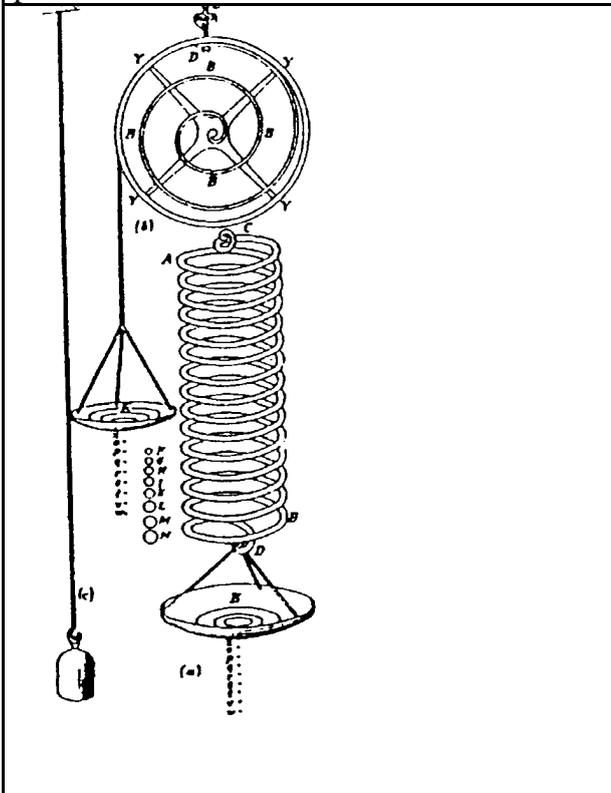


Figure N° 4a : Expérience de Hooke (1635-1703) su l'allongement de ressort de montres.

LECTURES  
*De Potentia Resistiva,*  
OR OF  
SPRING

Explaining the Power of Springing Bodies.

To which are added some

COLLECTIONS

*Viz,*

*A Description of Dr. Pappus Wind-Fountain and Force-Pump.  
Mr. Young's Observation concerning natural Fountains.  
Some other Considerations concerning that Subject.  
Captain Stenon's remarks of a Subterraneous Cause and Cistern.  
Mr. G. T. Observations made on the Pike of Teneriff, 1674.  
Some Reflections and Conjectures occurr'd thereupon.  
A Relation of a late Eruption in the Isle of Palma.*

By ROBERT HOOKE S.R.S.

LONDON,

Printed for John Martyn Printer to the Royal Society  
at the Bell in St. Pauls Church-Yard, 1678.

Figure N° 4b : Mémoire de Hooke (1635-1703) su l'allongement de ressort de montres.

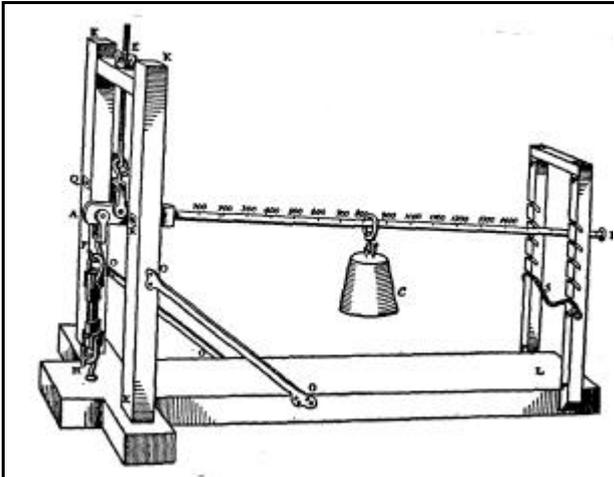


Figure 5a : Machine d'essai de Traction utilisée par Franz Carl Achard ( 1753-1821)

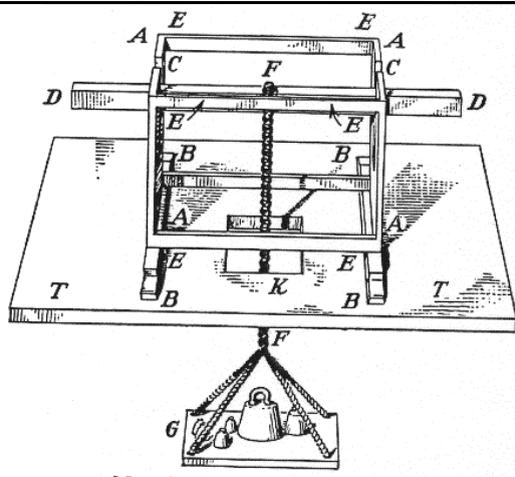


Figure 5b : Machine d'essai de flexion utilisée par Franz Carl Achard ( 1753-1821)

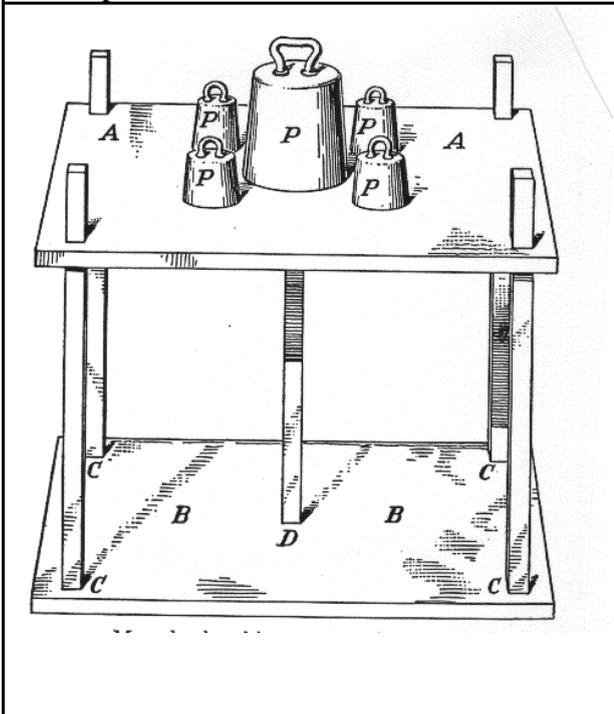


Figure 5c : Machine d'essai de compression utilisée par Franz Carl Achard ( 1753-1821)

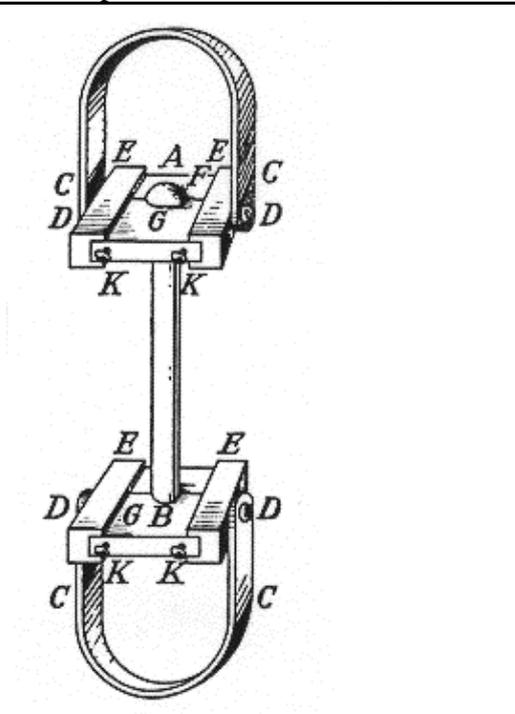
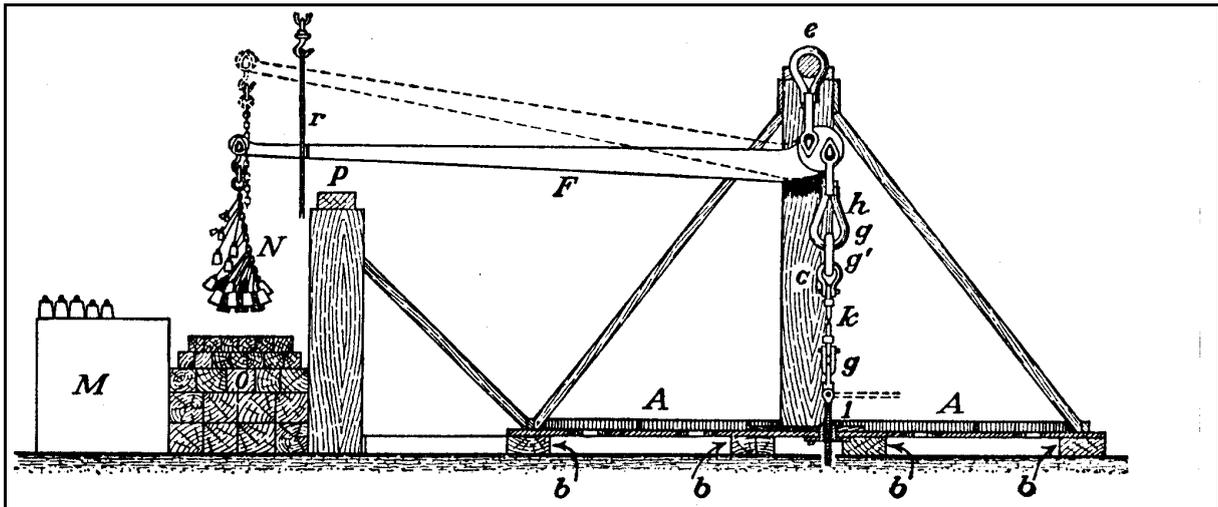
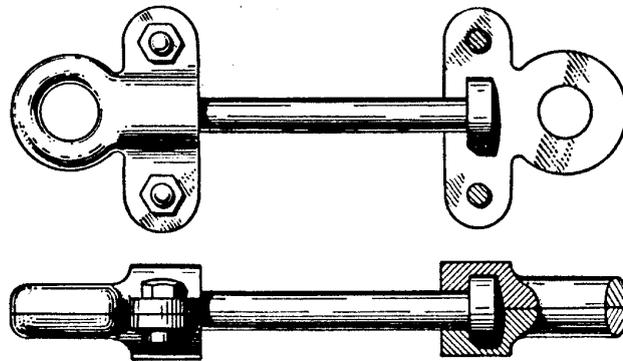


Figure 6 ; Machine d'essai de traction 19 ème siècle.



Kirkaldy's testing machine.



Kirkaldy's tensile-test specimens.

Figure N°7 / Machine de traction de Kyraldy.

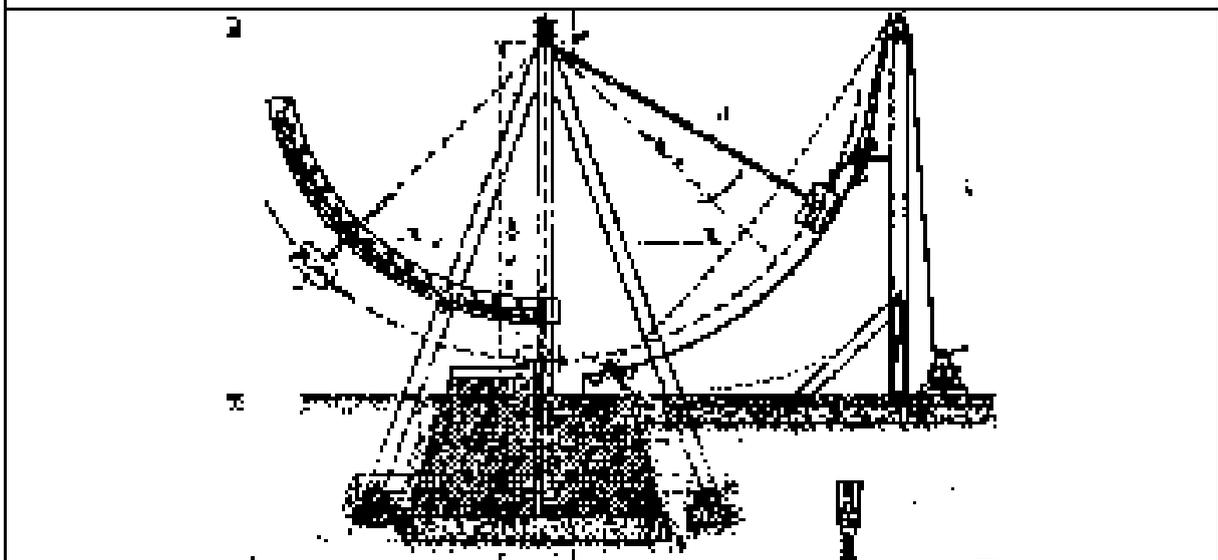
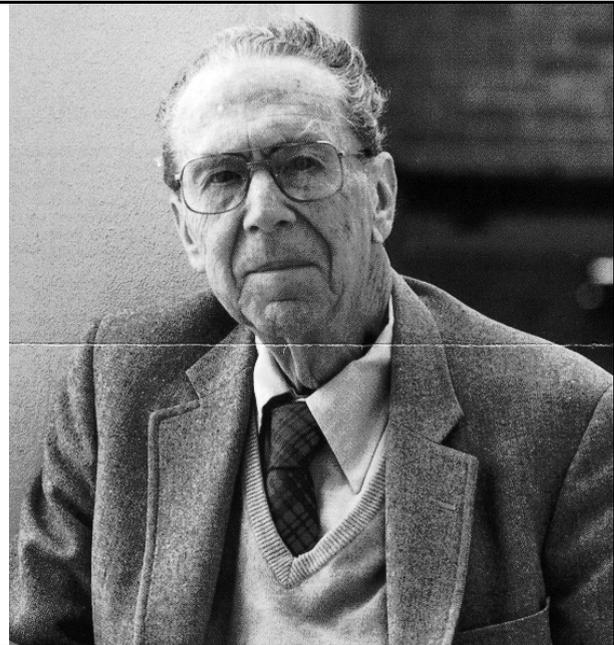
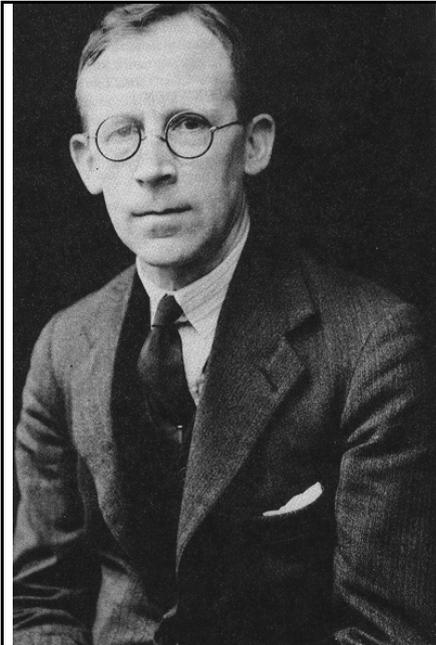


Figure N°8 : Schéma du dispositif d'essai de choc proposé par G Charpy [2].



VI. *The Phenomena of Rupture and Flow in Solids.*  
 By A. A. GRIFFITH, M. Eng. (of the Royal Aircraft Establishment).  
 Communicated by G. I. TAYLOR, F.R.S.  
 Received February 11,—Read February 26, 1920.

CONTENTS.

	Page
1. Introduction . . . . .	163
2. A Theoretical Criterion of Rupture . . . . .	163
3. Application of the Theory to a Cracked Plate . . . . .	167
4. Experimental Verification of the Theory . . . . .	172
5. Deductions from the foregoing Results . . . . .	177
6. The Strength of Thin Fibres . . . . .	180
7. Molecular Theory of Strength Phenomena . . . . .	183
8. External Application of the Molecular Orientation Theory . . . . .	186
9. Practical Limitations of the Elastic Theory . . . . .	192
10. Methods of Increasing the Strength of Materials . . . . .	194
11. Application of the Theory to Liquids . . . . .	195
12. Summary of Conclusions . . . . .	197

**Analysis of Stresses and Strains Near the End of a Crack Traversing a Plate**  
 By G. R. IRWIN, WASHINGTON, D. C.

A substantial fraction of the mysteries associated with crack extension might be eliminated if the description of fracture experiments could include some reasonable estimate of the stress conditions near the leading edge of a crack particularly at points of onset of rapid fracture and at points of fracture arrest. It is pointed out that for somewhat brittle tensile fractures in situations such that a generalized plane-stress or a plane-strain analysis is appropriate, the influence of the test configuration, loads, and crack length upon the stresses near an end of the crack may be expressed in terms of two parameters. One of these is an adjustable uniform stress parallel to the direction of a crack extension. It is shown that the other parameter, called the stress-intensity factor, is proportional to the square root of the force tending to cause crack extension. Both factors have a clear interpretation and field of usefulness in investigations of brittle-fracture mechanics.

Photo N° 3 : Griffith .A.A

Photo n° 4 : Irwin.G

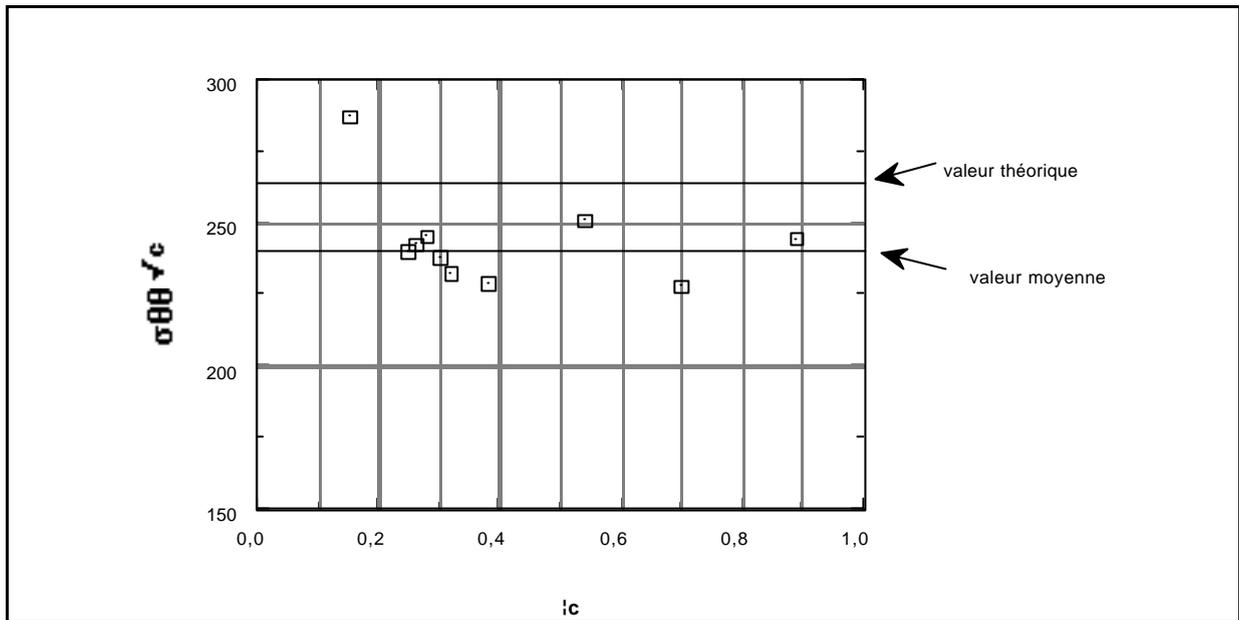


Figure N° 9 : Présentation des résultats expérimentaux obtenus par Griffith [3].

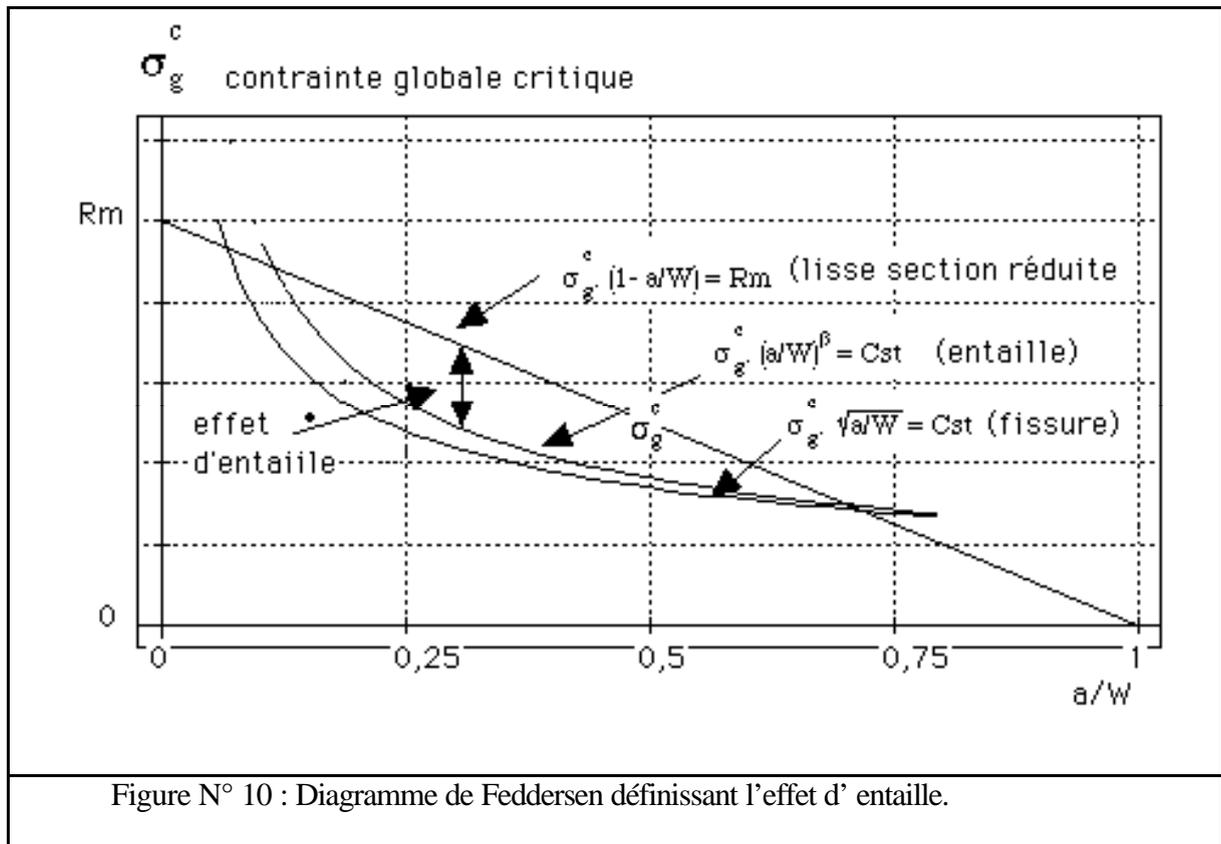


Figure N° 10 : Diagramme de Feddersen définissant l'effet d'entaille.