

Analyse
mécanique
dynamique

MCR 702e MultiDrive



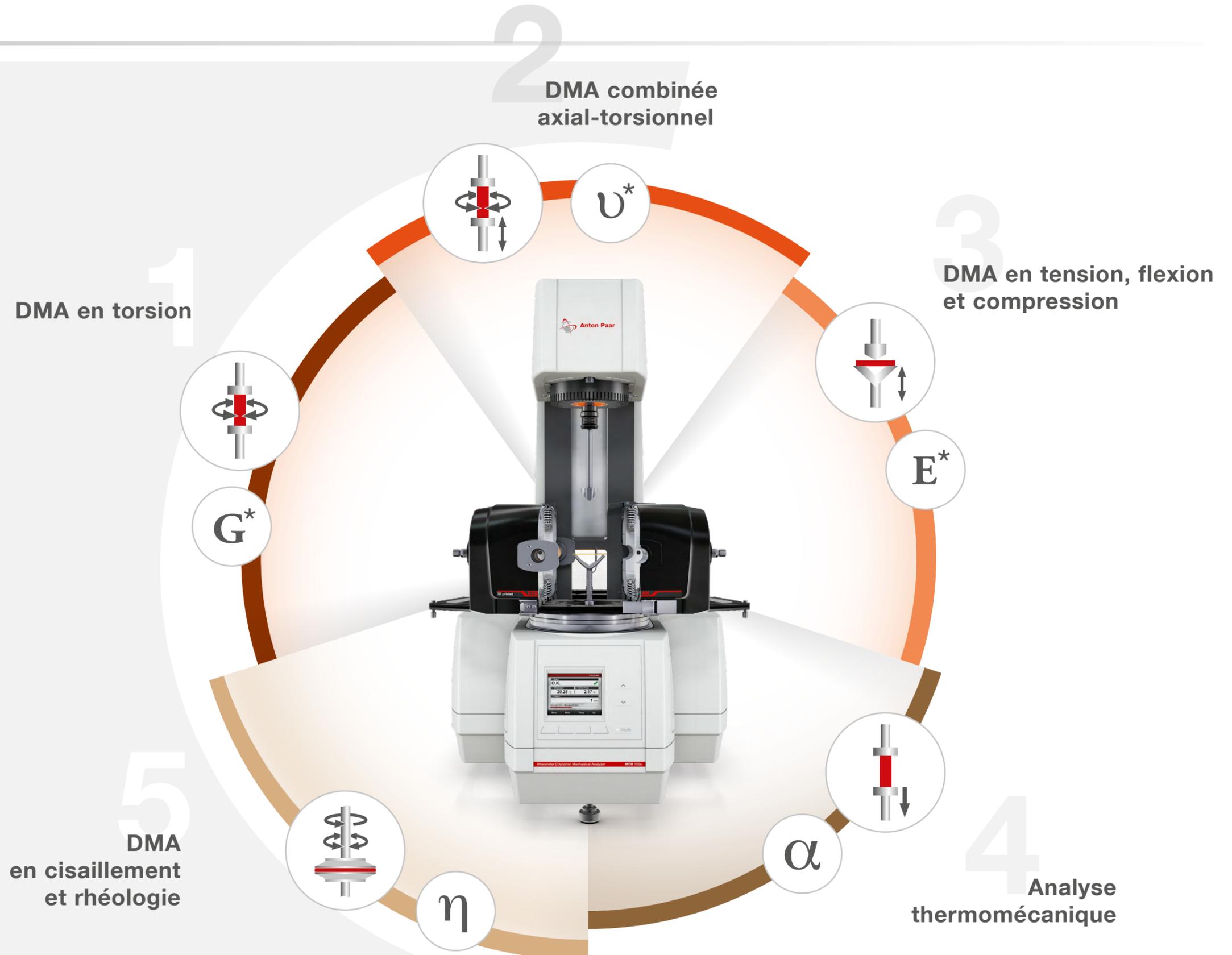
DMA et plus

La plateforme la plus polyvalente et la plus puissante pour la caractérisation mécanique dynamique

Le MCR 702e MultiDrive combine un moteur linéaire de pointe avec la célèbre technologie de moteur EC des rhéomètres MCR. Cela redéfinit les limites du possible pour l'analyse mécanique dynamique (DMA) d'échantillons liquides, mous et solides. L'appareil vous permet d'effectuer de la DMA en traction, torsion, flexion et compression, ainsi que des caractérisations rhéologiques et des analyses thermomécaniques (TMA) avec un seul instrument.

Mais l'innovation ne s'arrête pas là. Le MCR 702e MultiDrive permet de combiner la DMA axiale et la DMA en torsion au sein d'une même définition de test. Cette caractéristique unique facilite la caractérisation des matériaux anisotropes et la détermination du coefficient de Poisson en un seul essai.

Grâce à cette fonctionnalité 5-en-1 révolutionnaire, le MCR 702e MultiDrive établit une nouvelle norme pour les analyseurs mécaniques dynamiques et ouvre de toutes nouvelles possibilités en matière de caractérisation mécanique dynamique des matériaux.



Les modes qui le rendent possible

Grâce à la combinaison d'un moteur EC supérieur et d'un moteur linéaire inférieur à aimant mobile, le MCR 702e MultiDrive est le premier appareil au monde adapté aux mesures mécaniques dynamiques en torsion et en déplacement linéaire, ainsi qu'au mode combiné axial-torsion, à l'analyse thermomécanique, ainsi que la plage étendue de mesures rhéologiques connues des MCR. Anton Paar offre ainsi une flexibilité totale applicable à l'industrie et à la recherche. Avec le MCR 702e MultiDrive, vous pouvez caractériser la plus grande variété de matériaux - de l'état solide à l'état liquide - avec la méthode de votre choix afin d'obtenir les résultats les plus fiables et complets de votre caractérisation.

MOTEUR LINÉAIRE

MOTEUR ROTATIF

MOTEUR LINÉAIRE ET ROTATIONNEL EN ACTION



Des mesures combinées avec le moteur linéaire et rotationnel à l'aide d'accessoires pour éprouvettes solides circulaires et rectangulaires (SCF, SRF) permettent de déterminer le module de Young complexe (E^*) et le module de cisaillement complexe (G^*) en fonction de la température, de la fréquence, du temps ou de l'humidité au cours d'une seule expérience. De cette manière, le coefficient de Poisson des matériaux isotropes peut être, pour la première fois, déterminé avec précision et rapidité à l'aide d'un seul échantillon. De plus, lors de l'étude de matériaux anisotropes tels que les composites, une analyse rapide des propriétés de l'échantillon, dépendante de la direction et plus complète, est possible.

MOTEUR LINÉAIRE

MOTEUR ROTATIF

MOTEUR LINÉAIRE EN ACTION



Dans ce mode, le moteur rotatif est fixe, tandis que le moteur linéaire est utilisé pour contrôler soit la force, soit le déplacement. En combinaison avec des systèmes de mesure tels que la flexion à trois points, le cantilever ou double, les accessoires pour la DMA en traction ou en compression, le mode linéaire convient pour effectuer une analyse mécanique dynamique "classique" aussi précise que possible. En outre, ce mode vous permet de réaliser des essais de fluage et de relaxation, des mesures de contraintes ou de déformations constantes et des analyses thermomécaniques.

MOTEUR LINÉAIRE

MOTEUR ROTATIF

MOTEUR ROTATIF EN ACTION



Dans ce mode, le moteur linéaire est fixe, tandis que le moteur rotatif est utilisé pour contrôler la déformation de cisaillement ou la contrainte de cisaillement. En combinaison avec les montages disponibles tels que les montages circulaires et rectangulaires solides (SCF, SRF) et les géométries plan-plan ou cône-plan, cette option offre la possibilité de réaliser des analyses mécaniques dynamiques en torsion ainsi que des mesures rhéologiques.

MOTEUR ROTATIF

LE MODE D'ESSAI À CONDUITE UNIQUE



Dans ce mode, le moteur linéaire est supprimé et le dispositif de mesure fonctionne comme un rhéomètre rotatif classique. Lorsque l'unité du moteur linéaire est retirée, l'appareil est prêt à être équipé de n'importe quel système de mesure, dispositif de température, et/ou accessoire spécifique connu de la série MCR d'Anton Paar afin de réaliser des analyses rhéologiques standards et avancées de votre échantillon. Au lieu du moteur linéaire, un deuxième moteur rotatif peut être monté pour effectuer des mesures rhéologiques avancées avec tous les modes d'essai disponibles pour les rhéomètres.

Caractéristiques principales

Concept avancé pour la plus grande flexibilité en DMA et rhéométrie

La combinaison unique d'un moteur linéaire et d'un moteur rotatif au sein d'un seul appareil de mesure permet une véritable analyse mécanique dynamique en déplacement linéaire et en torsion, ainsi que des mesures combinées axiales-torsionnelles, et même des mesures rhéologiques pour obtenir le type de caractérisation qui correspond au mieux à l'application de votre matériel.

Conception unique du moteur - la technologie des paliers à air

De par leur conception, les paliers à air du moteur linéaire et du moteur rotatif offrent une sensibilité extraordinaire pour l'analyse mécanique dynamique et toutes sortes de mesures rhéologiques grâce à la haute qualité de la série de rhéomètres MCR.

Mesures précises de la force et grande plage de déplacement

Grâce à la conception optimisée et à la sélection avancée des matériaux du moteur à aimant mobile, le moteur linéaire présente l'hystérésis magnétique la plus faible. Cela permet d'effectuer des mesures très précises sur une large gamme de forces jusqu'à 40 N pour caractériser les matériaux souples et rigides avec la plus grande précision et sur une gamme de déplacement de 9,4 mm, ce qui est avantageux par exemple pour les essais de traction.

Détermination du déplacement avec la plus haute résolution

Un codeur optique linéaire est utilisé dans le dispositif de mesure pour déterminer le déplacement. Cette technologie optique permet des mesures stables de la déformation avec des résolutions de l'ordre du subnanomètre.

Des systèmes de mesure optimisés pour des résultats hautement reproductibles

La conception innovante des systèmes de mesure - optimisée par l'utilisation de la mécanique des fluides numérique (CFD) - garantit des gradients de température négligeables à l'intérieur de l'échantillon pour des résultats très précis et fiables. Chaque système de mesure comprend un capteur de température intégré à proximité de l'échantillon pour mesurer la température réelle de celui-ci avec la plus grande reproductibilité sur toute la gamme de température.

Montage facile et configuration automatique de tous les accessoires

Lors du passage d'un système de mesure à un autre, le raccord QuickConnect, qui a fait ses preuves, offre une grande facilité d'utilisation, car il n'y a pas de mécanisme de vissage ni de procédures supplémentaires pour l'alignement. Toolmaster™ est un outil et un système de configuration entièrement automatique et sans contact permettant de reconnaître tous les systèmes de mesure disponibles. Cela permet de gagner du temps et d'éviter les erreurs lors du changement de systèmes de mesure et d'accessoires, sans avoir à saisir manuellement dans le logiciel la configuration actuellement utilisée ou des données géométriques complexes.



MCR 702e Space MultiDrive

Le choix idéal lorsqu'un espace de travail maximal est requis

Sa plaque de support exposée vous offre un espace de travail maximal pour une combinaison facile avec tous les accessoires MCR, notamment pour la grande variété d'applications rhéologiques et avec des installations externes supplémentaires, par exemple la microscopie confocale. Comme cet instrument dispose d'un boîtier électronique externe, il offre une flexibilité maximale en ce qui concerne les conditions d'installation, par exemple pour une installation dans une boîte à gants.

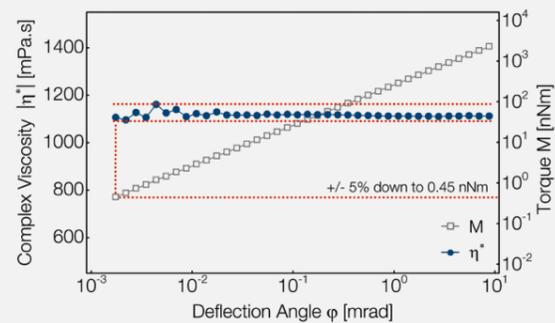


Technologie moteur unique - la clé de la plus haute précision

MOTEUR ROTATIF

Basé sur un moteur EC (Permanent Magnet Synchronous Motor)

- Le rotor est doté d'aimants permanents ①
- Les bobines produisent des pôles magnétiques dans le stator
- Le flux rotatif du courant d'entrée dans les bobines produit un mouvement synchrone sans friction du rotor
- Supporté par des paliers à air axiaux ② et radiaux ③ qui permettent à la fois la caractérisation d'échantillons très rigides en mode DMA et des mesures rhéologiques à faible couple



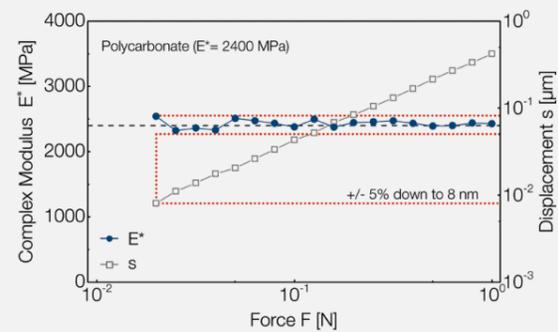
Avantages pour la mesure

- Relation linéaire entre le courant du stator et le couple pour des mesures de couple précises jusqu'à 0,5 nNm (voir schéma ci-dessus)
- Grande stabilité thermique sans production de chaleur ni dérive du signal induite par la température dans le moteur pour des couples permanents jusqu'à 230 mNm
- Accroissement instantané du champ magnétique pour un contrôle rapide du couple

MOTEUR LINÉAIRE

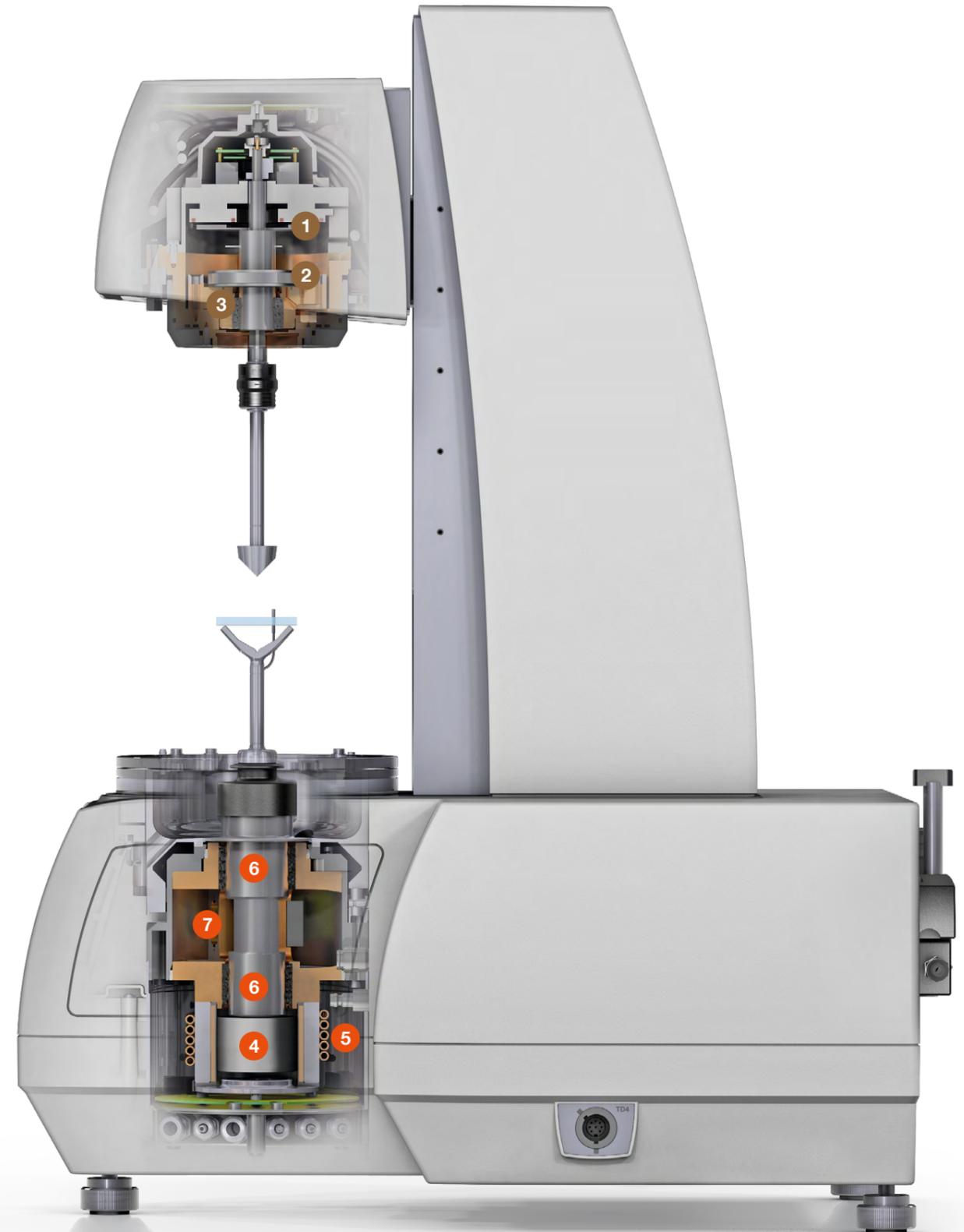
Basé sur un moteur à aimant mobile

- Arbre d'entraînement léger équipé d'un aimant permanent ④
- Les bobines du stator ⑤ induisent un champ magnétique et affectent le mouvement axial de l'arbre d'entraînement
- Grâce à la technologie unique du champ magnétique, les déplacements peuvent être réalisés avec les courants les plus faibles et mesurés à l'aide d'un encodeur optique
- Supporté par des paliers à air radiaux ⑥ et torsionnels ⑦ qui permettent d'effectuer des mesures à faible force en DMA en traction, flexion et compression ainsi qu'en DMA en torsion avec des matériaux très rigides

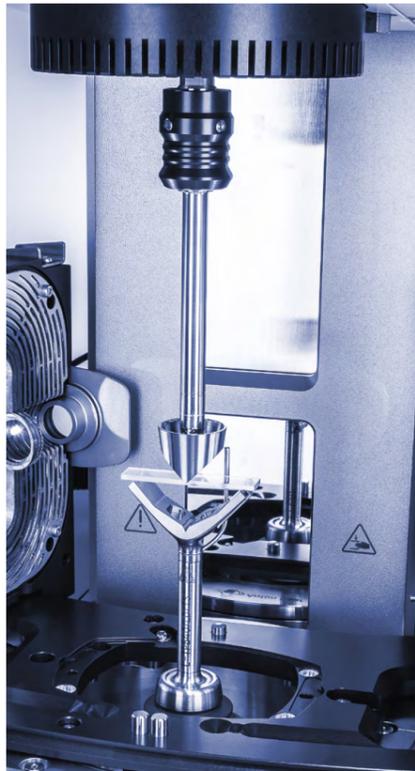


Avantages pour la mesure

- La technologie des champs magnétiques garantit des mesures de force avec un excellent rapport signal/bruit jusqu'à 0,5 mN
- Le concept du moteur assure une gestion thermique parfaite et élimine les dérives du signal dues à la température, même en cas de charges élevées (jusqu'à 40 N) et de longues durées de mesure
- La combinaison d'un encodeur optique et du moteur linéaire précis permet d'obtenir une plage de déplacement exceptionnelle allant de 9,4 mm à 10 nm (voir schéma ci-dessus)

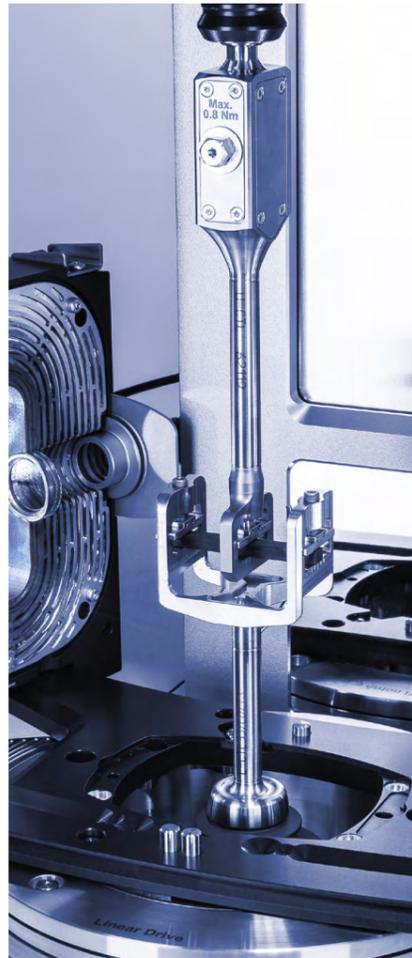


Systèmes de mesure



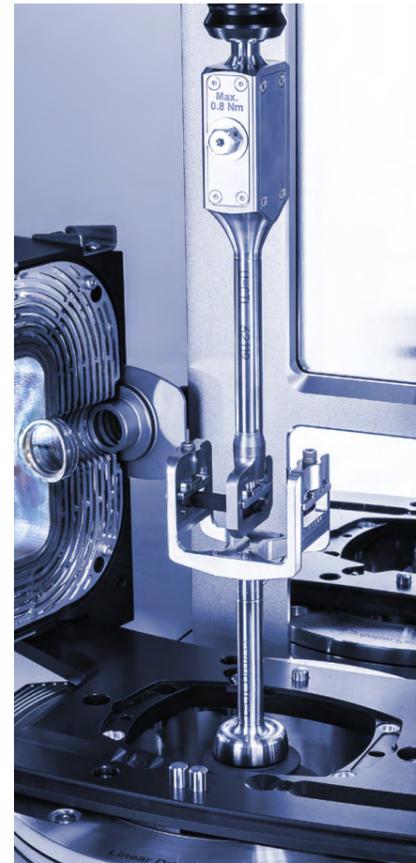
SYSTÈME DE FLEXION TROIS POINTS

L'échantillon est positionné en équilibre sur les deux extrémités d'un support mobile tandis qu'un arbre statique est placé au milieu de l'échantillon. Puisqu'aucun serrage supplémentaire de l'échantillon n'est nécessaire, les erreurs de mesure dues aux contraintes sont minimisées. Le système de mesure est adapté pour caractériser les matériaux rigides tels que les composites et les thermoplastiques en dessous de leur T_g , les thermodurcissables, mais aussi les métaux et les céramiques.



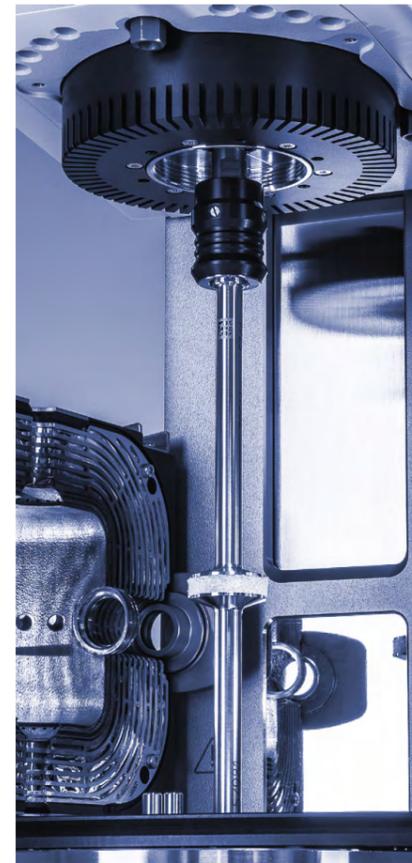
CANTILEVER DOUBLE

Dans ce système de mesure, l'échantillon est fixé entre deux pinces aux deux extrémités avec une pince centrale au milieu de l'échantillon. Grâce au serrage, le système de mesure convient également aux matériaux à faible rigidité qui pourraient autrement présenter un affaissement.



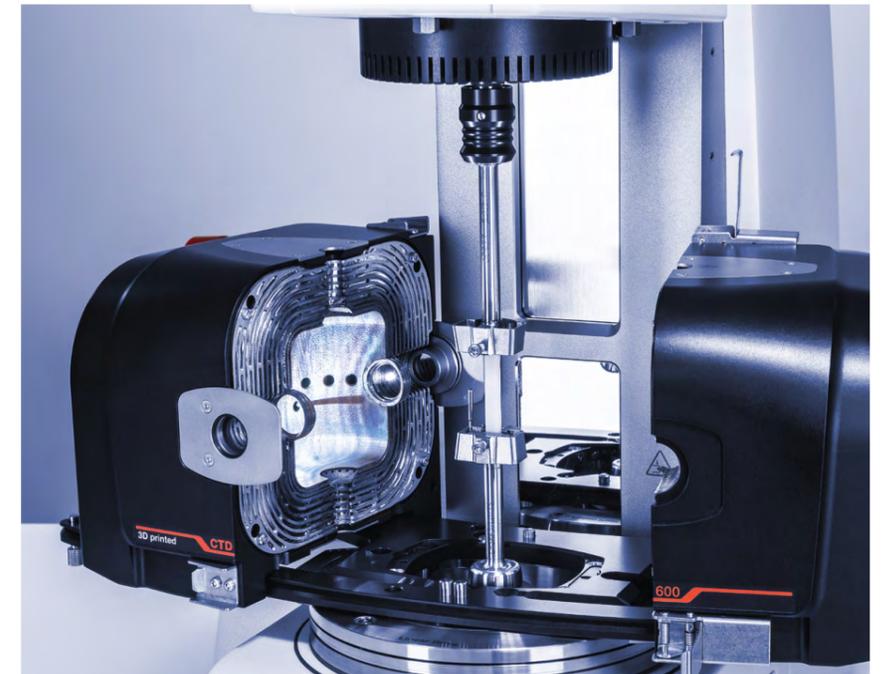
CANTILEVER SIMPLE

L'échantillon est fixé dans ce système de mesure entre la pince centrale et une seule pince à l'extrémité. Ce système peut être utilisé pour des échantillons de longueur plus courte. Pareillement au cantilever double, ce système de mesure vous permet de caractériser les matériaux qui pourraient présenter un affaissement. Les thermoplastiques et les élastomères en sont des exemples.



SYSTÈME DE COMPRESSION

Pour la DMA en compression, des systèmes de mesure conventionnels plan-plan sont disponibles. L'échantillon est placé entre le système de mesure supérieur et inférieur et est soumis à une charge uniaxiale. Ce mode de déformation est particulièrement utile pour la caractérisation des mousses, des élastomères et d'autres solides mous comme les systèmes alimentaires et les gels.



FIXATION SOLIDE RECTANGULAIRE ET FIXATION SOLIDE CIRCULAIRE

Avec ce système de mesure, l'échantillon est positionné verticalement entre les fixations supérieure et inférieure, et déformé uniaxialement. Grâce à la conception spéciale de ces systèmes de mesure, des échantillons d'épaisseurs et de diamètres différents peuvent être parfaitement alignés avec l'axe du système de mesure. Des résultats reproductibles peuvent ainsi être obtenus pour les films, les fibres, ainsi que les barres.

Les mêmes systèmes de mesure peuvent être utilisés en combinaison avec le moteur rotatif pour permettre une analyse mécanique dynamique en torsion complémentaire à la DMA en traction avec le moteur linéaire. Ainsi, pour la première fois, le module de Young et le module de cisaillement d'un même échantillon peuvent être mesurés dans une seule définition d'essai sans changer d'échantillon, de système de mesure ou de tout autre accessoire. Cela permet de déterminer simplement les propriétés des matériaux qui ne pouvaient pas être déterminées avec une DMA, comme le coefficient de Poisson, la caractérisation en fonction de la direction des matériaux anisotropes ou simplement la détermination du comportement complet du matériau sans qu'il soit nécessaire de convertir les données de DMA en tension, en DMA en torsion et vice versa.

VOS AVANTAGES

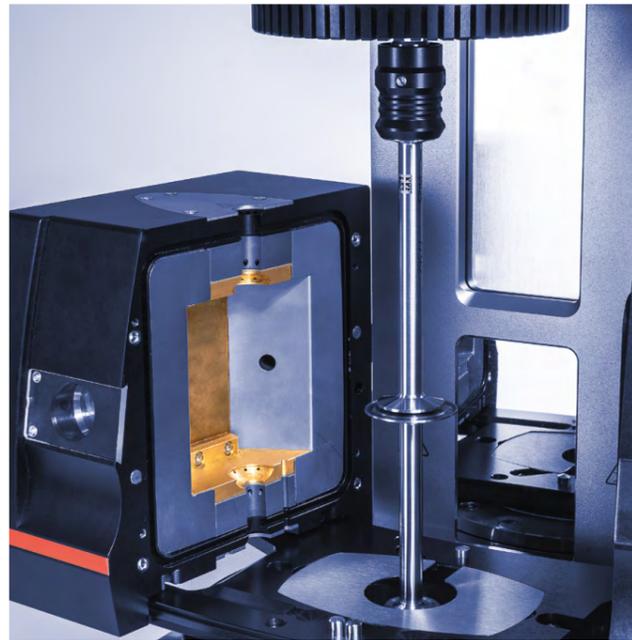
- ✓ Le capteur de température intégré détecte la température de l'échantillon avec la plus grande reproductibilité
- ✓ La conception optimisée par la CFD garantit des gradients de température les plus faibles possibles dans l'échantillon
- ✓ La géométrie robuste garantit la caractérisation d'échantillons rigides sans problèmes de conformité

VOS AVANTAGES

- ✓ La fonctionnalité QuickConnect permet un changement rapide et sans vis du système de mesure en quelques secondes
- ✓ La fonctionnalité Toolmaster™ permet la reconnaissance et la configuration automatiques des outils sans aucune configuration manuelle dans le logiciel.
- ✓ Les fonctions automatiques ZeroGap/ZeroAngle garantissent un positionnement reproductible du système de mesure sans procédures d'alignement complexes

Accessoires de contrôle de la température et l'humidité

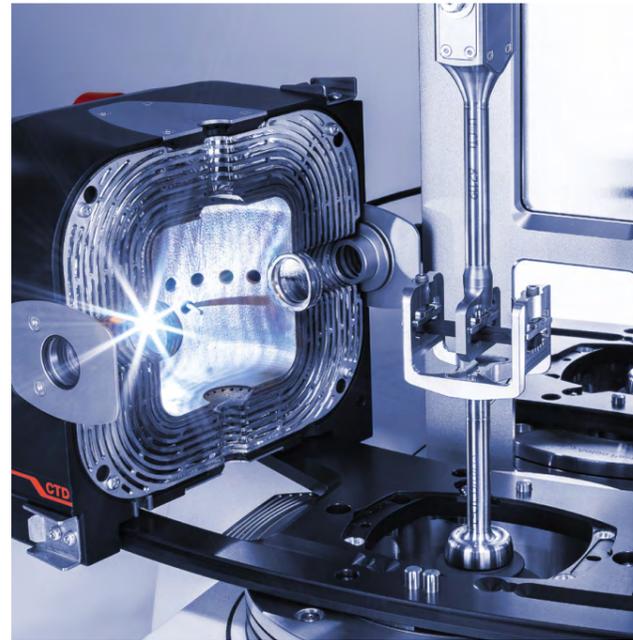
Anton Paar propose une large gamme d'appareils à température de convection (CTD) adaptés aux exigences spécifiques de la DMA et de la rhéologie. Les appareils de température couvrent une plage de température allant de -160 °C à 1.000 °C et peuvent être utilisés avec de l'air ou un gaz inerte. Tous les systèmes sont facilement interchangeables et assurent un contrôle précis de la température sur toute la plage de température.



CTD 180 HR

Contrôle de la température par effet Peltier et convection

- Plage de température : de -20 °C à +180 °C
- Convient pour le refroidissement sans option de refroidissement supplémentaire comme un refroidisseur de gaz ou de l'azote liquide
- Choix idéal pour la caractérisation de l'impact de l'humidité relative sur les polymères, les aliments et les produits pharmaceutiques



CTD 600 MDR

Contrôle de température le plus précis et le plus avancé, basé sur la convection et le rayonnement

- Plage de température : de -160 °C à +600 °C
- Technologie innovante de production d'impression 3D sur métal pour un contrôle précis et stable de la température, même aux températures minimales et maximales
- Une option de caméra oculaire numérique est disponible pour identifier les effets de mesure tels que l'affaissement, le glissement, la rupture ou les transitions de phase optiquement visibles



CTD 1000 MDR

Contrôle puissant de la température par convection pour une plage de température la plus large possible

- Plage de température : de -150 °C à +1.000 °C
- Convient à la caractérisation des métaux et des alliages, du verre et des céramiques



OPTIONS BASSE TEMPÉRATURE

Option 1 : EVU 20 pour des températures jusqu'à -160 °C

- Contrôle l'évaporation de l'azote liquide et un flux continu d'azote dans le CTD 600 MDR ou le CTD 1000 MDR
- L'alimentation en gaz passe automatiquement de l'air à un gaz inerte pour couvrir toute la plage de température du CTD 600 MDR

Option 2 : groupe refroidisseur de gaz pour CTD 600 MDR et températures jusqu'à -90 °C

- Utilise du gaz comprimé (air ou gaz inerte)
- Choix idéal si l'utilisation d'azote liquide est interdite par les règlements de sécurité internes.

OPTION CONTRÔLE D'HUMIDITÉ POUR LE CTD 180 HR

- Le générateur d'humidité externe contrôle l'humidité relative de 5 % à 95 % en fonction de la température réelle
- Utilisé pour étudier l'impact sur le séchage, le ramollissement, mais aussi le durcissement des matériaux

VOS AVANTAGES

- ✓ Contrôle de température avec flux de gaz homogène dans le système, précision élevée
- ✓ Mesures à long terme, même aux températures maximales
- ✓ Faible consommation de gaz (inerte) pour des coûts d'exploitation réduits et des mesures précises même à faible couple et force

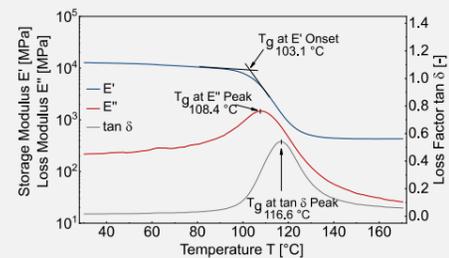
PRÊT POUR TOUS LES ACCESSOIRES MCR

En retirant le moteur linéaire, le MCR 702e MultiDrive peut être utilisé comme rhéomètre CMT (Combined Motor Transducer). La configuration est prête à recevoir n'importe quel dispositif de température et accessoire spécifique à l'application dont vous pourriez avoir besoin - et il existe d'innombrables options parmi lesquelles choisir. En outre, Anton Paar fournit des produits personnalisés pour des applications spécifiques telles que des systèmes de DMA sur des solides immergés dans un liquide, des shafts combinables avec n'importe quelle géométrie jetable ou personnalisée, même des poches de matériau pour tester des échantillons pulvérulents avec des systèmes de mesure DMA typiques en mode flexion ou un accessoire de cisaillement pour caractériser des matériaux viscoélastiques avec DMA dans le sens du cisaillement axial. Pour un aperçu complet, consultez le site Web d'Anton Paar.

MCR 702e MultiDrive – La plateforme la plus polyvalente pour la caractérisation mécanique dynamique

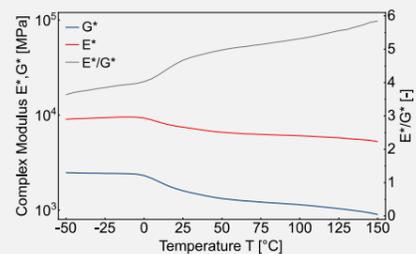
Spécifications

Grâce à sa fonctionnalité 5-en-1, le MCR 702e MultiDrive offre la gamme la plus complète de modes d'essai disponibles pour la caractérisation mécanique dynamique. Les quatre mesures suivantes décrivent des applications cruciales dans l'industrie des polymères afin de caractériser et d'optimiser des composites typiques. Le MCR 702e MultiDrive permet d'effectuer toutes ces tâches de mesure avec un seul appareil, avec une qualité exceptionnelle.



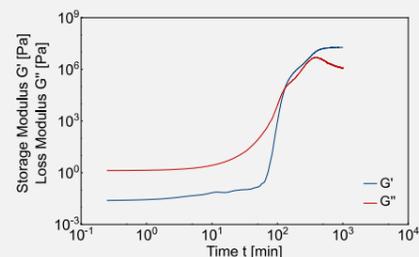
1. DMA en flexion

Pour déterminer les propriétés viscoélastiques des polymères renforcés de fibres de carbone (PRFC), on procède souvent à une DMA en mode de flexion. Le schéma illustre trois méthodes couramment utilisées pour mesurer la T_g (début G' , pic de G'' et pic de $\tan \delta$). Cela permet de déterminer la température de service appropriée et les propriétés mécaniques réelles du matériau pendant son utilisation.



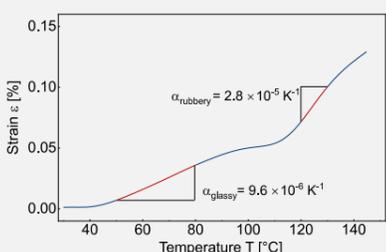
2. DMA en mode combiné axial-torsionnel

En raison de leur anisotropie, les composites polymères peuvent présenter des propriétés viscoélastiques qui dépendent fortement du mode de déformation. L'exemple montre les résultats en fonction de la température pour la DMA en torsion et la DMA en tension d'un CFRP. Un rapport changeant entre E^* et G^* indique que les propriétés mécaniques du CFRP sont influencées à différents niveaux par la température, en fonction de la direction de la charge.



3. Rhéologie

Les résines époxy sont souvent utilisées comme matrice polymérique des PRFC. Ses propriétés mécaniques changent au cours de la réaction de réticulation. En effectuant un balayage temporel oscillatoire isotherme, le début et la vitesse de la réticulation, le point de croisement de G' et G'' , et les propriétés mécaniques finales peuvent être mesurés facilement. Ainsi, le comportement des systèmes de résine peut être contrôlé et amélioré pour garantir une qualité supérieure des composants.



4. Analyse thermomécanique

La connaissance du comportement de la dilatation thermique est importante pour la conception et la simulation des composants. Une discontinuité du changement dimensionnel peut être observée à partir d'environ 100 °C, ce qui correspond bien à la température de transition vitreuse déterminée par les tests DMA. Les résultats montrent que le coefficient de dilatation thermique (CTE) présente des valeurs différentes dans l'état élastique du caoutchouc par rapport à l'état vitreux.

	Unité	Spécifications
Moteur linéaire pour DMA en traction, flexion, et compression		
Force maximale	N	40
Force minimale	N	0,0005
Déplacement maximal	μm	9.400 ⁽¹⁾
Déplacement minimal	μm	0,01
Fréquence maximale	Hz	100
Fréquence minimale	Hz	0,001

Entraînement rotatif pour DMA en torsion et rhéologie		
Couple maximal	mNm	230
Couple minimal, rotation	nNm	1
Couple minimal, oscillation	nNm	0,5
Déflexion angulaire maximale (valeur de consigne)	μrad	∞
Déflexion angulaire minimale (valeur de consigne)	μrad	0,05
Vitesse angulaire maximale	rad/s	314
Vitesse angulaire minimale	rad/s	0 ⁽²⁾
Fréquence angulaire maximale	rad/s	628 ⁽³⁾
Fréquence angulaire minimale ⁽⁴⁾	rad/s	10^{-7} ⁽⁵⁾
Plage de mesure de la force normale	N	-50 à +50

Contrôle de la température		
Plage de température maximale	°C	-160 à +1.000 ⁽⁶⁾
Rampe de chauffage maximale	K/min	60 ⁽⁶⁾
Vitesse de refroidissement maximale	K/min	30 ⁽⁶⁾

Pour plus d'informations sur les caractéristiques techniques, les systèmes de mesures, les accessoires et les spécifications lors de l'utilisation d'entraînements rotatifs uniquement, consultez la brochure du MCR Evolution.

Caractéristiques	
DMA en tension, flexion et compression	✓
DMTA en torsion	✓
DMA en mode combiné axial-torsionnel	✓
Analyse thermomécanique	✓
Toolmaster™, système de mesure	✓
Toolmaster™, cellule de mesure	✓
QuickConnect pour systèmes de mesure, sans vis	✓
T-Ready™	✓
Option basse température, unité d'évaporation d'azote	○
Option basse température, refroidisseur de gaz	○
Option d'humidité	○

✓ compris | ○ en option

¹⁾ En oscillation un déplacement maximal de $\pm 4.500 \mu\text{m}$.

²⁾ En mode de contrainte de cisaillement contrôlée (CSS). En mode taux de cisaillement contrôlé (CSR) en fonction de la durée du point de mesure et du taux d'échantillonnage.

³⁾ Des fréquences plus élevées sont possibles en utilisant la fonctionnalité multi-ondes (942 rad/s (150 Hz) ou même plus, en fonction du système de mesure et l'échantillon).

⁴⁾ Les fréquences réglées en-dessous de 10^{-4} rad/s n'ont quasiment aucune incidence en raison de la durée du point de mesure supérieure à 1 jour.

⁵⁾ Valeur théorique (durée par cycle = 2 ans).

⁶⁾ Les limites dépendent du dispositif de température de convection utilisé et des systèmes de mesure. Option basse température personnalisée pour des températures allant jusqu'à -170 °C disponible sur demande.

© 2024 Anton Paar GmbH | Tous droits réservés.
Les spécifications peuvent faire l'objet de modifications sans avis préalable.
D84IP001FR-D