

Master 2 - TP Méthodes expérimentales
Etude du comportement en flexion
d'un béton fibré



ANNEXES

Annexe 1 : **RESULTATS DE CALCUL AUX ELEMENTS FINIS**

Annexe 2 : **DISCUSSION SUR LA THEORIE DES POUTRES**

Annexe 3 : **LVDT**

Annexe 4 : **CAPTEUR DE FORCE**

Annexe 5 : **FIBRES METALLIQUES DRAMIX 80-60**

Annexe 6 : **DESCRIPTION DE LA MACHINE D'ESSAI INSTRON**

Master 2 - TP Méthodes expérimentales

Etude du comportement en flexion d'un béton fibré



ANNEXE 1 : RÉSULTATS DE CALCULS AUX ÉLÉMENTS FINIS

Le calcul aux éléments finis est effectué sur une poutre de portée $L = 21$ cm et largeur (b)/hauteur (h) de 7 cm / 7 cm (cf. Figure 1). Un module de Young de 20 GPa et un coefficient de Poisson de 0,2 ont été utilisés pour les calculs.

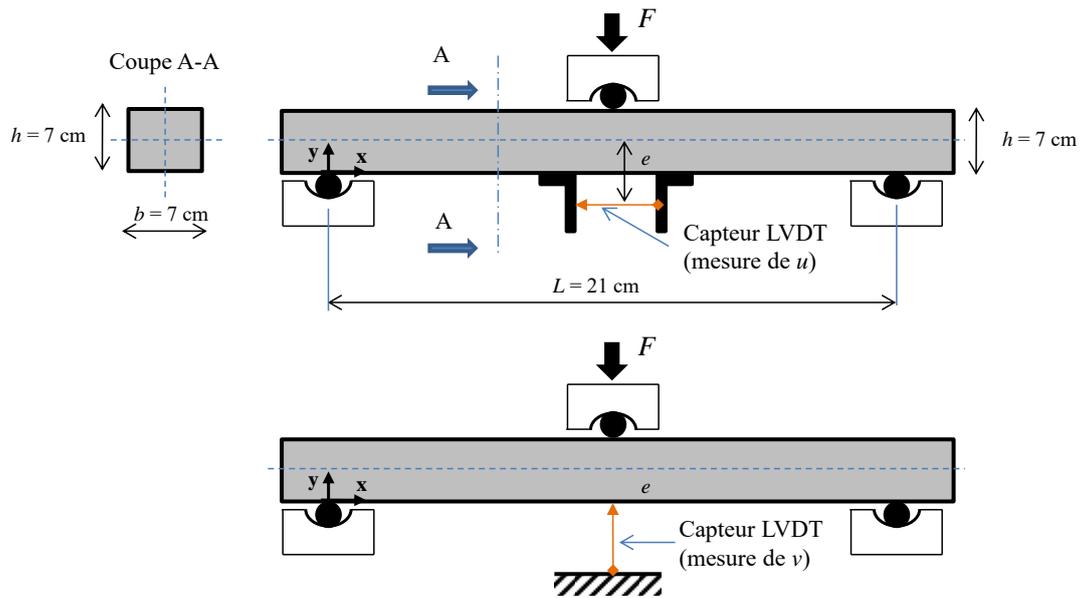


Figure 1 – Schéma de principe de l'essai de flexion 3 points.

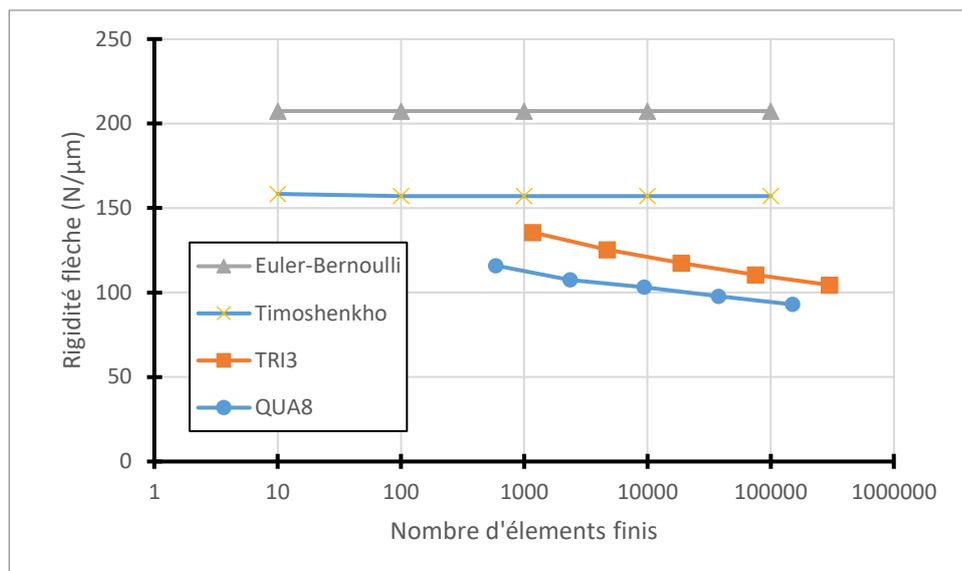


Figure 2 – Rigidité de la courbe « force (F)/flèche (v) » (calcul aux éléments finis utilisant un modèle élastique sous Cast3m). : effet du maillage et comparaison à la théorie des poutres.

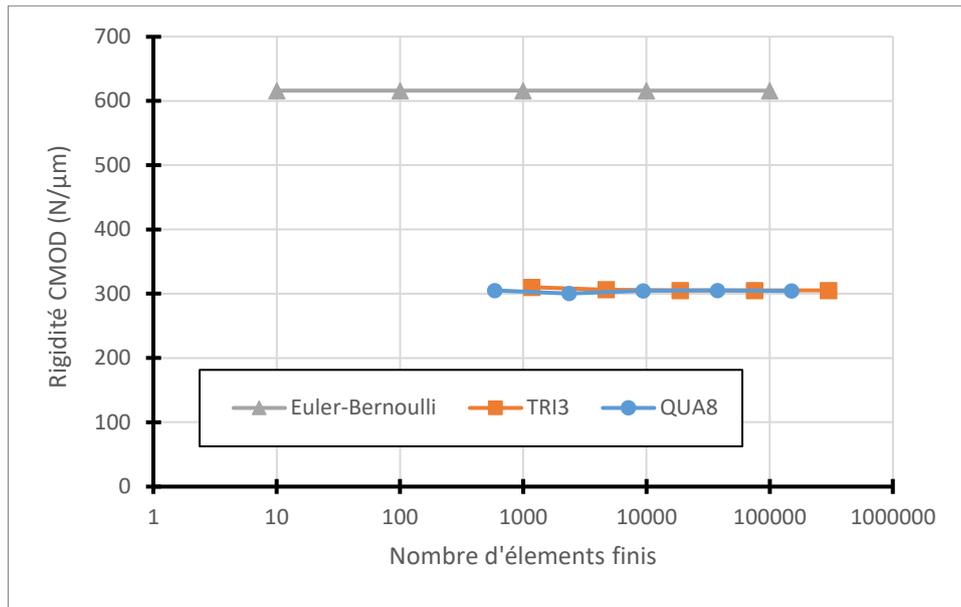


Figure 3 – Rigidité de la courbe « force (F)/CMOD (u) » (calcul aux éléments finis utilisant un modèle élastique sous Cast3m). : effet du maillage et comparaison à la théorie des poutres.

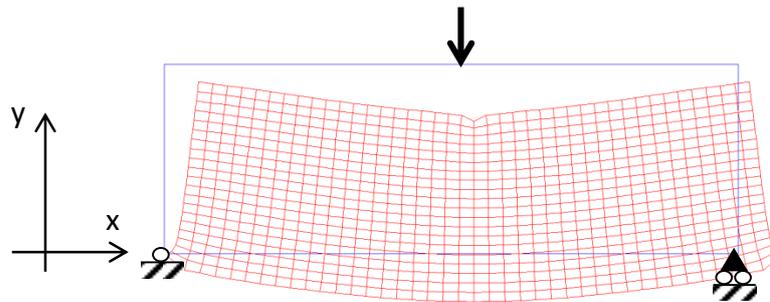


Figure 4 - Déformée amplifiée (force de 3 kN, amplification d'un facteur 1000)

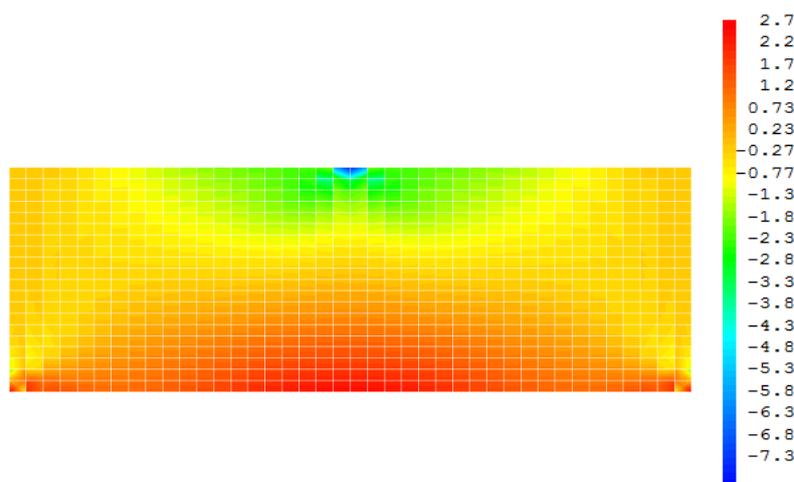


Figure (– Contraintes σ_{xx} [MPa] pour une force de 3 kN.

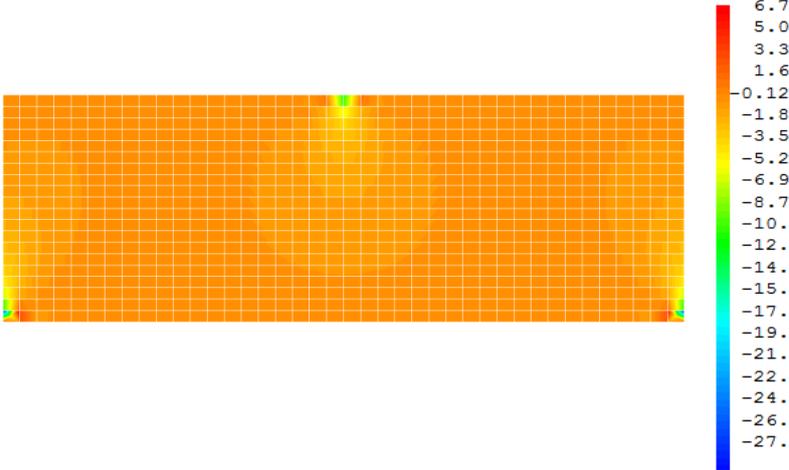


Figure 6 - Contraintes σ_{yy} [MPa] pour une force de 3 kN.

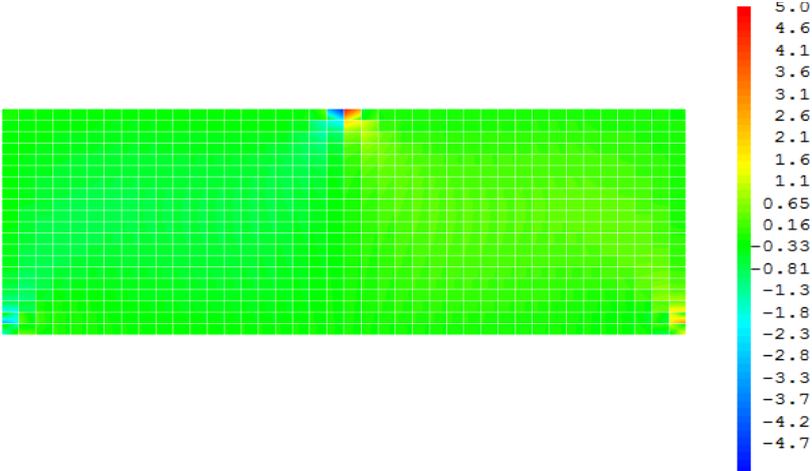


Figure 7 - Contraintes σ_{xy} [MPa] pour une force de 3 kN.



Mise en évidence du domaine de validité de la théorie des poutres par la corrélation d'images

Edité le 17/05/2006

Damien CLAIRE - Jean-Loup PRENSIER

Cette ressource a été réalisée par Damien CLAIRE (professeur agrégé de mécanique). Les essais ont été réalisés avec les moyens techniques et humains du laboratoire de mécanique et technologie à Cachan (LMT Cachan). L'auteur tient à remercier tout particulièrement François HILD (directeur de recherche au LMT Cachan) et Bumedjien RAKA pour leur aide et la disponibilité dont ils ont fait preuve dans la rédaction de cette ressource.

1- Introduction

L'objet de cette ressource est d'illustrer le domaine de validité de la théorie des poutres. Dans le cas de la résistance des matériaux « classique » enseignée dans le secondaire, ce domaine de validité est généralement défini par les hypothèses suivantes :

- Géométrie des poutres : le volume du produit doit pouvoir être généré en déplaçant une section droite (supposée invariante) le long d'une ligne moyenne (supposée rectiligne et perpendiculaire à cette section droite) et la longueur de la ligne moyenne est grande devant les dimensions des sections droites (typiquement d'un rapport d'au moins 20).
- Hypothèse de Barré de Saint-Venant : les résultats ne s'appliquent valablement qu'à une distance suffisamment éloignée de la région d'application des efforts intenses (typiquement 2 à 3 fois la largeur de la section normale).
- Hypothèse de Navier-Bernoulli : les sections droites (*i.e.* planes et perpendiculaires à la ligne moyenne) avant déformation demeurent droites après déformation.
- Le comportement du matériau doit pouvoir être représenté par un modèle élastique linéaire, homogène et isotrope.

Dans cette ressource, nous effectuons des mesures sur deux éprouvettes, dont l'une possède une géométrie presque conforme aux hypothèses décrites ci-dessus tandis que l'autre s'en éloigne. Ces éprouvettes sont chargées en flexion trois points. La comparaison entre la prévision de la flèche par le calcul avec la mesure illustre le domaine de validité de la théorie des poutres.

La mesure du champ de déplacement est effectuée par corrélation d'images numériques (*voir ressource « Présentation générale de la corrélation d'images numériques »*). Pour revenir succinctement sur cette technique, celle-ci permet de fournir un champ de déplacement plan, calculé à partir de deux prises de vues numériques. Ce champ de déplacement peut donc apparaître sous la forme d'un champ de vecteur, mais aussi sous la forme d'un maillage déformé. Nous avons déjà utilisé cette méthode pour visualiser des champs de vitesse en cinématique graphique (*voir ressource « L'enseignement de la cinématique graphique à l'aide de la corrélation d'images »*). Nous allons voir maintenant comment l'utiliser en résistance des matériaux, notamment pour valider ou invalider les hypothèses de base.

2 – Hypothèses de géométrie des poutres

Nota : Seuls quelques résultats sont présentés sur cette page. Pour avoir l'analyse et les résultats complets des essais avec les deux géométries, consultez l' « Annexe : Influence de la géométrie de la poutre ».

Géométrie des poutres : la longueur de la ligne moyenne est grande devant les dimensions des sections droites (longueur supérieure à 20 fois la plus grande dimension transversale).

Nous savons que les calculs classiques de résistance des matériaux s'appliquent d'autant mieux que la géométrie de la structure étudiée se rapproche du modèle poutre. Cependant, il n'est pas rare de voir des études menées avec les outils de résistance des matériaux bien que la structure ne soit délibérément pas une poutre (par exemple dimensionnement d'une clavette en cisaillement ou d'une dent d'engrenage en flexion). Contrairement aux méthodes classiques de mesure, la corrélation d'images numériques peut nous permettre de montrer l'effet de la géométrie de la structure sur les résultats. En effet, la mesure d'une flèche en flexion peut s'effectuer sur la ligne moyenne, alors qu'avec les méthodes classiques, nous mesurerions le déplacement maximal en surface inférieure (ou supérieure) de l'éprouvette.

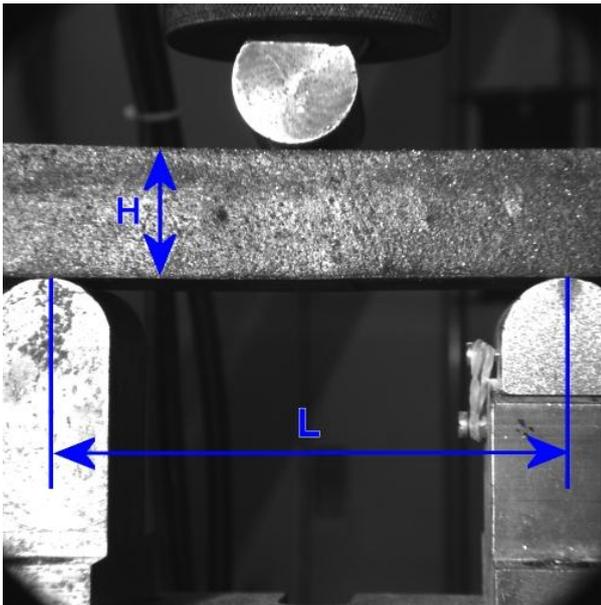


Figure 1 : Poutre 1

Dimensions de la structure :

- Hauteur = 26 mm
- Longueur = 160 mm
- Epaisseur = 52 mm

Longueur entre appuis : $L = 100$ mm

Module de Young : $E = 6$ MPa

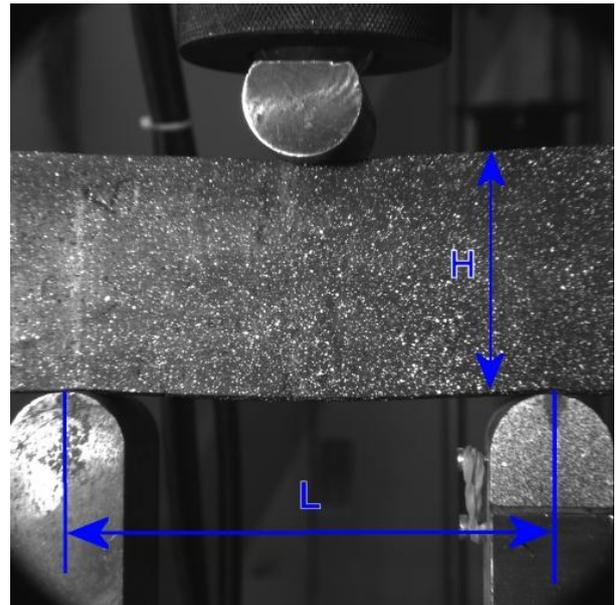


Figure 2 : Poutre 2

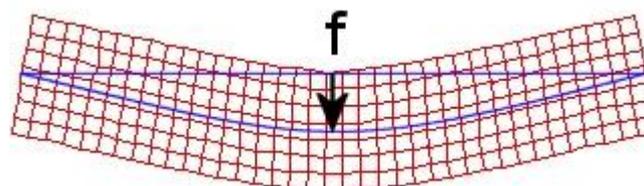
Dimensions de la structure :

- Hauteur = 52 mm
- Longueur = 160 mm
- Epaisseur = 26 mm

Longueur entre appuis : $L = 100$ mm

Module de Young : $E = 6$ MPa

Comparons la mesure de la flèche (en mm) de la ligne moyenne par corrélation d'images et la prévision par le calcul avec le modèle poutre.



La théorie des poutres donne comme expression de la flèche :

$$f = \frac{FL^3}{48EI_{Gz}}$$

Le tableau ci-dessous donne les résultats de la détermination de la flèche par calcul et par mesure par corrélation d'images.

	Poutre 1	Poutre 2
Modèle poutre ($F = 16 \text{ N}$)	$f = 0,73 \text{ mm}$	$f = 0,36 \text{ mm}$
Corrélation d'images	$f = 0,90 \text{ mm}$	$f = 0,62 \text{ mm}$
écart (erreur)	23 %	72 %

L'écart montre que plus la géométrie est éloignée de l'hypothèse « poutre », plus le résultat du calcul est éloigné du résultat de la mesure.

3 – Hypothèse de Barré de Saint-Venant

Les résultats ne s'appliquent valablement qu'à une distance suffisamment éloignée de la région d'application des efforts intenses (deux à trois fois la largeur de la section normale). Sur la carte des déformations ε_{xx} de l'éprouvette de droite ci-dessous, le champ de déformations est assez éloigné de celui de la résistance des matériaux car les appuis sont relativement proches. Ainsi, les zones perturbées proches des appuis prennent une place importante dans ce champ de déformations.

La taille de ces zones perturbées est difficilement quantifiable avec la théorie car elle dépend du chargement, de la géométrie de l'éprouvette, de la géométrie des appuis,

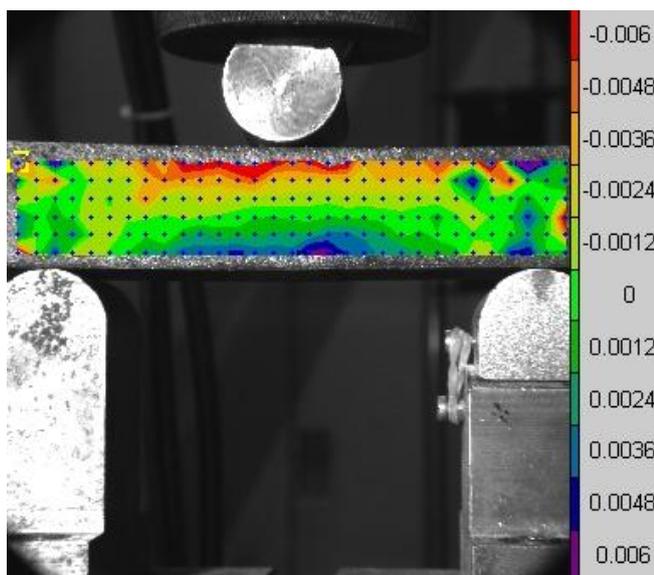


Figure 3 : Déformations ε_{xx} dans la poutre 1

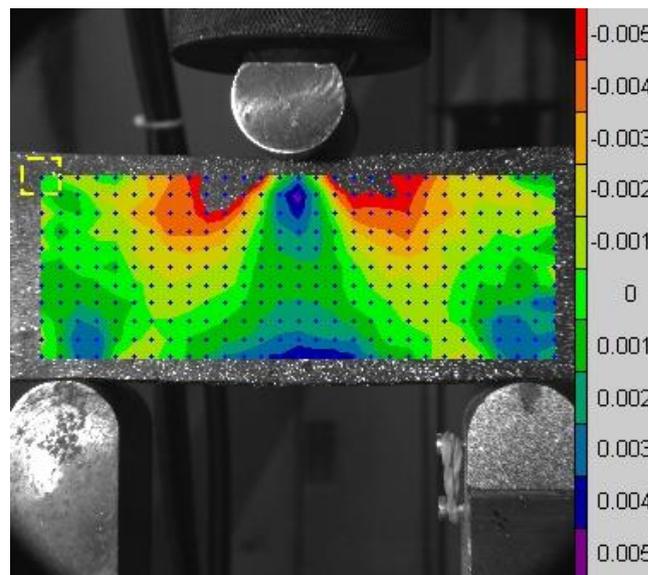


Figure 4 : Déformations ε_{xx} dans la poutre 2

Néanmoins, nous pouvons constater que sur l'éprouvette de gauche et dans la zone située entre les deux appuis, les lignes d'isovaleurs sont approximativement horizontales. Ceci illustre bien la linéarité de cette déformation le long de l'axe y . L'éprouvette est bien soumise à de la traction sous la fibre neutre et à de la compression au-dessus. Ainsi, en se plaçant loin des appuis pour une éprouvette qui respecte la géométrie poutre, les résultats des mesures se rapprochent de ceux obtenus par le calcul. Par contre, il apparaît clairement que l'éprouvette de droite ne suit pas les règles de la théorie des poutres.

4 – Hypothèse de Bernoulli

Les sections planes, normales aux fibres avant déformation, demeurent normales aux fibres après. Cette hypothèse semble évidente pour un essai de traction simple ou de torsion simple (sans gauchissement de section). Regardons la déformée d'un essai de flexion 3 points :

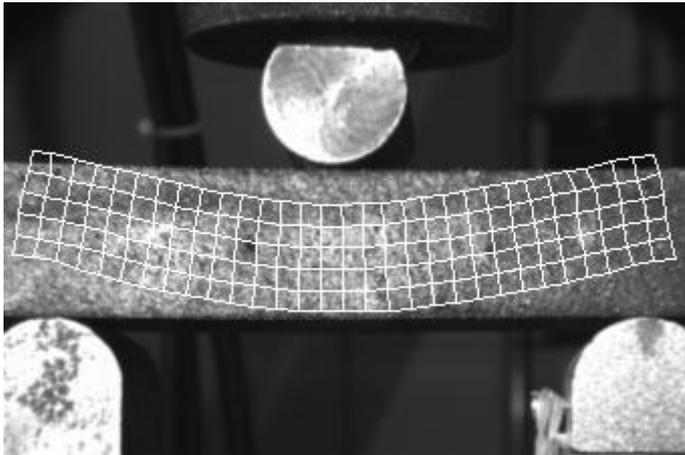


Figure 5 : Déformée amplifiée de la poutre soumise à de la flexion 3 points

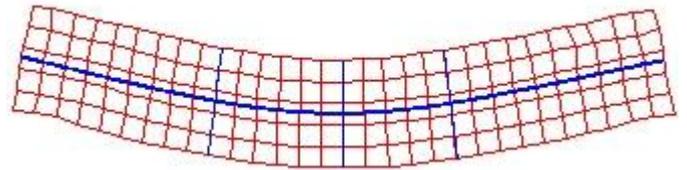


Figure 6 : Déformée amplifiée de la poutre avec la ligne moyenne et les sections droites

Nous pouvons voir que les sections sont droites et perpendiculaires à la ligne moyenne sur la partie centrale de l'éprouvette (proche du plan de symétrie et loin des appuis). Cependant, près des appuis, l'hypothèse de Bernoulli est fautive à cause du principe de Barré de Saint-Venant. Ainsi, pour des petits déplacements et des essais menés dans les conditions des hypothèses de la résistance des matériaux, nous voyons que l'hypothèse de Bernoulli est assez bien vérifiée. Malheureusement, toutes ces hypothèses ne sont que trop rarement réunies dans les essais menés dans l'industrie et s'écarter ne serait-ce que très peu de ces hypothèses donne rapidement de mauvais résultats.

5 – Conclusion

Les essais menés montrent que tout écart vis-à-vis du domaine de validité de la théorie des poutres donne un résultat qui s'éloigne de la mesure effectuée sur une éprouvette. Il apparaît clairement que tout calcul n'a de sens que dans son domaine de validité.

Concernant les essais, la mesure de champs de déplacement par corrélation d'images est très utile. La mesure est globale et permet d'obtenir des informations d'ensemble (ligne moyenne, ...). Il est également possible de valider les hypothèses de la théorie des poutres par la simulation, en utilisant des logiciels de simulation tridimensionnelle qui donneront un autre résultat de calcul.

Ressource publiée sur EDUSCOL-STI : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-cachan/>

PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DU LVDT

Technical Paper

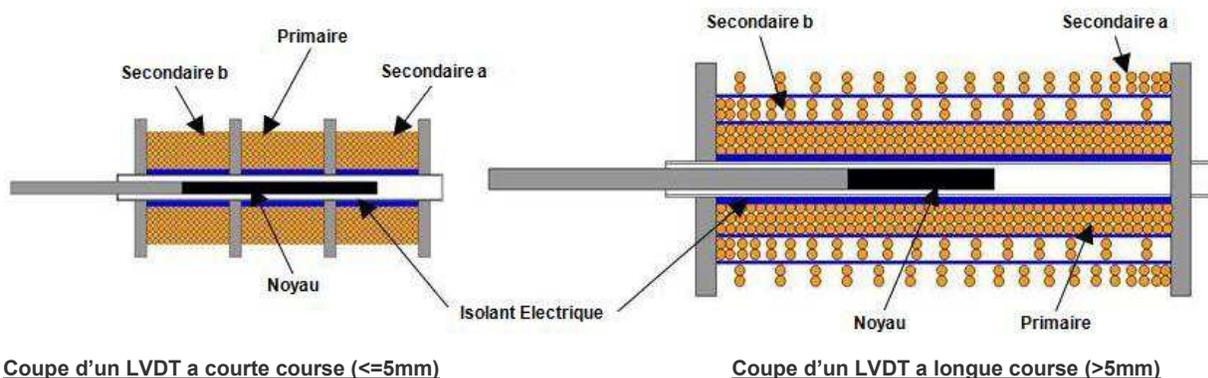
Introduction et objectif

Le **LVDT** (*Linear Variable Differential Transformer*), est un capteur de position/déplacement absolu qui convertit une distance à partir d'une référence mécanique (zéro, ou *position Nul*) en un signal électrique proportionnel qui contient les informations de phase (pour la direction) and amplitude (pour la distance). Le fonctionnement du LVDT ne nécessite pas de contact électrique entre la partie mobile (sonde ou assemblage de *noyau*) et l'assemblage de bobine, mais repose plutôt sur l'induction magnétique; ce principe plus le fait que les LVDT peuvent fonctionner sans circuit électronique intégré, sont les raisons principales pour lesquelles ils ont été largement utilisés dans des applications où la longévité et la haute-fiabilité dans les environnements très sévères sont requises, telles que dans le militaire et l'aérospatiale, les contrôles de procédés, l'automatisation, la robotique, le nucléaire, les usines chimiques, l'hydraulique, les turbines de puissance, et beaucoup d'autres.

L'objectif de ce document est d'apporter des notions techniques supplémentaires aux clients qui désirent une meilleure maîtrise des LVDT, aussi bien qu'aux ingénieurs qui conçoivent ou spécifient des [conditionneurs des signaux](#).

Construction

Le LVDT est constitué d'un bobinage primaire sur toute la longueur d'un *tube central* non-ferromagnétique ou bien d'une carcasse en matière non-conductrice (normalement en matériau plastique ou céramique). Deux bobinages secondaires sont placés symétriquement autour de la bobine primaire pour les LVDT à longues courses (comme pour les tiges de vérins), ou bien de chaque côté du bobinage primaire pour les LVDT à courtes courses (comme pour les servo-vannes électrohydrauliques ou EHSV). Les deux secondaires sont typiquement connectés en série opposée (Différentiel). Un noyau ferromagnétique, dont la longueur est une fraction de celle de l'assemblage de bobine, assure le couplage magnétique entre les spires primaires et secondaires situées sur la longueur du noyau.



Malgré que les bobinages secondaires du LVDT à longue course sont montrés au-dessus l'un de l'autre dans l'illustration ci-dessus, aujourd'hui MEAS les bobine tous les deux en même temps, avec des machines informatisées à double guide conçues sur mesure. Cette méthode réduit le temps de fabrication, et aussi crée des enroulements secondaires avec la même résistance et une distribution symétrique des capacités, par conséquent permet de meilleures performances (linéarité, symétrie de phase, une tension résiduelle au zéro réduite, etc.).

Principes de fonctionnement

Lorsque la bobine primaire est excitée avec une tension sinusoïdale (V_{in}), cette tension produit un courant dans les enroulements, en fonction de l'impédance d'entrée. Ce courant variable génère un flux magnétique variable qui, canalisé par le noyau ferromagnétique à haute-perméabilité, induit des tensions sinusoïdales V_a et V_b dans les bobines secondaires. Alors que les bobinages secondaires sont conçus pour que l'amplitude de la tension différentielle ($V_a - V_b$) soit proportionnelle à la position du noyau, le déphasage, ou phase de ($V_a - V_b$) par rapport à l'excitation détermine la direction à l'écart du zéro. Le zéro, ou Position Nulle, est par définition la position du noyau où le déphasage de la tension différentielle ($V_a - V_b$) est de 90 degrés.

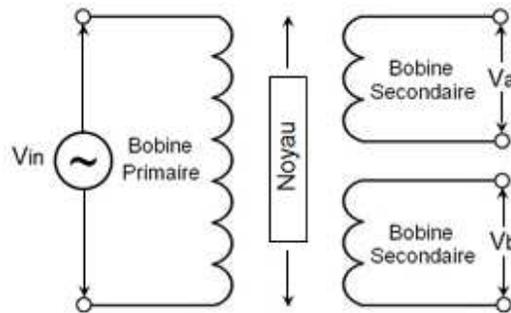
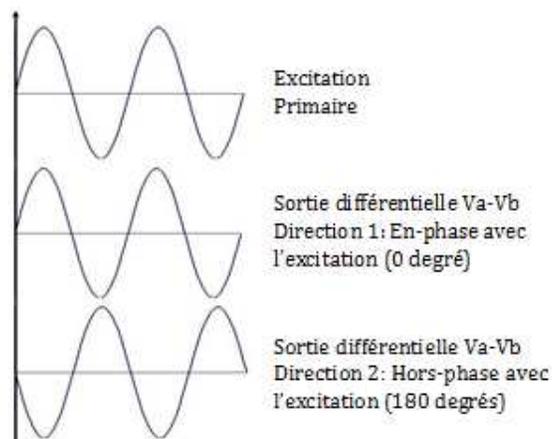


Schéma du LVDT

Le signal différentiel ($V_a - V_b$) lorsque le noyau est à la position Nulle est une tension résiduelle en quadrature, puisque le déphasage est de 90 degrés par définition. Cette tension est faible; elle est causée par la nature complexe du modèle électrique du LVDT, lequel inclut les capacités parasites des bobinages. Cette complexité explique également pourquoi le déphasage de ($V_a - V_b$) n'est pas exactement 0 ou 180 degrés lorsque le noyau est déplacé à l'écart de la position Nulle.

Le déphasage est très important, puisque de nombreux conditionneurs de signaux emploient la démodulation synchrone pour obtenir une sortie en courant continu avec la fonction de transfert suivante: **La tension RMS de ($V_a - V_b$) multipliée pas le cosinus du déphasage**. Cette méthode est un des meilleurs moyens d'obtenir un signal précis et linéaire (en particulier autour de la position Nulle) dans un système de mesure utilisant un LVDT. Elle permet également d'utiliser le nombre minimum de connexions électriques au LVDT, puisque seulement 4 sont requises (2 pour l'excitation et 2 pour la sortie différentielle; les secondaires étant connectés en série opposée au niveau du LVDT). Un inconvénient de cette technique est que le déphasage doit être suffisamment faible pour éviter d'augmenter le bruit de fond dans le démodulateur et une chute de signal trop importante (à cause du cosinus dans la fonction de transfert). Pour éliminer ces effets défavorables, MEAS offre des instruments électroniques qui intègrent un **circuit électronique de compensation de phase** pour la ramener le déphasage à zéro.

Dans certains cas il est avantageux d'utiliser la somme des secondaires, ($V_a + V_b$) comme référence pour le déphasage de ($V_a - V_b$). Cependant, il faut s'assurer que le LVDT soit conçu avec des bobinages qui fournissent une somme raisonnablement constante le long de la course à mesurer. L'avantage de cette méthode est que le déphasage entre le signal différentiel et la somme est très faible, donc il n'est pas nécessaire de le compenser. Cependant, au moins 5 connexions électriques au LVDT sont nécessaires. Les conditionneurs de signaux [LVM-110](#) and [LIM-420](#) de MEAS fonctionnent de cette façon.



Signaux du LVDT

Les effets de la température et leurs causes

Alors que le coefficient en température de la sensibilité (la sensibilité est la tension de sortie par unité de déplacement) est principalement déterminé par le nombre de spires dans les bobinages, la résistance des enroulements, la géométrie du noyau, et la résistivité et perméabilité des métaux utilisés dans la construction du LVDT, la variation de la position Nulle avec la température dépend principalement des coefficients de dilatation et des longueurs des matériaux. La position Nulle est donc une référence extrêmement prévisible et répétable. Du fait que les points de fixation dans l'application ont leurs propres effets à la température, en fonction des matériaux utilisés dans l'interface mécanique, un LVDT avec une très faible variation de position Nulle avec la température n'est en général pas désirable; une variation de position Nulle qui suit les mouvements des points de fixation en fonction de la température est préférable.

Fonctionnement "Ratiométrique" pour faible coefficient de température

Un LVDT peut être conçu pour maintenir une somme des tensions secondaires ($V_a + V_b$) constante sur toute la course à mesurer. En utilisant un circuit de conditionnement des signaux qui calcule le rapport différence divisée par somme $R = (V_a - V_b) / (V_a + V_b)$, on peut voir que le coefficient de température peut être considérablement réduit (en principe), comme le confirment les équations suivantes :

Tensions secondaires en fonction de la température: $V_a(t) = V_a(20^\circ\text{C}) * C_a$; $V_b(t) = V_b(20^\circ\text{C}) * C_b$

La variable "t" est la température; 20°C est la température de référence; C_a and C_b sont les coefficients de température de V_a et V_b respectivement. C_a et C_b supposés égaux (approximation du premier ordre $C_a \approx C_b \approx C$), il s'ensuit que le rapport R est Independent de la température:

$$[V_a(t) - V_b(t)] / [V_a(t) + V_b(t)] = [V_a(20^\circ\text{C}) * C - V_b(20^\circ\text{C}) * C] / [V_a(20^\circ\text{C}) * C + V_b(20^\circ\text{C}) * C]$$

Après simplification: $[V_a(t) - V_b(t)] / [V_a(t) + V_b(t)] \approx [V_a(20^\circ\text{C}) - V_b(20^\circ\text{C})] / [V_a(20^\circ\text{C}) + V_b(20^\circ\text{C})]$

Soit: $R(t) \approx R(20^\circ\text{C})$

En réalité, le LVDT doit être conçu spécialement pour cette fonction ratiométrique pour obtenir les meilleures performances, dont le coefficient de température, car plusieurs autres paramètres doivent être pris en compte.

NORTH AMERICA

Measurement Specialties, Inc.,
a TE Connectivity Company
1000 Lucas Way
Hampton, VA 23666
United States
Phone: +1-800-745-8008
Fax: +1-757-766-4297
Email: customercare.hmpt@te.com

EUROPE

MEAS Deutschland GmbH,
a TE Connectivity Company
Hauert 13
D-44227 Dortmund
Germany
Phone: +49-(0)231-9740-0
Fax: +49-(0)231-9740-20
Email: customercare.dtm@te.com

ASIA

Measurement Specialties China Ltd.,
a TE Connectivity Company
No. 26, Langshan Road
High-tech Park (North)
Nanshan District, Shenzhen 518057
China
Phone: +86-755-33305088
Fax: +86-755-33305099
Email: customercare.shzn@te.com

te.com/sensorsolutions

Measurement Specialties, Inc., a TE Connectivity company.

Measurement Specialties, MEAS, American Sensor Technologies, AST, TE Connectivity, TE Connectivity (logo) and EVERY CONNECTION COUNTS are trademarks. All other logos, products and/or company names referred to herein might be trademarks of their respective owners.

The information given herein, including drawings, illustrations and schematics which are intended for illustration purposes only, is believed to be reliable. However, TE Connectivity makes no warranties as to its accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with its use. TE Connectivity's obligations shall only be as set forth in TE Connectivity's Standard Terms and Conditions of Sale for this product and in no case will TE Connectivity be liable for any incidental, indirect or consequential damages arising out of the sale, resale, use or misuse of the product. Users of TE Connectivity products should make their own evaluation to determine the suitability of each such product for the specific application.

© 2016 TE Connectivity Ltd. family of companies All Rights Reserved.

Master 2 - TP Méthodes expérimentales
 Etude du comportement en flexion
 d'un béton fibré

ANNEXE 4 : FONCTIONNEMENT D'UN CAPTEUR DE FORCE

La conversion d'une grandeur mécanique en signal électrique s'effectue en trois temps sur les capteurs de force à jauges de déformation. Sous un chargement mécanique extérieur, la déformation est mesurée par des jauges de déformation collées à la surface d'un capteur de dimension et de propriétés mécaniques connus. À partir de la mesure des déformations, on peut donc en déduire la force appliquée (cf. Figure 1).

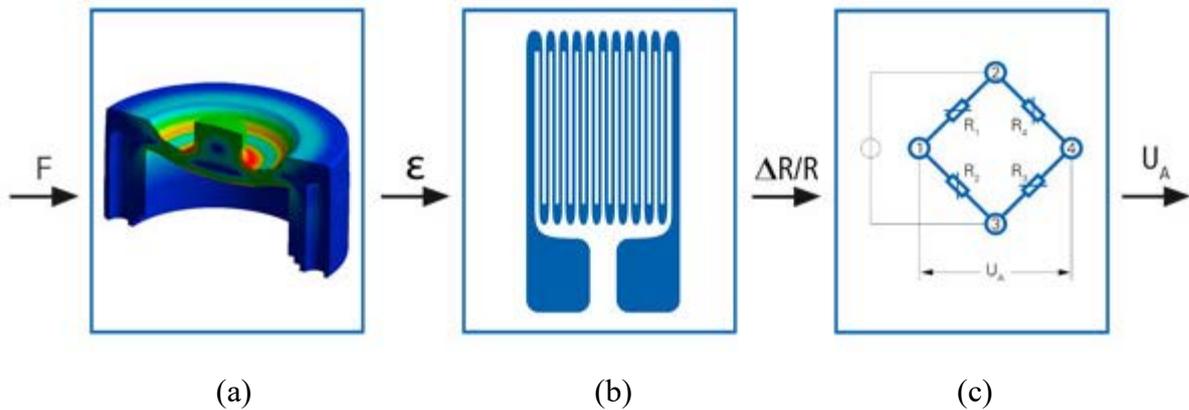


Figure 1 – (a) Capteur de force où une analyse par calcul aux éléments finis est effectuée pour identifier les zones où les contraintes sont homogènes. (b) jauge de déformation. (c) Utilisation d'un pont de Wheatstone pour mesure la variation de résistance (et donc la déformation).

Plusieurs types de géométries existent et il est important de respecter la capacité maximale du capteur de force pour éviter de le plastifier (cf. Figure 2).

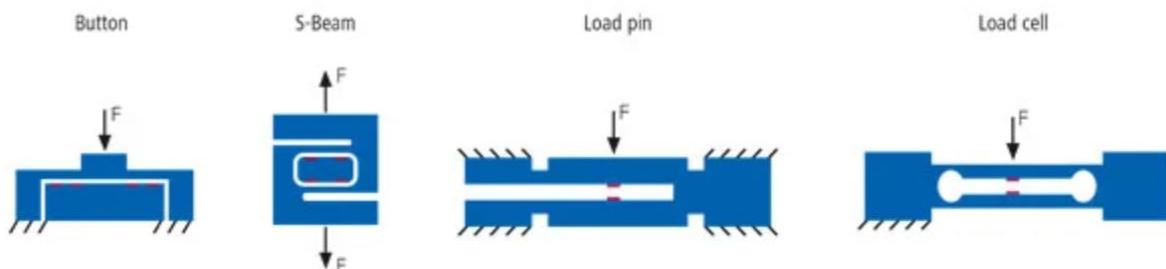


Figure 2 – Différentes géométries de capteurs de force.

Le lien entre la résistance électrique $R = R_1$ (et sa variation) est donné ci-dessous (dans le cas où la résistivité ρ du métal utilisé est constante :

$$R = \frac{\rho n l}{s} \text{ et } \frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta s}{s} = K \frac{\Delta l}{l} = K \varepsilon$$

Où n est le nombre de fil conducteur dans le sens de mesure, l est la longueur de chaque fil, s est la section (cf. Figure 3) et K est le facteur de jauge (de l'ordre de 2 et peu dépendant de la température dans le cas idéal).

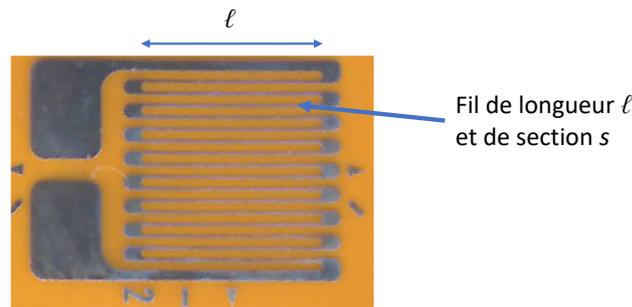


Figure 3 – Définition des grandeurs géométriques d'une jauge de déformation.

En mesurant la variation de U_A et en supposant que les résistances R_2 , R_3 et R_4 sont constantes, égales (elles peuvent varier à cause de variations de température) et très grandes devant la variation de résistance (ΔR), on démontre que :

$$\Delta U_A = \frac{\Delta R}{4R} E = \frac{E}{4} K \varepsilon$$

Il est important de bien choisir la jauge de déformation :

- La longueur l doit être supérieure à la taille de la plus grande hétérogénéité ;
- Le matériau constitutif de la jauge et colle utilisée sont fonction des valeurs de déformation à mesurer et du type de sollicitation (notamment en cas de chargement cyclique).

Références :

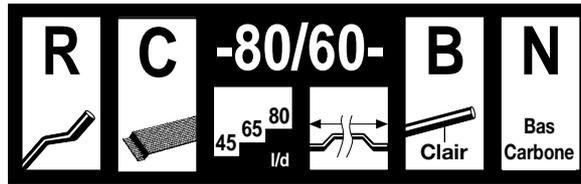
- https://www.baumer.com/fr/fr/service-assistance/fonctionnement/le-fonctionnement-des-capteurs-de-force/a/Know-how_function_force_sensor, consulté le 15/12/2020

- Cours d'Alexandra Bourdot (Master 2 MAISES/ECD) et d'Olivier Hubert (Master 2 MAGIS)

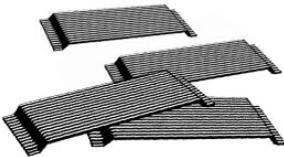
ANNEXE 5 : FIBRES METALLIQUES
DRAMIX 80-60



Dramix®



- Description:** Les fibres Dramix® sont fabriquées à partir de fil d'acier tréfilé. Elles comportent un ancrage mécanique constitué de crochets aux deux extrémités. Les fibres Dramix® RC-80/60-BN sont encollées en plaquettes pour assurer leur répartition dans le béton.



Applications:

Le renforcement du béton dans les ouvrages suivants:

- sol industriel avec grand espacement des joints
- dalles sur pieux
- sol industriel sur colonnes ballastées, avec grand espacement des joints
- sols industriels
- dalles sur colonnes, ballastées
- sols industriels étanches
- rechargements
- chaussées
- voussoirs préfabriqués (tunnels)

Géométrie:



Longueur (l)

60 mm



Diamètre (d)

0,75 mm

80 Performance classe: 80
Elancement (= l/d): 80

4600 fibres/kg

Certification:

Conforme à
ASTM A820

Produit Belgique
ATG 1857

Pays-Bas
1631

Turquie
TS 10513

Certificats de qualité dans usines belges usines de Brésil, Tchèque et USA
ISO 9001 **ISO 9002**
Dramix

Produit Russie
TC-07-0116-98

Pologne
AT-15-2117/2001

Roumanie
015-07/012-1997

Allemagne
Z-71.4-3

Résistance à la traction:

- sur fil: minimum 1050 N/mm²
- acier bas carbone suivant: - DIN 17 140-D9 - EN 10016-2 - C9D

Revêtement: sans

Données techniques:

documentation spécifique sur demande.

1 Résistance équivalente en flexion

- $f_{ctm,eq,300}$, $f_{fctk,eq,300}$ = valeur moyenne et valeur caractéristique pour la résistance équivalente à la flexion pour une déflexion de 1,5 mm suivant norme NBN B 15-238, 239, JSCE-SF4 et CUR35.
- $f_{ctm,eq,150}$, $f_{fctk,eq,150}$ = valeur moyenne et valeur caractéristique pour la résistance équivalente à la flexion pour une déflexion de 3 mm suivant norme NBN B 15-238, 239, JSCE-SF4 et CUR35.

Dramix® RC-80/60-BN

$f_{ctm,fl}$ (1)	3,7 (C20/25) (2)		4,3 (C25/30)		4,8 (C30/37)		5,3 (C35/45)		5,8 (C40/50)	
Dosage	$f_{fctm,eq,300}$	$f_{fctm,eq,150}$								
20	2,1	1,9	2,4	2,3	2,8	2,6	3,0	2,8	3,2	3,0
25	2,5	2,3	2,9	2,7	3,2	3,0	3,5	3,2	3,7	3,3
30	2,8	2,7	3,3	3,1	3,6	3,3	3,9	3,5	4,1	3,6
35	3,2	3,0	3,6	3,3	3,9	3,6	4,2	3,8	4,4	3,9
40	3,5	3,3	3,8	3,5	4,2	3,9	4,4	4,1	4,6	4,2
45	3,7	3,4	4,0	3,6	4,3	4,0	4,6	4,2	4,8	4,3
50	3,9	3,5	4,2	3,7	4,4	4,1	4,8	4,3	5,0	4,4

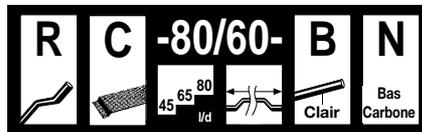
(1) $f_{ctm,fl}$ = Résistance moyenne en flexion traction de la matrice (N/mm²).

(2) Résistance caractéristique à la compression du béton correspondant suivant ENV 1992.1.1. La valeur [0,5] est remplacée par 0,6 dans la formule (3.1.).

$f_{fctk,eq,300}$ = La valeur $0,7 \times f_{fctm,eq,300}$ } Selon le Guide Dramix® sous réserve de
 $f_{fctk,eq,150}$ = La valeur $0,7 \times f_{fctm,eq,150}$ } données d'essais complémentaires.

2 Résistance équivalente à la traction axiale

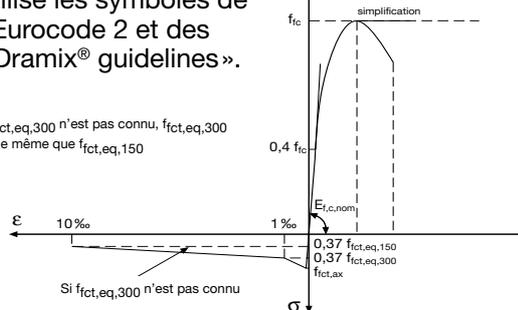
- Résistance équivalente en traction directe = $0,37 \times$ résistance équivalente en flexion.



3 Diagramme traction/allongement

Ce diagramme, employé pour caractériser le comportement du béton renforcé de fibres d'acier, utilise les symboles de l'Eurocode 2 et des «Dramix® guidelines».

Si $f_{ct,eq,300}$ n'est pas connu, $f_{ct,eq,300}$ est le même que $f_{ct,eq,150}$



Si $f_{ct,eq,300}$ n'est pas connu

4 Résistance équivalente au cisaillement

La valeur de calcul donnant l'accroissement de la résistance au cisaillement, apporté par les fibres est: τ_{fd} (N/mm²) - (coefficient de sécurité du matériau inclus). La contribution du béton et des étriers, s'il y en a, doit être ajoutée à celle du béton renforcé de fibres.

Dramix® RC-80/60-BN

$f_{ctm,fl}$ (1) ▶	3,7 (C20/25) (2)	4,3 (C25/30)	4,8 (C30/37)	5,3 (C35/45)	5,8 (C40/50)
Dosage ▼	τ_{fd}	τ_{fd}	τ_{fd}	τ_{fd}	τ_{fd}
20	0,18	0,22	0,24	0,27	0,30
25	0,21	0,25	0,28	0,31	0,35
30	0,24	0,29	0,32	0,35	0,40
35	0,26	0,31	0,35	0,38	0,43
40	0,28	0,34	0,37	0,41	0,47
45	0,30	0,36	0,40	0,44	0,50
50	0,31	0,38	0,42	0,46	0,52

(1) $f_{ctm,fl}$ = Résistance moyenne en flexion traction de la matrice (N/mm²).

(2) Résistance caractéristique à la compression du béton correspondant suivant ENV 1992.1.1. La valeur [0,5] est remplacée par la valeur 0,6 dans la formule (3.1.).

Pour plus d'informations, consultez le «Dramix® Design Guidelines».

5 Valeurs de ductilité

Dramix® RC-80/60-BN

Dosage ▼	Re1,5 (%)	Re3 (%)
15	45	42
20	56	52
25	65	60
30	74	68
35	80	75
40	86	80
45	90	86
50	94	90

Valeurs basées sur matrice $f_{ctm,fl} = 4,8$ N/mm² à utiliser jusqu'à C40/50.

N.V. Bekaert S.A. - Bekaertstraat 2 - 8550 Zwevegem - Belgium
Tél. +32 (0) 56 / 76 69 86 - Fax +32 (0) 56 / 76 79 47
Internet: <http://www.bekaert.com/building>

La société Bekaert se réserve le droit de modifier les caractéristiques de ses produits sans préavis. La description qui en est faite, ne peut être considérée que comme indicative. Veuillez vous reporter aux spécifications officielles en cas de nécessité. © N.V. Bekaert S.A. 2002

Recommandations - mélange des fibres

1. Généralités

- ✓ il est toujours préférable de mixer les fibres directement dans le malaxeur en centrale à béton
- ✓ dosage maximum recommandé:

Granulométrie (mm)	Dosage béton (kg/m ³)	
	coulé	pompé
8	60	45
16	50	35
32	35	30

- ✓ une courbe de granulométrie continue est conseillée
- ✓ malaxer jusqu'à séparation complète des fibres. Le temps de malaxage n'est pas notablement augmenté
- ✓ toujours effectuer un test préalable en cas d'emploi de ciments ou adjuvants particuliers

2. Introduction des fibres

2.1. En centrale à béton

- ✓ les fibres peuvent être introduites simultanément au sable et aux granulats
- ✓ ne jamais introduire les fibres en premier
- ✓ les sacs en papier hydrosoluble **ne peuvent pas être jetés** tels que dans le malaxeur du type chute libre sans risque grave de détérioration du matériel

2.2. En camion-toupie

- ✓ faire tourner la toupie à vitesse maximum (rotation 12 à 18 tours/minute)
- ✓ ajuster le slump à 12 cm mini sans rajout d'eau
- ✓ ajouter les fibres à la cadence maxi de 40 kg/minute
- ✓ les sacs en papier hydrosoluble peuvent être introduits non ouverts dans la toupie pour autant que la vitesse maxi de la toupie ne soit pas inférieure à 12 tours/minute
- ✓ équipement additionnel: tapis transporteur ou engin élévateur
- ✓ après avoir ajouté les fibres, continuer à mélanger à la vitesse maxi de la toupie pendant 4 à 5 minutes (± 70 rotations)

2.3. Dosage automatique

- ✓ les fibres conditionnées en big-bags doivent être dosées avec un appareil à dosage automatique

Recommandations - stockage



Protéger les palettes de la pluie



Ne pas gerber les palettes

Conditionnement



Sacs en papier hydrosoluble de 20 kg sur palette 1200 kg



Big-bags de 1100 kg

La série de machines d'essai Instron 3300 répond aux besoins des essais normalisés et de routine, apportant la qualité Instron à un coût très accessible. Les machines d'essai bicolonne de table 3360 sont adaptées aux essais de traction, compression, pelage, flexion et autres applications nécessitant des capacités de 5 à 50 kN. Ces machines sont très souvent utilisées pour le contrôle qualité et les essais en production. Quatre modèles bicolonne sont disponibles, avec des capacités de 5, 10, 30, et 50 kN.

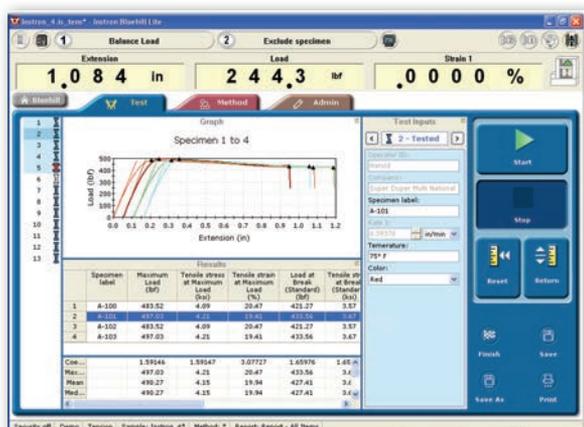
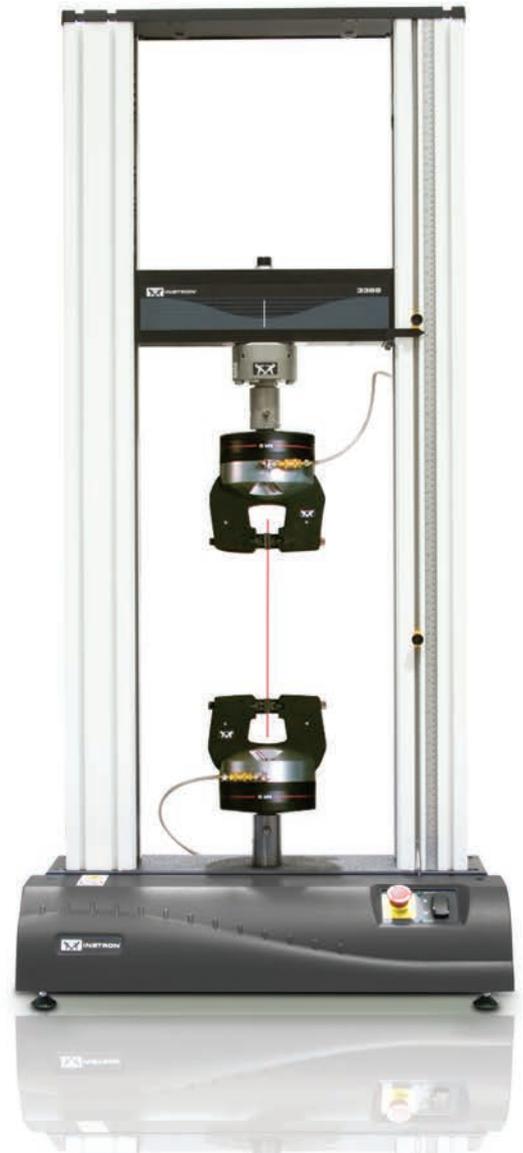
La qualité Instron à un prix très abordable

L'attention particulière que nous accordons à tous les éléments de nos machines d'essai démarque Instron des autres fabricants de machines d'essai. Cela vous garantit des résultats d'essai précis, répétables et reproductibles.

- Reconnaissance et étalonnage automatiques des capteurs de force et de déformation, vérifications réalisées par nos ingénieurs de service après vente formés dans nos usines.
- Les vis à billes pré-contraintes, les colonnes de guidage de précision et le système de commande symétrique améliorent la rigidité et l'alignement de la ligne de charge
- Vaste gamme d'accessoires pour répondre aux besoins de nombreuses applications et industries : plastiques, métaux, biomédical, composites, élastomères, produits finis, automobile, aéronautique, textiles, et bien plus.
- L'auto-diagnostic accélère la résolution de problème et réduit les temps d'indisponibilité
- Choix de capteurs de force pour tous les modèles
- Garantie un an pièce et main d'oeuvre

Démarrer vos essais en deux temps : ouvrez une méthode, démarrez l'essai

Avec des utilisateurs multiples ayant des niveaux de compétence différents et des besoins en formation constants, vous avez besoin d'une interface utilisateur facile à maîtriser. Le logiciel Instron Bluehill® Lite a été développé pour répondre à vos applications quotidiennes et aux normes d'essai utilisées dans de nombreux secteurs industriels. Bluehill Lite apporte toutes les fonctions dont vous avez besoin pour réussir des essais de traction, compression, flexion, pelage, arrachement et friction et essais cycliques, avec rapidité et efficacité. Vous démarrez votre essai en deux temps seulement, et la commande de l'essai, l'acquisition des données, le tracé de la courbe, les calculs et les rapports d'essai sont réalisés automatiquement. Pour aller plus loin, les méthodes guidées permettent d'assister l'utilisateur en le guidant pas à pas dans des procédures d'essai répétitives.



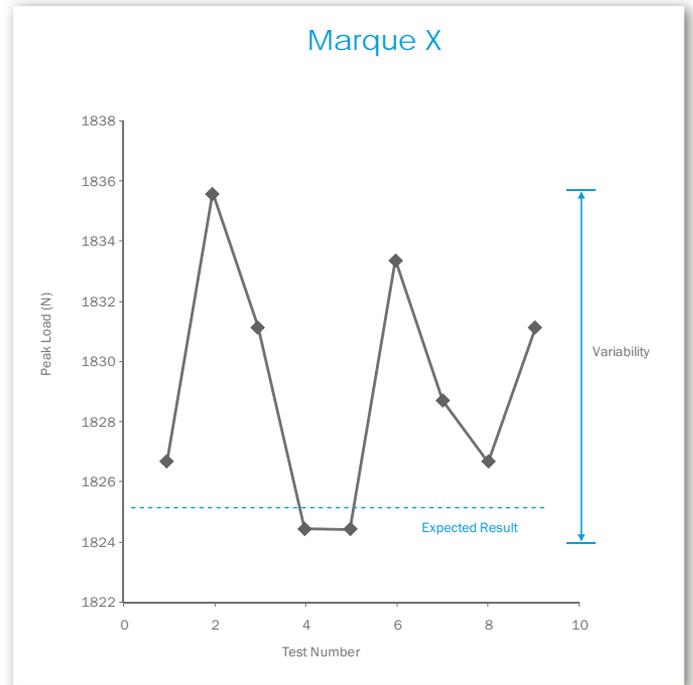
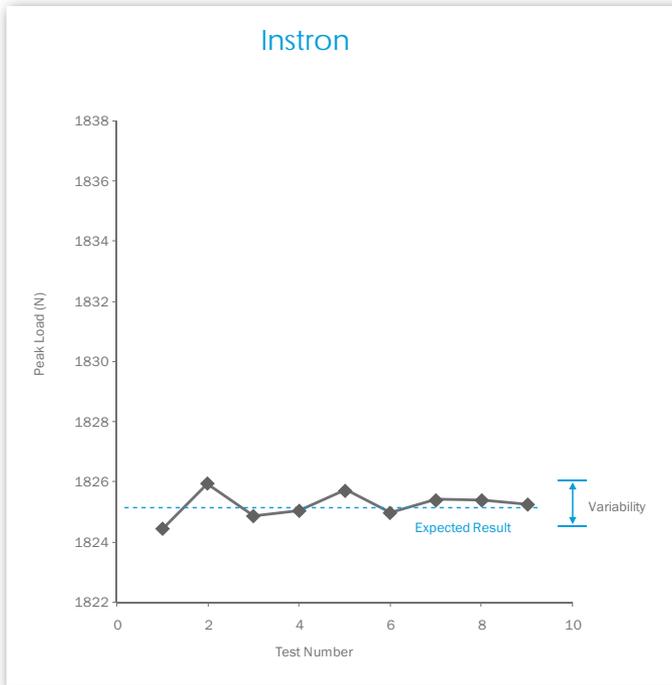
Exemple d'essai avec le logiciel Bluehill® Lite

La confiance en vos résultats

La comparaison avec des machines d'essai d'autres fabricants montre la différence offerte par Instron. Vous remarquerez la variation de la charge maximale mesurée entre les deux machines – Voici un exemple de différence mesurable qui différencie Instron.

Cas d'étude

- Même utilisateur
- Même éprouvette : ressort hélicoïdal
- Mêmes conditions d'essai : essai de compression
- Différentes machines : Instron et Marque X



*Document comparatif disponible sur simple demande ou sur notre site internet/Documentation sur www.instron.tm.fr.

Pourquoi une meilleure répétabilité et reproductibilité sont-elles importantes ?

- Votre production est conforme à vos critères de qualité, les défauts diminuent
- Moins de temps perdu à résoudre des problèmes dans vos données
- Economies à long terme
- La réputation de votre laboratoire d'essai se renforce
- Vous répondez plus rapidement aux exigences de production
- Vous êtes en mesure de répondre plus rapidement aux attentes de vos clients

Specifications

		3365	3366	3367	3369
Caractéristiques	kN	5	10	30	50
	kgf	500	1,000	3,000	5,000
	lbf	1,125	2,250	6,750	11,250
Capacité	mm/min	1,000	500	500	500
	in/min	40	20	20	20
Vitesse maximale	mm/min	0.01	0.005	0.005	0.005
	in/min	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002
Vitesse minimale	kN	5	10	15	25
	lb	1,125	2,250	3,375	5,620
Force maximale à vitesse maximale	mm/min	1,000	500	250	250
	in/min	40	20	10	10
Vitesse maximale à charge maximale	mm/min	1,200	600	600	500
	in/min	48	24	24	20
Course de la traverse*	mm	1,122	1,122	1,122	1,122
	in	44.2	44.2	44.2	44.2
Espace d'essai vertical total	mm	1,193	1,193	1,193	1,193
	in	47	47	47	47
Espace entre colonnes	mm	420	420	420	420
	in	16.5	16.5	16.5	16.5
Hauteur	mm	1,582	1,582	1,582	1,582
	in	62.3	62.3	62.3	62.3
Largeur	mm	756	756	756	756
	in	29.8	29.8	29.8	29.8
Profondeur	mm	707	707	707	707
	in	27.8	27.8	27.8	27.8
Masse avec capteur habituel	kg	110	110	121	141
	lb	242	242	266	312
Puissance électrique maximale exigée	VA	300	300	600	700

Caractéristiques communes

Précision de la mesure de charge

±0.5% de la lecture jusqu'à 1/100 de la capacité du capteur. Conforme ou supérieur aux exigences des normes ASTM E4, BS 1610, DIN 51221, ISO 7500/1, EN 10002-2, JIS B7721, JIS B7733, and AFNOR A03-501 standards.

Précision de mesure de déformation:

± 0,5% de la lecture jusqu'à 1/50 de la pleine échelle pour extensomètres selon ASTM E83 de classe B ou ISO 9513 de classe 0,5. Conforme ou supérieur aux normes ASTM E83, ISO 9513 et EN 10002-4.

Précision de la vitesse de déplacement de la traverse (à charge nulle ou constante): ±0.2% de la valeur demandée

Alimentation électrique monophasée

100, 120, 220, ou 240 VAC ±10%, 47 à 63 Hz. La tension du secteur doit être constante et les éventuelles baisses ou surtensions ne doivent pas excéder 10% de la tension moyenne.

Température d'utilisation:

+10 à +38 °C (+50 à +100 °F)

Température de stockage:

-40 à +66 °C (-40 à +150 °F)

Humidité:

+10 à +90%, sans condensation

Conditions atmosphériques:

conçue pour une utilisation dans des conditions normales. Des mesures de protections adéquates doivent être prises en présence de poussières, vapeurs corrosives, champs magnétiques ou conditions dangereuses.

Notes:

1. Tous ces systèmes sont conformes aux normes européennes et portent le marquage CE
2. L'espace d'essai vertical est la distance entre la surface supérieure de la base et la face inférieure de la traverse mobile, sans le capteur de force, les mâchoires et fixations.

Les caractéristiques mentionnées dans ce document ont été développées conformément aux procédures normalisées d'Instron et sont susceptibles de modification sans préavis.

www.instron.com



Siège Mondial
825 University Ave, Norwood, MA 02062-2643, USA
Tel: +1 800 564 8378 or +1 781 575 5000

Siège Européen
Coronation Road, High Wycombe, Bucks HP12 3SY, UK
Tel: +44 1494 464646

Instron Industrial Products
900 Liberty Street, Grove City, PA 16127, USA
Tel: +1 724 458 9610

Instron est une marque déposée de Illinois Tool Works Inc. (ITW). Les autres noms, logos, icônes ou marques identifiant des produits ou services Instron et mentionnés dans ce document sont la propriété de ITW dont l'utilisation est soumise à l'autorisation écrite préalable de ITW. Les autres noms de produits et de sociétés utilisés dans ce document sont reconnus comme marques ou marques déposées appartenant à leurs déposants respectifs. Copyright © 2011 Illinois Tool Works Inc. Tous droits réservés. Toutes les caractéristiques techniques mentionnées dans cette brochure sont soumises à modification sans préavis.