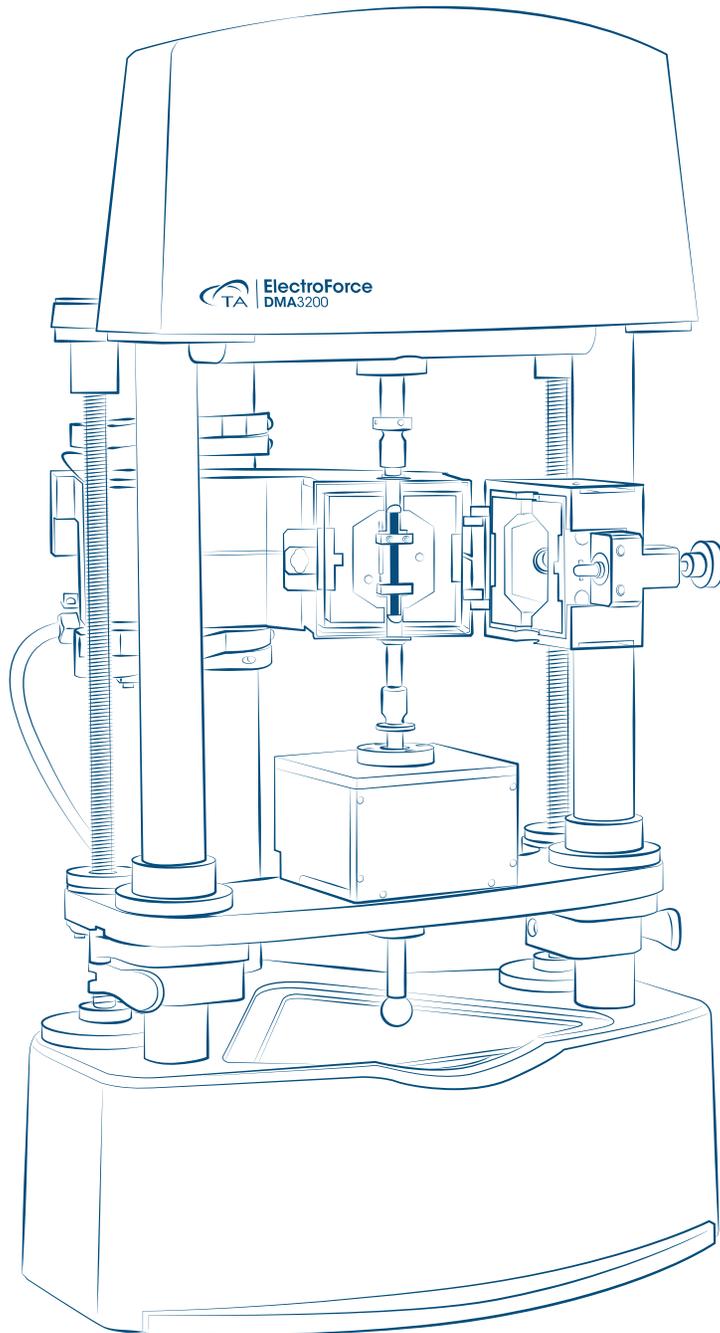


DMA À FORCE ÉLEVÉE  
ET ESSAIS DE FATIGUE  
ELECTROFORCE<sup>®</sup> DMA 3200



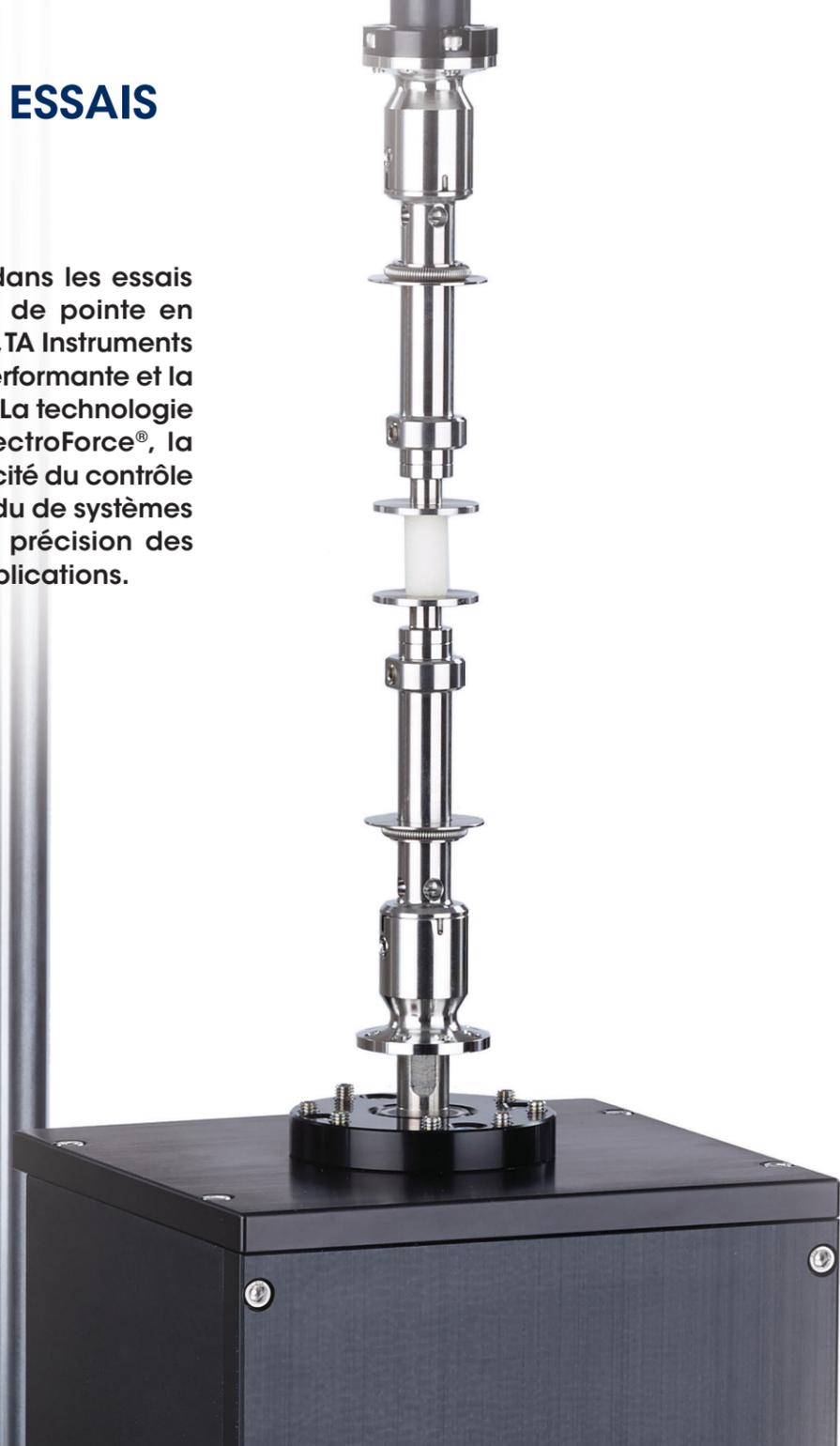
Dans leur usage quotidien, les matériaux sont soumis à diverses contraintes et déformations, dans des conditions ambiantes très variées. Pour cette raison, dans la plupart des applications et pratiquement tous les secteurs industriels, dont l'aérospatiale, les appareils médicaux, l'asphalte, l'automobile, l'électronique, les biomatériaux, les élastomères, les composites, l'alimentation, etc., les propriétés mécaniques sont souvent considérées comme les plus importantes parmi toutes les propriétés physiques et chimiques des matériaux.

La demande croissante en produits performants de haute qualité fait qu'il est essentiel de comprendre les propriétés mécaniques viscoélastiques de ces matériaux pour déterminer et garantir leurs possibilités de fiabilité et de traitement, et la performance des produits finis. Pour comprendre les comportements mécaniques complexes des matériaux solides et semi-solides, les scientifiques et les chercheurs utilisent deux équipements essentiels : un analyseur mécanique dynamique (DMA) et un appareil d'essai de fatigue. Le DMA permet d'effectuer l'analyse structurelle d'un large éventail de caractéristiques des matériaux sur l'ensemble de la chaîne de valeur. L'essai de fatigue fournit des informations sur la résistance à des charges répétitives, qui permettent de déterminer la durabilité et la fiabilité des produits.

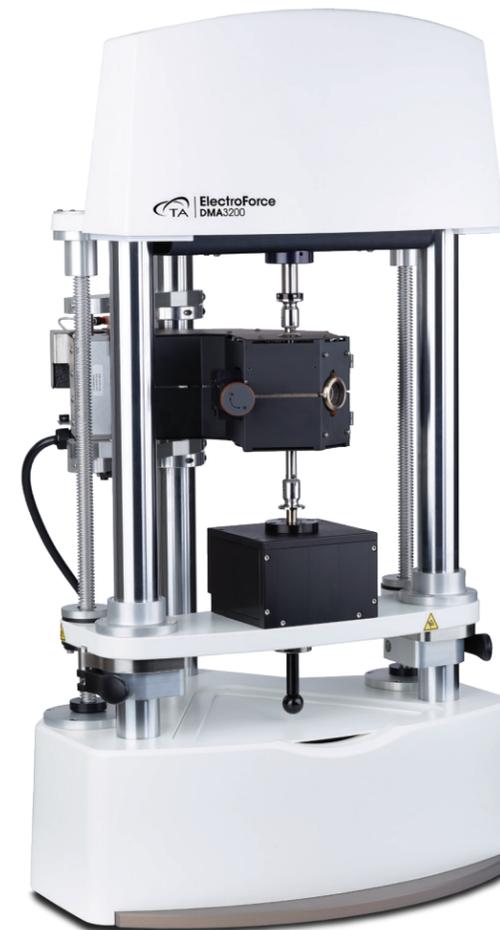
TA Instruments a le plaisir de vous présenter l'ElectroForce® DMA 3200 ; notre nouvel instrument haute performance et puissant, inégalé pour la **DMA à force élevée ET la caractérisation de la fatigue dans une plateforme unique**. Seul TA pouvait combiner les technologies de déplacement linéaire brevetées avec les meilleures capacités DMA du secteur dans la plateforme d'essais mécanique la plus polyvalente pour les applications les plus exigeantes.

## DMA À FORCE ÉLEVÉE ET ESSAIS DE FATIGUE | DMA 3200

Avec plusieurs décennies d'expérience dans les essais de fatigue et grâce à ses technologies de pointe en matière d'analyse mécanique dynamique, TA Instruments a pu créer la plateforme d'essais la plus performante et la plus polyvalente du marché : le **DMA 3200**. La technologie brevetée du moteur sans frottement ElectroForce®, la conception mécanique supérieure, l'efficacité du contrôle des conditions ambiantes et le choix étendu de systèmes de fixations garantissent la plus grande précision des données sur la plus grande diversité d'applications.



## Le **SUMMUM** de la **POLYVALENCE POUR LES ESSAIS MÉCANIQUES** en un **SEUL INSTRUMENT** doté des meilleures capacités d'analyse **DMA ET D'ESSAIS DE FATIGUE DE L'INDUSTRIE**



### Caractéristiques et avantages :

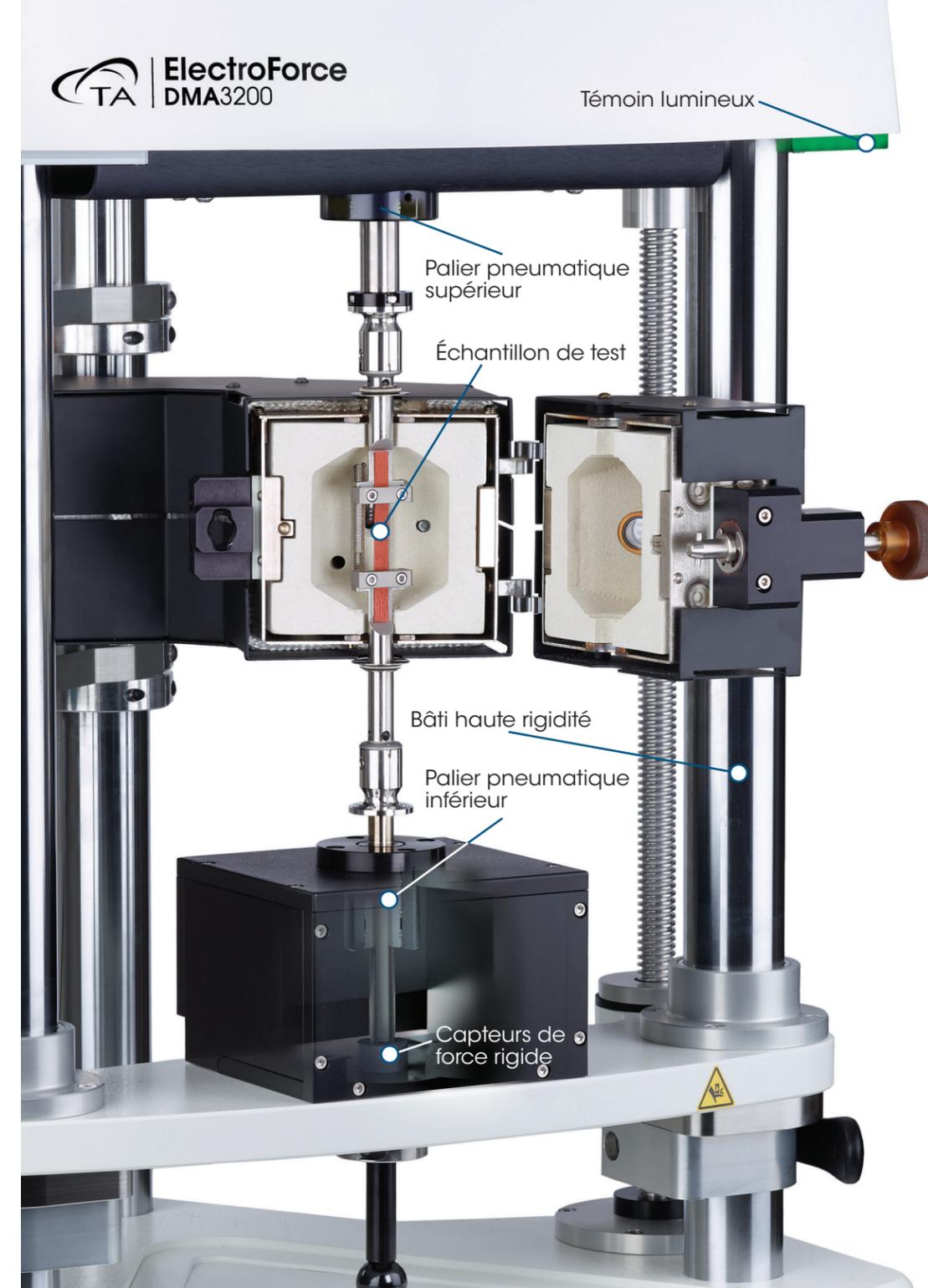
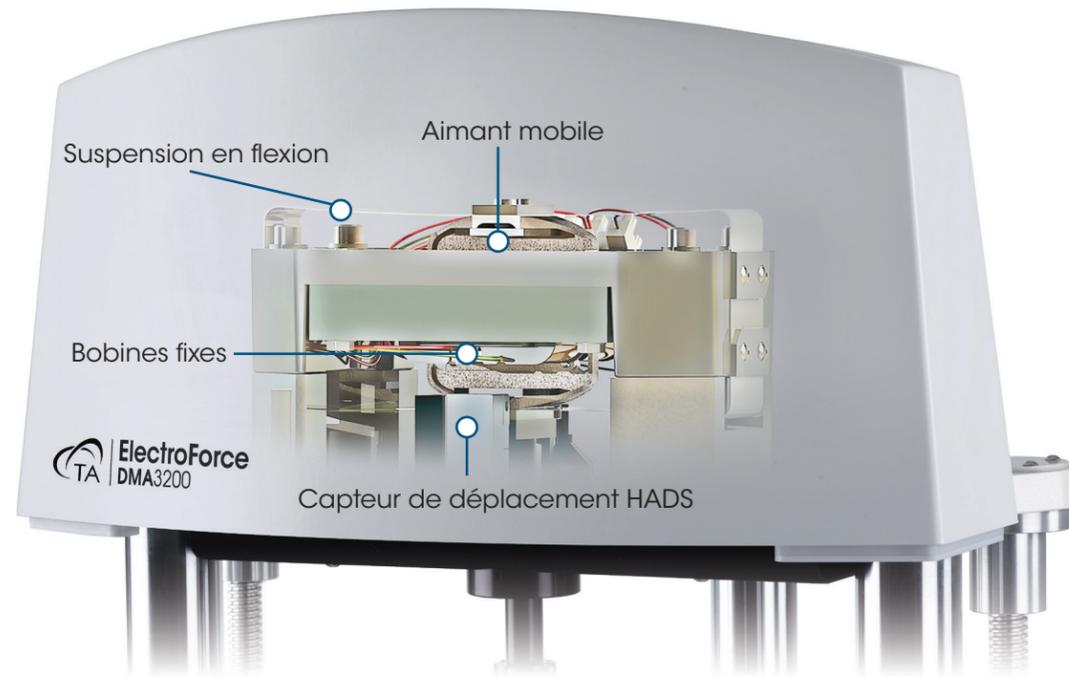
- Le moteur linéaire breveté et le capteur de déplacement haute précision offrent un contrôle sans pareil sur la plage la plus large de forces, de déplacements et de fréquences, pour une précision maximale des données
- Robuste et durable, le moteur sans frottement, couvert par une garantie de dix ans unique sur le marché, assure un fonctionnement sans maintenance et sans souci
- La force de 500 N du moteur permet de tester des échantillons de grande taille ainsi que des pièces finies dans des conditions réelles, grâce aux niveaux de charge supérieurs qu'il permet, pour les essais de fatigue comme pour la DMA
- Le four à convection forcée (FCO) offre un contrôle et une réactivité supérieurs sur une plage de température de -150 °C à 600 °C, avec un niveau de précision et de flexibilité des profils thermiques d'essai inégalé
- Le four à échantillons de grande taille (LSO), avec une plage de température de -150 °C à 315 °C, offre des dimensions intérieures spacieuses pour les essais sur des échantillons ou des composants plus volumineux
- Le système de refroidissement à l'air (ACS) utilise une technologie exclusive à flux de gaz réfrigérant qui permet d'effectuer des essais à des températures inférieures à la température ambiante sans utiliser d'azote liquide. Cela évite ainsi l'utilisation d'azote liquide et les dangers qui lui sont associés, tout en offrant un remarquable retour sur investissement
- La large gamme de fixations permet de tester des échantillons de tailles et de géométries très variées, avec une grande polyvalence
- Le châssis d'essai extrêmement rigide et les paliers à air garantissent les résultats les plus précis avec les échantillons de très haute rigidité
- Les voyants d'état multicolores fournissent des indications clairement visibles de l'état de l'instrument et des tests
- Les progiciels WinTest® et TRIOS offrent un contrôle des instruments et une analyse des données à la fois puissants et faciles à utiliser, qui se traduit par une flexibilité inégalée en matière de conception expérimentale

## Moteur linéaire ElectroForce®

Le DMA 3200 est doté d'un moteur linéaire Electroforce breveté qui permet d'obtenir une performance et une précision des données inégalées dans un seul instrument. Cette technologie de moteur exclusive, qui fait appel à des aimants puissants à base de terres rares avec une suspension en flexion sans frottement, garantit une précision inégalée de la force et du contrôle du déplacement sur une large bande de fréquence et d'amplitude. Le moteur du DMA 3200 fournit une force allant jusqu'à 500 N, avec des déplacements contrôlés de 1 micron à 13 mm. Les essais peuvent être effectués aussi bien en mode statique qu'en mode dynamique.

De plus, la conception sans frottement à aimants mobiles supprime les points de défaillance inhérents aux autres conceptions de moteur, tels que les fils en mouvement et la dégradation des paliers. Ceci explique la performance, la fiabilité et la durabilité inégalée des instruments d'essais de fatigue ElectroForce, éprouvée sur des milliards de cycles d'utilisation sans maintenance. C'est le seul moteur du marché à bénéficier d'une garantie de dix ans.

La technologie de moteur sans lubrification, performant et silencieux, permet d'utiliser le DMA 3200 dans pratiquement toutes les situations : du laboratoire à la production, en passant par la salle blanche et les bureaux.



## Capteur de déplacement optique haute résolution

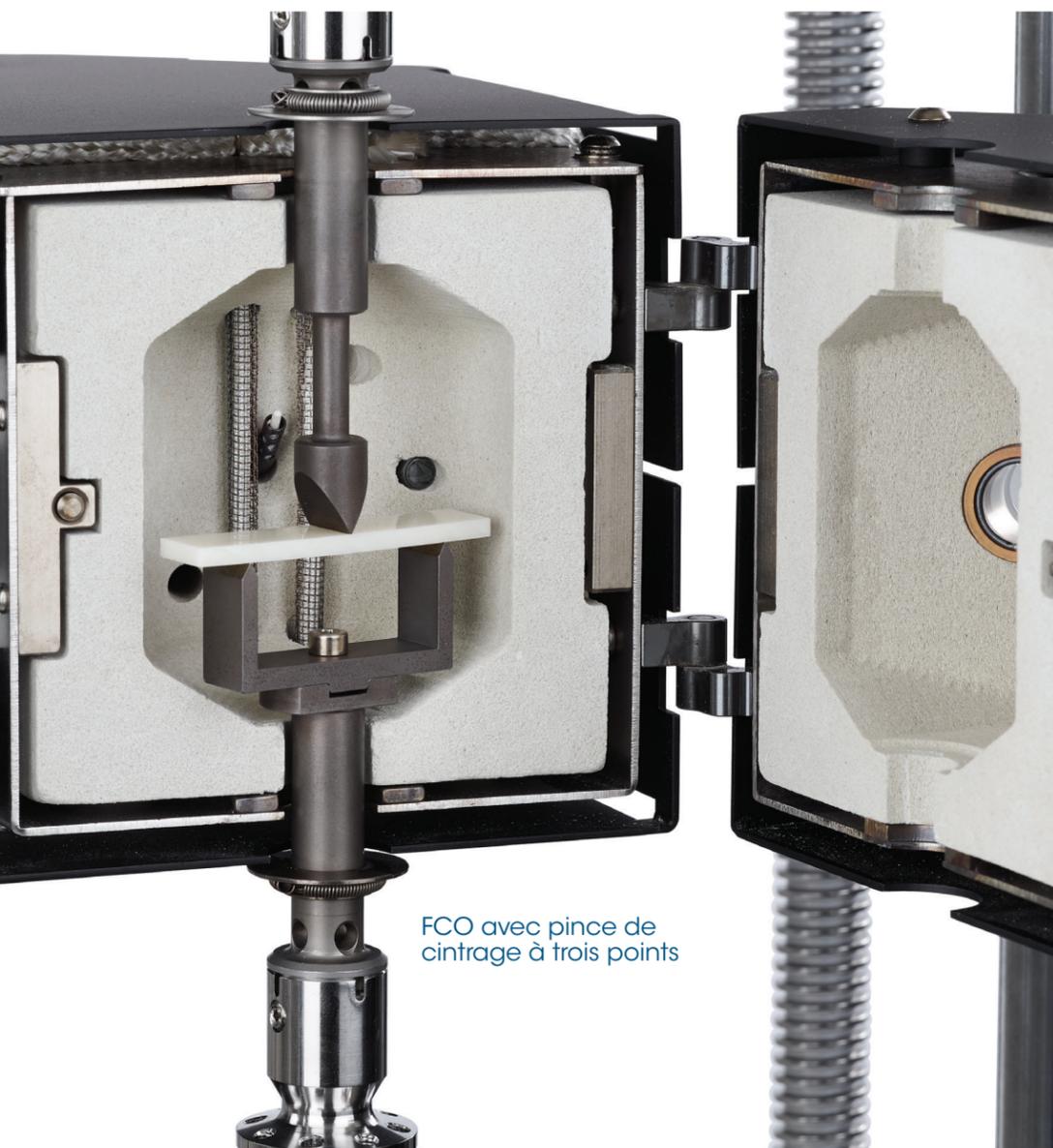
Le DMA 3200 est doté d'un capteur de déplacement haute précision (HADS) qui garantit la plus grande pureté des contrôles et des mesures des petites et grandes déformations impliquées dans les essais de fatigue et la DMA. Le capteur HADS est un dispositif optique ultra performant qui permet d'effectuer des mesures à haute vitesse, sans frottement et à faible bruit avec une résolution nanométrique. Le capteur est placé à proximité de l'échantillon et de l'axe de la charge afin de minimiser les erreurs de compliance ou de dilatation thermique.

## Capteurs de force interchangeables

Les capteurs de force à haute rigidité et large bande passante sont montés sur la base du châssis rigide et sont interchangeables pour ouvrir l'éventail des plages d'essai. L'instrument est fourni en standard avec un capteur 500 N, et un capteur 22 N peut être ajouté en option pour obtenir des données plus précises lors des essais sur des échantillons tendres.

## Conception mécanique à haute rigidité

Dans le domaine des essais mécaniques, la rigidité des composants d'un instrument, tels que le châssis, les composants de liaison et les dispositifs de fixation des échantillons, sont d'une importance cruciale pour la précision des mesures. Il est essentiel de minimiser la déformation, ou la souplesse, des composants de l'instrument afin de ne pas mesurer des déplacements qui seraient sans cela imputés à tort à la déformation des échantillons. La conception ultra-rigide du DMA 3200 garantit une précision supérieure des données. Une telle précision est obtenue d'une part grâce à une conception à châssis rigide à trois colonnes, pour maximiser la rigidité axiale et hors axes, et d'autre part grâce à l'utilisation de paliers à air au-dessus et en-dessous de l'échantillon soumis à l'essai. À la différence des paliers à roulement ou des paliers lisses qui introduisent du bruit et des frottements dans les mesures, les paliers à air ont l'avantage de préserver les caractéristiques de haute performance du moteur linéaire sans frottement ElectroForce®.



FCO avec pince de cintrage à trois points

Le DMA 3200 peut être configuré avec un des deux systèmes de contrôle atmosphérique, ce qui lui donne la flexibilité nécessaire pour répondre à un éventail étendu d'exigences d'essai. Les deux systèmes offrent une variété de systèmes de fixation et sont compatibles avec les systèmes de refroidissement à l'air de TA, qui utilisent une technologie exclusive à flux de gaz réfrigérant permettant d'effectuer des essais à des températures inférieures à la température ambiante sans utiliser d'azote liquide.

### Four à convection forcée (FCO)

Le FCO est le meilleur dispositif de température pour les essais de matériaux et il est conçu pour optimiser le temps de réponse, l'uniformité et la stabilité de la température. Ce four puissant peut chauffer à une vitesse allant jusqu'à 60 °C/min. Une stabilité de température optimale est assurée par l'utilisation d'éléments à résistance chauffante jumelés, qui produisent un flux d'air contrarotatif dans la chambre du four de forme exclusive, afin d'optimiser l'uniformité et la stabilité du mélange de gaz sur toute l'étendue de la plage de température de -150 °C à 600 °C\*. Le FCO est fourni en standard avec un éclairage DEL interne longue durée et un hublot vitré. Un système de refroidissement à l'azote liquide, disponible en option, permet d'assurer un refroidissement rapide jusqu'à -150 °C. Il est également possible d'utiliser un système de refroidissement à l'air pour refroidir le FCO jusqu'à -100 °C sans recourir à l'azote liquide.

### Four à échantillons de grande taille (LSO)

Le LSO possède des dimensions intérieures spacieuses pour recevoir des échantillons et des composants de grande taille. Dans cette conception, l'air passe sur deux éléments à résistance et pénètre dans la cavité, offrant ainsi une meilleure uniformité sur un grand volume pour le contrôle de température entre -150 °C et 315 °C. Le LSO est fourni en standard avec un grand hublot d'observation de 140 x 190 mm et une porte amovible pour plus de commodité. Le grand volume du LSO est idéal pour configurer le DMA 3200 avec des solutions de fixation personnalisées pour des applications spéciales.

\* Les essais à une température supérieure à 500 °C nécessitent l'utilisation de dispositifs de fixation d'échantillons haute température

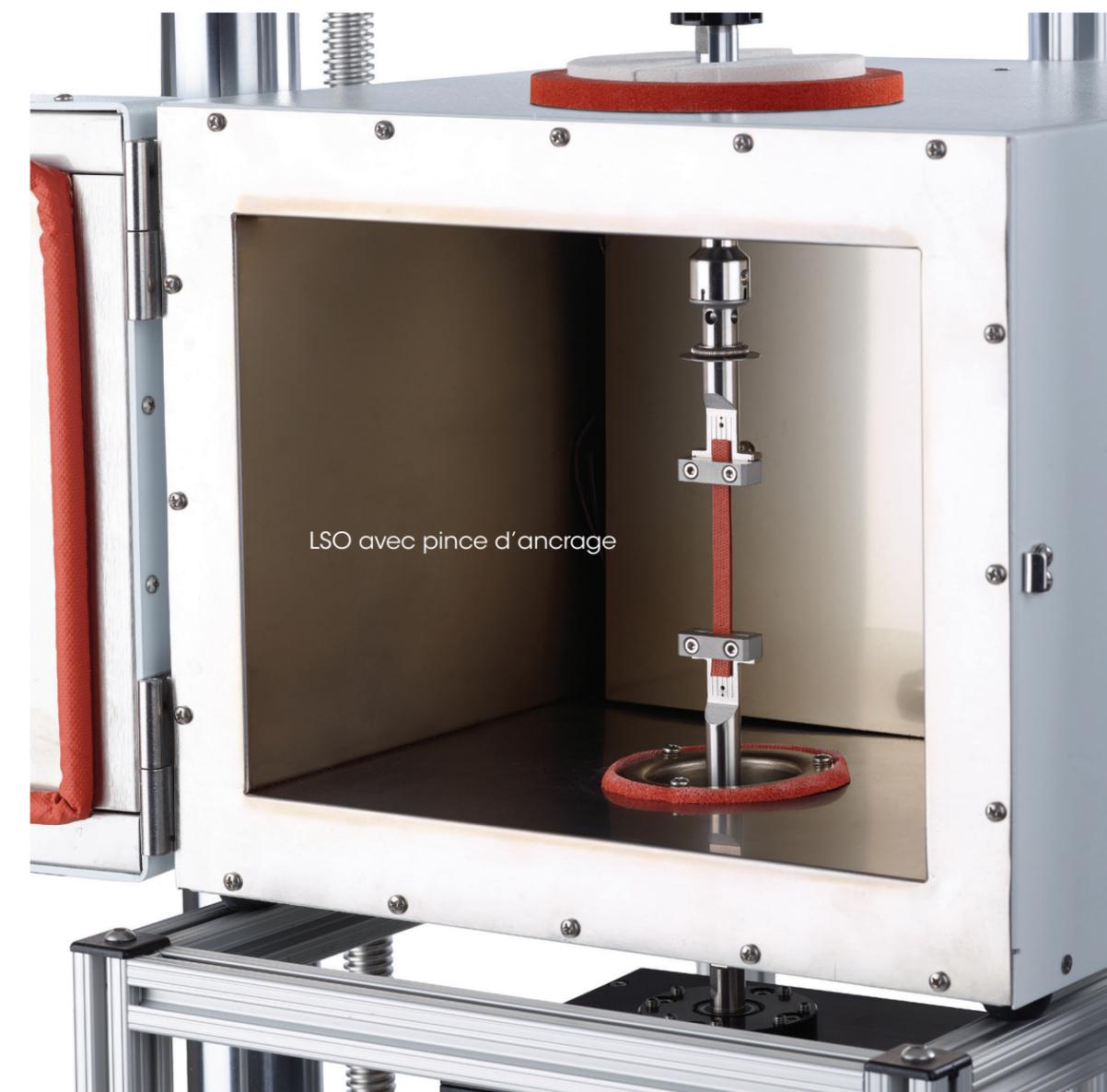
### Système de réfrigération de l'air ACS

Le système de refroidissement à l'air permet d'effectuer des essais à des températures inférieures à la température ambiante sans utiliser d'azote liquide. Les deux versions (ACS-2 et ACS-3) de ce refroidisseur disposent d'un compresseur en cascade multi-étages permettant d'utiliser de l'air comprimé (7 bars, 200 l/mn) comme moyen de refroidissement. Les modèles ACS-2 et ACS-3 permettent au four à convection forcée (FCF) d'atteindre respectivement des températures de -55 °C et -100 °C. Pour le LSO, les modèles ACS-2 et ACS-3 permettent une utilisation jusqu'à -15 °C et -50 °C, respectivement. Ces systèmes de refroidissement peuvent contribuer à éliminer ou réduire dans le laboratoire l'utilisation d'azote liquide et les dangers qui lui sont associés, et offrent un remarquable retour sur investissement.



ACS-3

ACS-2



LSO avec pince d'ancrage

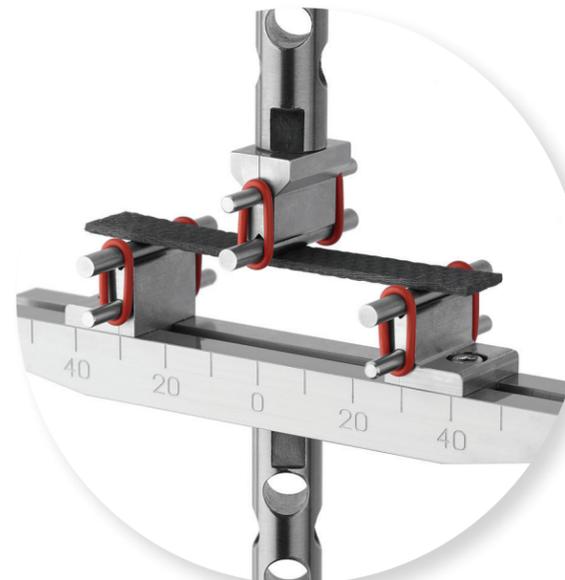
Le DMA 3200 est doté d'une variété de dispositifs de fixation d'échantillons qui permettent des modes multiples de déformation adaptés à une vaste plage de rigidité d'échantillon. Le système de fixation standard utilisable avec le FCO permet les essais de tension, compression, flexion trois points, cintrage serré et sandwich à cisaillement. Les fixations FCO standard, fabriquées en acier inoxydable 17-4, sont destinées à être utilisées à une température maximale de 500 °C. Des fixations proposées en option permettent une utilisation jusqu'à 600 °C. Les systèmes de fixation LSO, fabriqués en titane, permettent de tester des échantillons de grande taille et sont proposés pour les modes de tension, compression et flexion trois points. Toutes les fixations FCO sont prises en charge par le LSO.



FCO

### Flexion trois points

Dans ce mode, l'échantillon est déformé autour de trois points de contact à ses deux extrémités et en son centre. Il est considéré comme un mode de déformation « pur » en ce que l'échantillon est soutenu librement par des points d'appui, ce qui élimine les effets de serrage. Ce mode convient idéalement pour les barres pleines de matériaux solides, comme les composites, la céramique, les polymères vitreux et semi-cristallins, et les métaux.



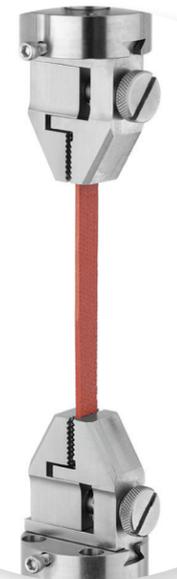
LSO



FCO

### Tension/traction

Dans ce mode, l'échantillon est fixé par le haut et le bas et mis en tension. Le dispositif de fixation à tension/traction est destiné aux essais de traction de films minces, de rubans, de barres, de fibres individuelles et de faisceaux de fibres.



LSO



FCO

### Compression

Dans ce mode, l'échantillon est placé entre des plaques rondes supérieure et inférieure et déformé dans différentes conditions de compression. Le mode compression peut être utilisé pour les essais de matériaux à module de bas à modéré, comme les mousses, les élastomères, les gels et autres solides tendres.



LSO



## Double et simple porte-à-faux

Les modes porte-à-faux sont également appelés modes de flexion « fixés » ou « soutenus » parce que les points d'appui et de déformation sont fixés mécaniquement à l'échantillon. Dans le mode double porte-à-faux, l'échantillon est fixé à ses deux extrémités et en son centre. Le même dispositif de fixation est utilisé pour le mode simple porte-à-faux, et l'échantillon est fixé entre une extrémité et l'attache centrale. Le mode simple porte-à-faux convient pour tester les échantillons de longueur réduite. Le mode porte-à-faux convient idéalement pour les essais à usage général de thermoplastiques et d'élastomères et d'autres matériaux à amortissement prononcé, ainsi que pour les mesures de transition de revêtements sur des substrats.



## Sandwich à cisaillement

Dans le mode sandwich à cisaillement, deux morceaux de taille égale d'un matériau sont pris en « sandwich » entre deux extrémités et une plaque centrale. Le déformation appliquée est parallèle à l'épaisseur de l'échantillon et la déformation résultante est un cisaillement simple. Ce mode est parfois qualifié de cisaillement à double recouvrement. Ce mode convient pour les essais conduits sur des polymères fondus, des mousses, des élastomères, des gels, des pâtes et d'autres solides tendres ou liquides à viscosité élevée.

Spécifications des fixations	Dimensions de l'échantillon pour fixation FCO*	Dimensions de l'échantillon pour fixation LSO
<b>Tension</b>	Jusqu'à 35 mm de longueur, 12,5 mm de largeur, et 1,5 mm d'épaisseur	Jusqu'à 100 mm de longueur, 12,7 mm de largeur, et 8 mm d'épaisseur
<b>Compression</b>	Plaques de 8, 15 et 25 mm de diamètres fournies ; L'épaisseur d'échantillon maximale est de 15 mm.	Jusqu'à 50 mm de diamètre et 100 mm d'épaisseur (hauteur)
<b>Flexion en trois points</b>	Portées de 10, 25, et 40 mm. Jusqu'à 12,8 mm de largeur et 5 mm d'épaisseur	Portée réglable de 10 à 100 mm. Jusqu'à 13 mm de largeur et 10 mm d'épaisseur
<b>Flexion en porte-à-faux</b>	Jusqu'à 38 mm de longueur, 12,5 mm de largeur et 1,5 mm d'épaisseur	N/A
<b>Sandwich à cisaillement</b>	Épaisseurs d'échantillon de 0,5, 1,0 et 1,5 mm ; la surface de cisaillement est un carré de 15 mm de côté.	N/A

\* Remarque : Toutes les fixations FCO sont compatibles avec le système d'environnement LSO du DMA 3200. Des adaptateurs sont inclus.

Le DMA 3200 fonctionne avec deux des plus puissants progiciels du marché : WinTest® et TRIOS. Ces deux progiciels utilisent des algorithmes avancés, offrent une visualisation des données sophistiquée et de puissants outils d'analyse, pour un traitement rapide et une présentation flexible des expériences.

## Logiciel de commande avancé WinTest

WinTest est un logiciel puissant de commande et d'acquisition de données pour le DMA 3200. Il offre un environnement intuitif et une grande flexibilité en matière de conception expérimentale DMA. Les méthodes expérimentales DMA comprennent les rampes de température, les balayages de température, les balayages de déformation et les balayages de fréquence. Les essais de fatigue et les essais de rupture se programment facilement grâce à la diversité des formes d'onde disponibles, telles que : sinusoïdal, triangulaire, carrée ou rampe. En outre, les formes d'onde peuvent être combinées et des formes d'onde réelles peuvent être importées. Les fonctions TuneIQ et Controlled Stop permettent à l'utilisateur d'exploiter l'accélération et la puissance des moteurs ElectroForce® en simplifiant les tâches de réglage.



## Logiciel d'analyse des données TRIOS

Le logiciel TRIOS de TA Instruments transfère efficacement les données DMA depuis WinTest. Il constitue l'outil de référence de l'industrie pour l'analyse et la présentation des données DMA. Ce logiciel intuitif comprend une grande diversité d'outils d'exploitation des données, tels que le traçage à axes multiples, la configuration graphique par défaut intelligente ou personnalisable, la superposition par glisser-déposer et les variables définies par l'utilisateur. Il offre aussi une large palette de modèles d'analyse et de fonctions DMA, tels que la superposition temps-température, l'analyse des valeurs de crête, l'analyse des points de départ, l'intégration des valeurs de crête, ou encore le spectre de relaxation continu ou discret. Le logiciel peut être installé hors ligne sur tout ordinateur pour permettre le partage des données entre collègues.



## Analyse mécanique dynamique (DMA)

La DMA est une technique qui consiste à appliquer une contrainte (ou déformation) sinusoïdale à un échantillon et à mesurer la réponse viscoélastique. Pendant une expérience, il est possible de maintenir constantes ou de faire varier (balayer) la fréquence et la valeur de la déformation. La réponse du matériau à la déformation peut être observée en fonction de la température, de la fréquence ou du temps. La DMA peut être utilisée pour déterminer de nombreuses propriétés mécaniques, telles que le module complexe,  $E^*$ , les modules de stockage et de perte ( $E'$  et  $E''$ ), l'angle de perte ( $\tan \delta$ ) des matériaux viscoélastiques, ou encore pour détecter les mouvements moléculaires et développer les relations structure-propriétés.

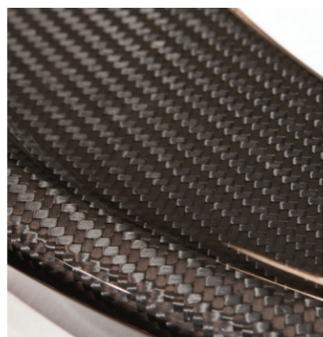
Les propriétés des matériaux mesurables et les applications typiques de l'analyse DMA sont :

### Propriétés des matériaux :

- Module d'élasticité ( $E$ )
- Module de rigidité (cisaillement) ( $G$ )
- Modules complexes ( $E^*, G^*$ )
- Module de conservation, module de pertes ( $E', E'', G', G''$ )
- Propriétés d'amortissement ( $\tan \delta$ )
- Rigidité complexe ( $K^*$ )
- Rigidité de conservation, Rigidité de pertes ( $K', K''$ )

### Applications typiques :

- Température de transition vitreuse
- Transitions secondaires
- Température d'assouplissement et de fusion
- Superposition temps-température
- Région viscoélastique linéaire
- Effet Payne
- Effets Mullins
- Masse moléculaire/Réticulation
- Études de durcissement
- Transmissibilité
- Hystérésis
- Vieillesse physique ou chimique
- Effets d'orientation
- Effets des additifs
- Résistance aux chocs



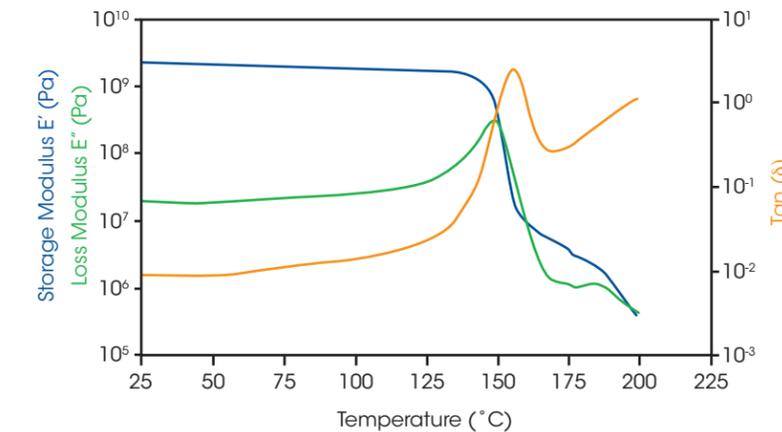
## Analyse mécanique dynamique (DMA) à force élevée

La capacité de force élevée du DMA 3200 permet de pousser plus loin les régimes de charge expérimentaux et de tester des échantillons de grande taille ainsi que des composants réels. Les figures ci-contre montrent des exemples de capacités DMA à force élevée.

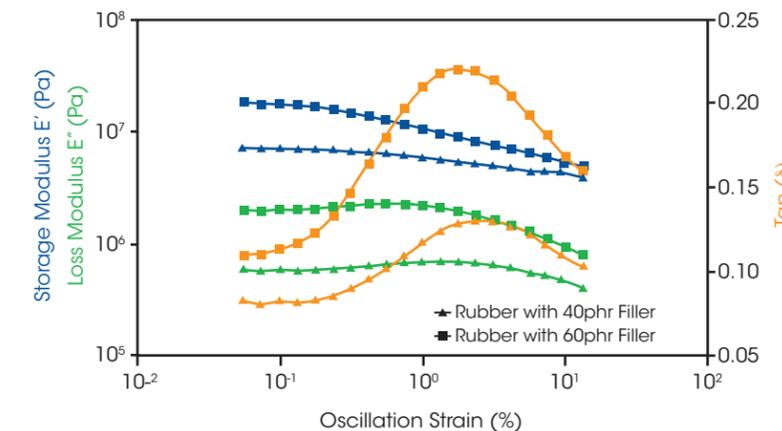
La figure du haut montre une rampe de température d'une barre de polycarbonate soumise à une vitesse de chauffage de  $3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{mn}$  et à une déformation de  $0,4 \%$ . Les dimensions de l'échantillon sont : épaisseur  $1,6 \text{ mm}$ , largeur  $12,8 \text{ mm}$ , longueur  $19 \text{ mm}$ . Ces résultats montrent de différentes manières les capacités du DMA 3200. Tout d'abord, les spécifications de conception « force élevée, haute rigidité » du DMA 3200 permettent de tester un échantillon aussi épais dans la région vitreuse, ou en dessous de la transition vitreuse, du polymère en mode de tension. Un instrument DMA de conception classique et moins puissant serait limité à la fois en force et en rigidité. De tels résultats auraient dû être obtenus avec une configuration de flexion à la place de la tension. Ensuite, la conception sans frottement, qui a l'avantage d'offrir une excellente sensibilité de force, permet la caractérisation de la transition vitreuse sur plus de trois dizaines de changements de module.

La figure du bas montre les balayages de déformation sur deux échantillons de caoutchouc cylindriques, testés avec des fixations de compression, à une température de  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  et une fréquence de  $10 \text{ Hz}$ . Les dimensions de l'échantillon étaient de  $10 \text{ mm}$  de diamètre et de  $20 \text{ mm}$  d'épaisseur. Ces deux échantillons de caoutchouc ont des teneurs différentes,  $40 \text{ phr}$  et  $60 \text{ phr}$  respectivement, où phr est une unité de dosage exprimée en partie pour cent parties de caoutchouc. On voit ici qu'une teneur supérieure résulte en un module plus élevé d'une part, mais plus dépendant de la déformation. Au cours de cet essai, les forces nécessaires pour appliquer une déformation de  $20 \%$ , équivalente à  $5 \text{ mm}$ , avoisinent  $60 \text{ N}$ . Ces résultats mettent en évidence à la fois la force élevée et le contrôle exceptionnel du déplacement qu'offre le DMA 3200.

Rampes de température du polycarbonate en tension



Balayages de déformation du caoutchouc en tension-compression



## Essais de fatigue et essais quasi-statiques

La plupart des matériaux, composants et dispositifs sont exposés à des conditions de charge répétée au cours de leur utilisation, et ce type de charge provoque une fatigue des matériaux. Cette fatigue peut entraîner des changements importants de comportement du matériau, et peut avoir pour conséquence une rupture totale et catastrophique. L'essai de fatigue mécanique fournit des informations qui permettent de préciser comment et quand les matériaux, composants ou dispositifs cèdent lorsqu'ils sont soumis à des forces ou des contraintes oscillantes. Ces informations sur le comportement des matériaux sont utilisées pour garantir la performance des produits sur toute leur durée de vie prévue.

L'essai monotonique, également dénommé essai de traction, est également utile pour évaluer la réponse à la traction et à la déformation. Dans ce cas, les propriétés sont mesurées au cours d'un essai unique de charge de rupture.

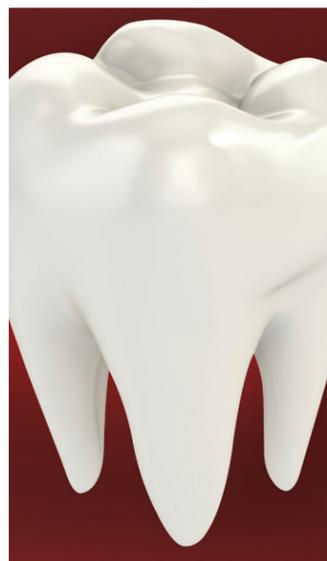
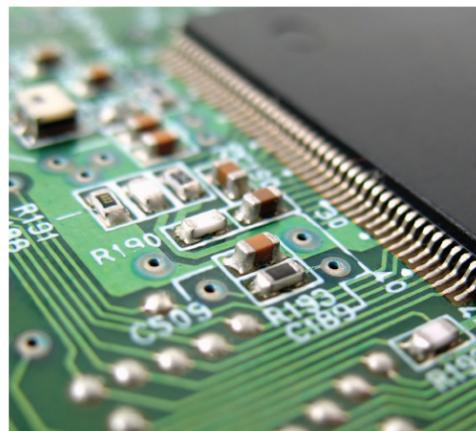
Le DMA 3200 permet de mesurer différentes caractéristiques de matériaux, composants et dispositifs, et il prend en charge de nombreux types d'études des charges dynamiques et statiques.

### Exemples de mesures :

- Module d'élasticité (E)
- Rigidité (K)
- Limite d'élasticité
- Résistance à la traction
- Allongement à la rupture
- Résistance à la fatigue

### Exemples d'essais de résistance :

- Essais accélérés de durée de vie
- Détermination de courbe de Wöhler (S-N)
- Vieillesse mécanique
- Fluage et récupération
- Relaxation de contrainte
- Essai de traction



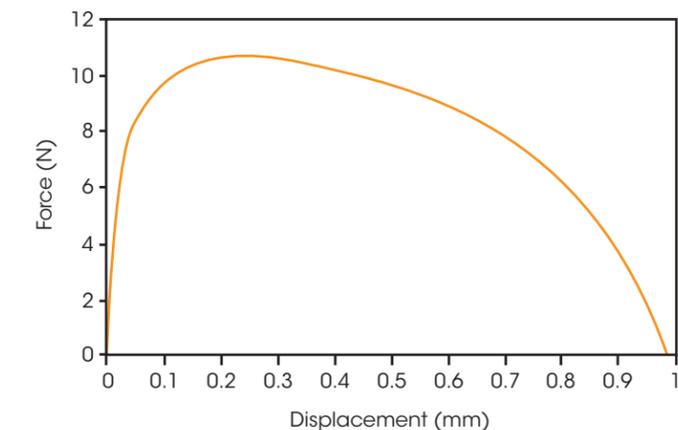
## Activation des essais de fatigue et des essais quasi-statiques

Grâce à sa flexibilité, sa puissance et sa durabilité, le DMA 3200 est capable de réaliser divers essais, en plus de la DMA. Sa plage étendue de vitesse et de force lui permettent d'effectuer des essais de fatigue et des essais quasi-statiques. Ces capacités sont illustrées par les figures ci-contre.

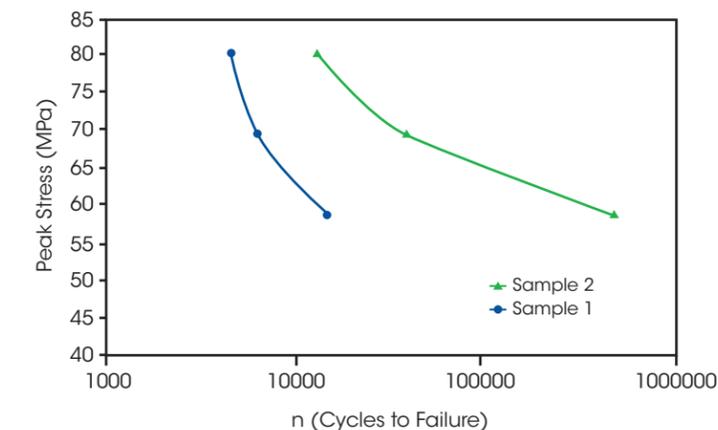
La figure du haut montre un essai unique de rupture en traction, également dénommé essai de traction, sur une petite barre de brasure. La rampe de déplacement est contrôlée à 1 micron par minute et la température est constante à 25 °C. Les dimensions de l'échantillon sont : diamètre 0,5 mm et longueur 2 mm. Cet essai nécessite un contrôle du déplacement lent et précis sur une très longue durée, dans ce cas 14 heures. L'échantillon montre une région linéaire classique dans la partie gauche du graphique qui correspond au début de l'essai, et une longue rupture ductile dans la partie centrale et droite du graphique. Cet essai démontre la flexibilité d'utilisation du moteur linéaire ElectroForce®. Bien qu'il dispose de capacités dynamiques très élevées, il peut aussi être utilisé pour réaliser des essais lents et précis.

La figure du bas montre les résultats d'un essai de fatigue sur des élastomères thermoplastiques. Il s'agit d'une « courbe de Wöhler (S-N) », également appelée courbe d'endurance/courbe contrainte-déformation. C'est un diagramme couramment utilisé pour illustrer et caractériser la durée de vie sous charge cyclique des composants en fonction du niveau de charge. Il montre que lorsque la contrainte diminue, la rupture de l'échantillon intervient après un nombre plus élevé de cycles. Cet essai démontre les capacités d'accélération élevées et de durabilité du DMA 3200, adaptées aux essais de fatigue mégacyclique.

Essai de fatigue en traction sur de la brasure



Essai de fatigue comparant deux élastomères thermoplastiques



Spécifications de l'instrument	DMA	Fatigue et quasi-statique
<b>Force maximale</b>	500 N	450 N
<b>Force minimale</b>		
Capteur 500 N	0,2 N	5,0 N
Capteur optionnel 22 N	0,025 N	0,22 N
<b>Plage de force</b>		
Capteur 500 N	0,006 N	0,015 N
Capteur optionnel 22 N	0,00026 N	0,00067 N
<b>Plage de déplacement dynamique</b>	±0,0005 à ± 6,5 mm	±0,002 à ± 6,5 mm
<b>Résolution de déplacement</b>	1 nanomètre	1 nanomètre
<b>Accélération maximale</b>	80 G	80 G
<b>Déplacement maximal à 50 Hz</b>	± 6,5 mm	± 6,5 mm
<b>Déplacement maximal à 100 Hz</b>	± 1,0 mm	± 1,0 mm
<b>Plage de module</b>	10 <sup>3</sup> à 3x10 <sup>12</sup> Pa	NA
<b>Précision de module</b>	± 1 %	NA
<b>Sensibilité de l'angle de perte (tan δ)</b>	0,0001	NA
<b>Résolution de l'angle de perte (tan δ)</b>	0,000015	NA
<b>Plage de fréquence</b>	0,01 à 100 Hz	0,00001 à 300 Hz

Spécifications du four	FCO	LSO
<b>Température maximale</b>	600 °C*	315 °C
<b>Vitesse de chauffe</b>	0,1 à 60 °C/min	0,5 à 10 °C/min
<b>Vitesse de refroidissement</b>	0,1 à 60 °C/min	0,5 à 10 °C/min
<b>Stabilité isotherme</b>	± 0,1 °C	± 2 °C
<b>Dimensions intérieures</b>	70 mm (hauteur) x 60 mm (diam.)	191 x 200 x 200 mm

\* Remarque : les dispositifs de fixation d'échantillons standard sont destinés à être utilisés à une température maximale de 500 °C. Des dispositifs de fixation d'échantillons sont disponibles en option pour les températures jusqu'à 600 °C.



## AMÉRIQUE

**New Castle, Delaware, États-Unis**  
**Lindon, Utah, États-Unis**  
**Wakefield, MA, USA**  
**Eden Prairie, Minnesota, États-Unis**  
Chicago, Illinois, États-Unis  
Irvine, CA, USA  
Montréal, Canada  
Toronto, Canada  
México, Mexique  
São Paulo, Brésil

## EUROPE

**Hüllhorst, Allemagne**  
Bochum, Allemagne  
Eschborn, Allemagne  
Wetzlar, Allemagne  
Elstree, Royaume-Uni  
Bruxelles, Belgique  
Etten-Leur, Pays-Bas  
Paris, France  
Barcelone, Espagne  
Milan, Italie  
Varsovie, Pologne  
Prague, République Tchèque  
Sollentuna, Suède  
Copenhague, Danemark

## ASIE ET AUSTRALIE

Shanghai, Chine  
Pékin, Chine  
Tokyo, Japon  
Séoul, Corée du Sud  
Taïpei, Taiwan  
Guangzhou, Chine  
Petaling Jaya, Malaisie  
Singapour  
Bangalore, Inde  
Sydney, Australie



[tainstruments.com](http://tainstruments.com)