



ANALYSEUR DE SURFACE SPÉCIFIQUE ET DE TAILLE DES PORES BET

## BELSORP MAX G

## Caractérisation rapide et facile des matériaux en poudre avec la plus grande précision

**Le BELSORP MAX G est un modèle puissant, compact et économique de la série BELSORP MAX de Microtrac, des analyseurs BET de surface spécifique et de taille des pores. Il permet de mesurer les isothermes d'adsorption de gaz à partir de pressions extrêmement basses pour l'évaluation des matériaux micro, méso et macroporeux, ainsi que des matériaux non poreux.** L'analyseur est équipé d'un port de mesure, d'un port dédié à la mesure de la pression de vapeur saturée et d'un port pour l'analyse de l'espace libre (volume mort). Chaque port est équipé d'un capteur de pression dédié pour des analyses de haute précision. L'analyseur de surface et de distribution de la taille des pores BELSORP MAX G est capable d'analyser une large gamme de matériaux, y compris les granulés, les corps moulés, les substrats et les échantillons finement dispersés grâce à des tubes d'échantillonnage spécialement conçus. L'appareil prend également en charge une large gamme d'adsorbats et de conditions de mesure. L'instrument est disponible en deux versions différentes, ce qui le rend adapté à un large éventail d'applications : BELSORP MAX G LP (basse pression) et BELSORP MAX G MP (moyenne pression). Chaque version est équipée d'un transducteur de pression spécifique pour répondre au mieux à vos besoins.

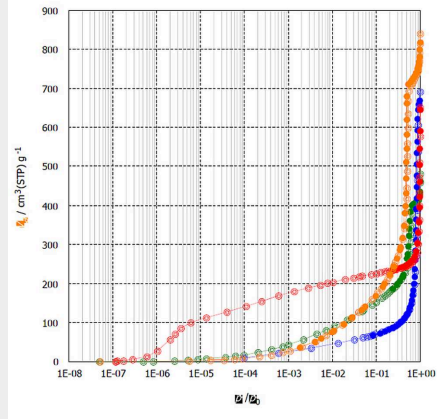
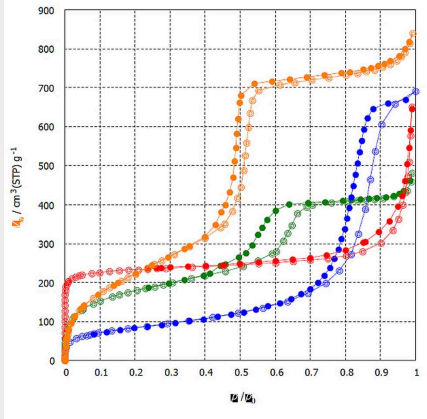


	<b>BELSORP MAX G LP</b>	<b>BELSORP MAX G MP</b>
Port 1	1,000 Torr, +10 Torr, +0.1 Torr	1,000 Torr, +10 Torr, +1 Torr
Port 2		1,000 Torr
Orifice de pression de vapeur de saturation		1,000 Torr
Pompe turbomoléculaire		yes

ANALYSEUR DE SURFACE SPÉCIFIQUE ET DE TAILLE DES PORES BET BELSORP MAX G

## CARACTÉRISTIQUES PARTICULIÈRES

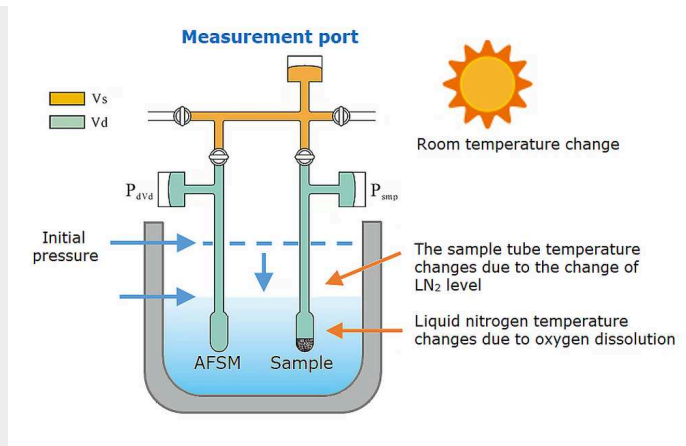
**Mesure à très basse pression** Le BELSORP MAX G permet de mesurer avec une grande précision les isothermes d'adsorption dans une large gamme, depuis la région des ultra-basses pressions ( $P/P_0 = 10^{-8}$ , N<sub>2</sub> @ 77 K) jusqu'à la pression atmosphérique. L'analyseur de surface BET et de distribution de la taille des pores comprend une pompe à vide turbomoléculaire et un transducteur de pression à basse tension.



**Mesure innovante de l'espace libre pour une précision maximale (AFSM™)** Le contrôle strict du niveau des liquides de refroidissement (par exemple l'azote liquide ou l'argon) n'est plus nécessaire avec le BELSORP MAX G. Au lieu de cela, nous avons mis en œuvre notre méthode révolutionnaire de mesure continue de l'espace libre : la méthode brevetée de mesure avancée de l'espace libre (AFSMTM). Cette méthode permet d'atteindre le plus haut niveau de reproductibilité en utilisant une cellule de référence pour suivre les changements de l'espace libre de seconde en seconde. Tout d'abord, l'instrument détermine l'espace libre de la cellule échantillon et de la cellule de référence. Ensuite, au fur et à mesure que l'analyse progresse, toute modification du système susceptible d'altérer l'espace libre mesuré est simultanée dans les deux cellules. Par conséquent, les modifications de l'espace libre mesuré peuvent être prises en compte en permanence par la cellule de référence. Voici quelques exemples de causes de fluctuations de l'espace libre :

- | variations du niveau d'azote liquide (LN2)
- | variations de la température et de la pression atmosphériques
- | changements de température du liquide de refroidissement dus à la dissolution de l'oxygène

Grâce à cette technique, il est possible de prendre en compte des facteurs environnementaux qui ne l'étaient pas auparavant. Pour plus d'informations, veuillez consulter notre base de connaissances.



**Facilité d'utilisation - Réglage simple des conditions de mesure** Le BELSORP MAX G est doté d'un système entièrement automatisé qui permet à l'utilisateur de définir facilement les conditions de mesure grâce au « mode simple ». Ce mode facilite l'analyse des échantillons en ne nécessitant qu'une entrée minimale de la part de l'utilisateur (par exemple, informations sur l'échantillon, conditions de prétraitement et plage de mesure). Ce mode est particulièrement utile pour les matériaux inconnus et pour l'application de procédures opérationnelles standard. Des configurations de mesure détaillées peuvent être définies par des utilisateurs expérimentés en sélectionnant le « mode professionnel ».

**Optimisation du dosage de gaz (GDO)** La fonction d'optimisation du dosage de gaz (GDO) calcule la quantité optimale de gaz à doser à partir des résultats des mesures précédentes. Cette fonction permet de réduire considérablement les temps de mesure.

**Single mode**

Measurement template: Last used method | Operator: \_\_\_\_\_

Sample info: Pre-treatment: Measurement pressure

**Load an existing isotherm**

Previous data: Use(GDO) | Load previous data (GDO)

Specify measurement pressure

Target(PPO)	ADS	DES
15	6.00E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
16	7.00E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
17	8.00E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
18	9.00E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
19	9.50E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
20	9.60E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
21	9.70E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
22	9.75E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
23	9.80E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
24	9.85E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
25	9.875E-1	<input checked="" type="checkbox"/>
26	9.90E-1	<input checked="" type="checkbox"/>

Adsorption:  | Desorption:

**Display of expected isotherm**

Automatic optimization of conditions such as gas introduction volume

Quick entry | Insert | Delete

Tolerance of equilibrium pressure: ± 0.1 %

Display update | Display setting

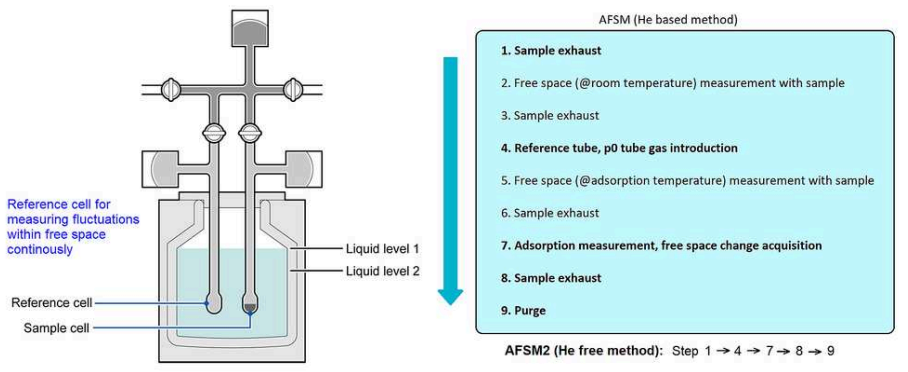
Plot 1 | Plot 2 | Plot 3 | Plot ref

**Input of measurement range**

Start | Close

## Mesures sans hélium (AFSM<sup>TM2</sup>)

En mesurant à l'avance l'espace libre d'un tube d'échantillon « vierge », il est possible de réaliser des mesures sans hélium gazeux. En utilisant le même tube à échantillon, dans les mêmes conditions d'analyse, l'espace libre peut être facilement calculé en utilisant la masse et la densité de votre échantillon. Cette méthode permet également de réduire le temps d'analyse des échantillons en supprimant la détermination de l'espace libre au début de chaque mesure d'échantillon. Avec l'AFSMTM2, il n'est pas nécessaire de faire correspondre le niveau du liquide de refroidissement entre la mesure à blanc et l'analyse de l'échantillon.



**Compact et léger** En optimisant les matériaux des composants, nous avons réussi à fournir une unité de faible encombrement et de faible poids.

**Prétraitement In-Situ (optionnel)** Pour obtenir une mesure d'adsorption précise, un prétraitement des échantillons est nécessaire. Le processus de prétraitement (également appelé processus d'activation) est généralement réalisé en appliquant un vide sous chaleur, ce qui permet d'éliminer les molécules de gaz et/ou d'eau adsorbées de la surface du matériau sans affecter la structure de l'échantillon (en évitant la dénaturation). Microtrac propose deux options pour le prétraitement des échantillons. Tout d'abord, il peut être effectué en externe à l'aide de notre équipement BELPREP, ce qui est généralement préférable pour augmenter le débit d'échantillons. D'autre part, le processus d'activation peut être effectué directement au niveau du port de mesure du BELSORP MAX G à l'aide d'un dispositif de chauffage (voir la liste des accessoires). De cette manière, un transfert du dispositif de prétraitement externe vers le port de mesure peut être évité, ce qui est une option importante pour les échantillons sensibles (par exemple, les matériaux hydrophiles).



**Analyse des données** Notre logiciel d'analyse BELMASTER est fourni avec le BELSORP MAX G et permet à l'utilisateur d'effectuer une grande variété d'analyses de données, y compris l'évaluation des surfaces spécifiques en utilisant la méthode Langmuir ou BET, l'évaluation des volumes de pores en appliquant la méthode t-plot, en effectuant des analyses de mésopores avec la méthode DH ou BJH, des analyses de micropores via la méthode HK ou SF, ou des analyses GCMC / NLDFT, et bien d'autres encore.

ANALYSEUR DE SURFACE SPÉCIFIQUE ET DE TAILLE DES PORES BET BELSORP MAX G

## ACCESSOIRES ET OPTIONS

### BIENS DE CONSOMMATION COURANTE



Nos consommables standard se composent de cellules d'échantillonnage, de tiges de remplissage, de filtres, de joints toriques, de bouchons et de plates-formes de pesée nécessaires pour les mesures d'adsorption. Les capsules NSD, une variété de cellules d'échantillonnage, des joints rapides et bien d'autres choses encore font partie des consommables.

### BAIN-MARIE



Remplacez facilement le Dewar par un bain-marie pour des températures de mesure allant de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $70^{\circ}\text{C}$ . Un circulateur réfrigéré/chauffé est nécessaire.

### CHAUFFAGE



Prétraitement in situ de l'échantillon de  $50^{\circ}\text{C}$  à  $450^{\circ}\text{C}$ . Grâce à cette option, les échantillons peuvent être prétraités directement au niveau du port de mesure, sans qu'il soit nécessaire de transférer la cellule d'échantillonnage avant l'analyse. Particulièrement utile pour les échantillons sensibles.

### SÉLECTEUR DE GAZ



Le sélecteur de gaz permet de connecter simultanément jusqu'à 4 adsorbeurs (1 x hélium + 4 x adsorbeurs).

## ANALYSEUR DE SURFACE SPÉCIFIQUE ET DE TAILLE DES PORES BET BELSORP MAX G

### BELCONTROL : NOUVEAU LOGICIEL D'EXPLOITATION

La polyvalence des équipements BELSORP est véritablement inégalée au niveau mondial. Les nombreuses fonctionnalités et capacités sont complétées par BELCONTROL, le logiciel d'utilisation intuitif et convivial. Il guide l'utilisateur étape par étape tout au long du processus d'analyse. Cela comprend la configuration des conditions d'analyse, l'exécution des mesures, le moment de remplir et de configurer le bain d'azote liquide ou autre, le moment de remplacer la bouteille de gaz, les étapes de dégazage, et bien plus encore. Le logiciel est conçu pour rendre l'instrument accessible et utilisable par tous, y compris les utilisateurs inexpérimentés. Pour les utilisateurs inexpérimentés ou pour les mesures d'échantillons inconnus, BELCONTROL ne nécessite que des informations de base sur l'échantillon (nom, masse, etc.), les conditions de prétraitement (si elles ne sont pas effectuées à l'extérieur) et la plage de mesure. Un contrôle détaillé de la configuration et des paramètres de mesure est possible pour optimiser les conditions de mesure (par exemple, paramètres de dosage, critères d'équilibre, option d'essai d'étanchéité, etc.). Cela permet à l'utilisateur de personnaliser entièrement l'analyse de l'échantillon en fonction de ses besoins.

BELCONTROL		
Quick BET	oui	Surface BET multipoint en moins de 20 minutes
Mesure sans hélium	oui	AFSM™ 2 permet des mesures sans He avec une précision inégalée
Cinétique d'adsorption	en option	Taux de mesures d'adsorption pour l'analyse de diffusion

### PLUS DE CARACTÉRISTIQUES BELCONTROL

- | Superposition des isothermes d'adsorption / désorption et comparaison des données mesurées entre les différents ports lors de la mesure
- | Toutes les pressions, températures, actions sur les vannes, etc. sont stockées dans les données de tendance, ce qui permet un examen immédiat.
- | Une fonction de vérification du système est



disponible pour diagnostiquer l'état de l'instrument.

- | La notification par courrier électronique transmet automatiquement l'état et les résultats des mesures
- | Le programme interactif en japonais ou en anglais assure un fonctionnement facile et fiable
- | Fonctions d'aide étendues, y compris des instructions étape par étape pendant l'utilisation



ANALYSEUR DE SURFACE SPÉCIFIQUE ET DE TAILLE DES PORES BET BELSORP MAX G

## **LOGICIEL D'EXPLOITATION**

La polyvalence des instruments BELSORP, avec leurs nombreuses fonctions et possibilités, est complétée par notre logiciel d'exploitation intuitif et convivial. Il guide l'utilisateur pas à pas tout au long du processus d'analyse, y compris la configuration des conditions d'analyse, l'exécution des mesures, le moment de remplir et d'installer le bain d'azote liquide ou autre, le moment de remplacer la bouteille de gaz, les étapes de dégazage, et bien d'autres choses encore. Le logiciel a été conçu pour rendre l'instrument accessible à tous, même aux utilisateurs inexpérimentés.

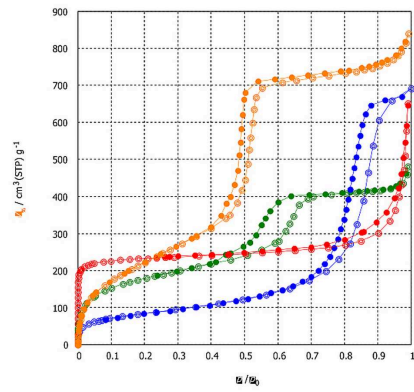
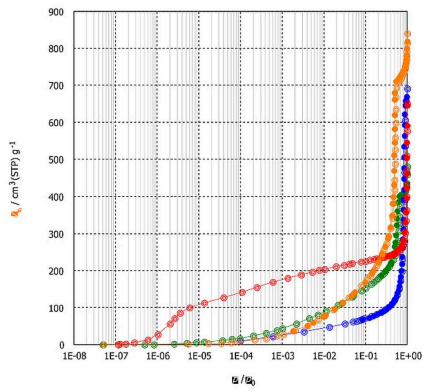
Deux modes de mesure sont proposés : le « mode simple » et le « mode professionnel ». Le mode simple est facile à utiliser et ne nécessite qu'une configuration minimale. Il suffit d'entrer les informations de base sur l'échantillon (nom, masse, etc.), puis de sélectionner les conditions de prétraitement et d'analyse à partir d'une liste d'options prédéfinies. Cette méthode est idéale pour les utilisateurs inexpérimentés ou pour les mesures d'échantillons inconnus. Si une mesure préalable avec un comportement de sorption comparable a été effectuée, le GDO peut être utilisé pour réduire le temps de mesure. Le mode professionnel permet un contrôle détaillé de la configuration et des paramètres de mesure (par exemple, les paramètres de dosage, les critères d'équilibre, l'option de vérification des fuites, etc.



MESURES D'ADSORPTION DE GAZ SUR DES MATÉRIAUX POREUX ET NON POREUX : MOFS, ZÉOLITES,  
CARBONS, ET AUTRES

## **LOGICIEL D'ÉVALUATION BELMASTER**

Une isotherme de sorption est définie comme la relation entre la quantité adsorbée sur un adsorbant et la pression d'équilibre du gaz adsorbant - généralement liée à la pression de vapeur saturante - à température constante. L'isotherme de sorption des gaz (par exemple l'azote) fournit des informations sur la surface spécifique, la distribution de la taille des pores et le volume des pores du matériau mesuré. Le graphique suivant présente quelques isothermes de sorption exemplaires.



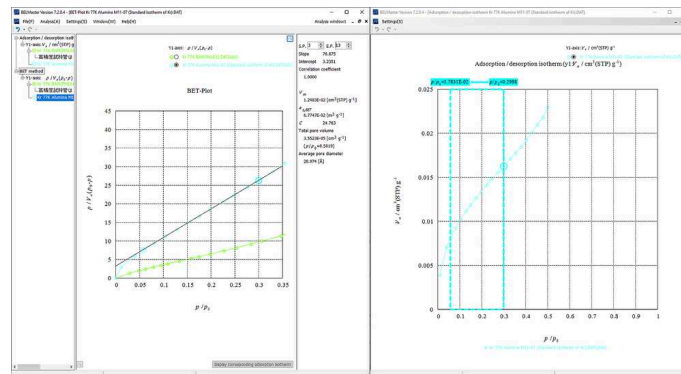
La surface spécifique (SSA) fait référence à la surface accessible de l'échantillon et revêt une grande importance dans l'adsorption et les réactions catalytiques homogènes et hétérogènes. La surface spécifique peut être calculée conformément à la norme ISO 9277 avec la méthode BET (BET : Brunauer, Emmett et Teller) ou la méthode Langmuir. Le graphique suivant montre une évaluation exemplaire de la surface spécifique selon la méthode BET dans notre logiciel BELMASTER :



Sélectionnez la plage de pression appropriée (BET multi-points) ou un point de mesure (BET simple point) et la surface sera calculée automatiquement. En outre, notre logiciel BELMASTER fournit également le calcul de la surface BET selon ISO 9277 Annexe C (également connu sous le nom de Rouquerol-plot), qui est recommandé pour les matériaux microporeux.

La caractéristique exceptionnelle du BELSORP MAX G est la disponibilité de trois transducteurs différents (1000, 10 et 1 / 0,1 torr), permettant d'obtenir des isothermes d'adsorption à très basse pression, à partir de  $p/p_0 = 10^{-8}$  (N<sub>2</sub> @ 77K) jusqu'à la pression atmosphérique. Il est ainsi possible d'obtenir des distributions de tailles de pores allant de 0,35 à 500 nm. En outre, il est possible d'effectuer des mesures de faible surface jusqu'à 0,0005 m<sup>2</sup>/g en utilisant du gaz krypton.

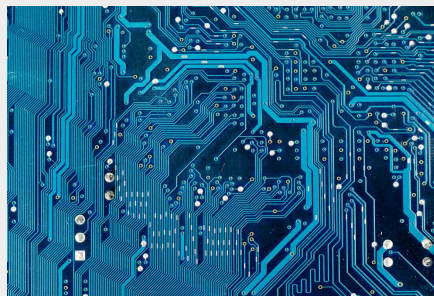
La caractérisation des matériaux à faible surface spécifique tels que les matériaux métalliques non poreux, les substrats en verre et les films peut s'avérer difficile, voire impossible, avec les gaz traditionnels tels que l'azote (77 K) et l'argon (77 K ou 87 K) en raison des limites de détection. En revanche, l'adsorption de krypton peut être utilisée à la température de l'azote liquide pour déterminer la surface spécifique BET jusqu'à 0,0005 m<sup>2</sup>/g.



ANALYSEUR DE SURFACE SPÉCIFIQUE ET DE TAILLE DES PORES BET BELSORP MAX G

## APPLICATIONS TYPIQUES

Les analyseurs d'adsorption de gaz de Microtrac sont utilisés dans de nombreux domaines. Ceux-ci comprennent les catalyseurs, les batteries, les fibres, les matériaux polymères, les zéolithes, les piles à combustible, les produits chimiques, les pigments, les cosmétiques, les MOF / PCP, les poudres magnétiques, les membranes de séparation, les filtres, les toners, le ciment, les céramiques, les semi-conducteurs, et bien d'autres encore.



- | matériaux des batteries
- | Catalyseurs
- | zéolite
- | céramique
- | carbone

- | composants électroniques
- | Piles à combustible
- | Particules de toner
- | ciment
- | médecine / pharmacie

- | Silice
- | MOF / PCP
- | pigments
- | cosmétiques

... et bien plus!

Pour trouver la meilleure solution à vos besoins de caractérisation des particules, visitez notre base de données d'applications

ANALYSEUR DE SURFACE SPÉCIFIQUE ET DE TAILLE DES PORES BET BELSORP MAX G

**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES**

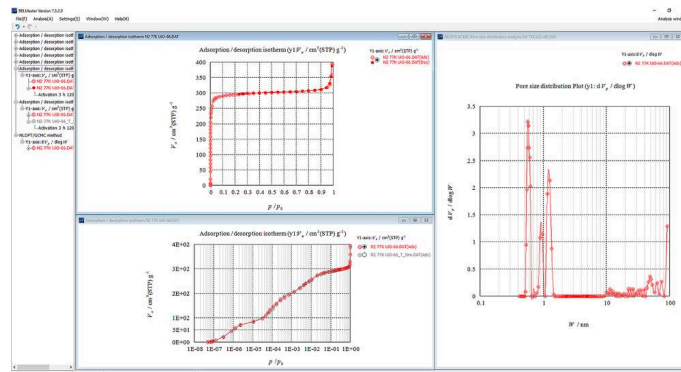
<b>Principe de mesure</b>	Méthode volumétrique + AFSM™
<b>Gaz d'adsorption</b>	N <sub>2</sub> , Ar, Kr, CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , NO, CO, butane, and various other (non-)corrosive gases
<b>Connexions de gaz</b>	2 ports (5 ports max.)
<b>Nombre de mesures (Mode Haute Précision)</b>	1 port en mode Haute Précision
<b>Gamme de mesure (surface spécifique)</b>	0,01 m <sup>2</sup> /g et plus (N <sub>2</sub> ) 0,0005 m <sup>2</sup> /g et plus (Kr) (selon la densité de l'échantillon)
<b>Distribution de la taille des pores (diamètre)</b>	0.35 - 500 nm
<b>Isotherme de basse pression</b>	p/p <sub>0</sub> = 10 <sup>-8</sup> (N <sub>2</sub> @77K, Ar @87K)
<b>Capteur de pression</b>	133 kPa (1000 Torr) x 3 unités 1,33 kPa (10 Torr) x 1 unité 0,133 kPa (MP) ou 0,0133 kPa (LP) x 1 unité
<b>Jauge pour le vide / pompe</b>	Pompe turbo moléculaire + pompe rotative Jauge à cathode froide (en option)
<b>Tube échantillon</b>	Tube standard, environ 1,8 cm <sup>3</sup> (en option : 5 cm <sup>3</sup> )
<b>Vase Dewar</b>	Volume : 2,6 l Temps de maintien : 80 h
<b>Bloc chauffant pour le prétraitement</b>	50 - 450 °C
<b>Bain-marie</b>	-10 - 70 °C
<b>Logiciel d'analyse BELMaster™ 7</b>	Isotherme d'adsorption, surface spécifique BET de type I (ISO9277), analyse automatique BET, surface spécifique de Langmuir, BJH, DH, CI, méthode INNES, graphique en T, tracé Alpha-s
<b>Logiciel d'analyse BELMaster™ 7 cont.</b>	Méthode HK, SF, CY, NLDFT / GCMC, Méthode MP, Méthode Dubinin-Astakhov, Isotherme d'adsorption différentielle, Sonde moléculaire, Analyse du taux d'adsorption (opt.)
<b>Dimensions (L x H x P)</b>	320 x 740 x 465 mm
<b>Poids (partie principale)</b>	36 kg
<b>Utilitaire - Gaz</b>	He, gaz d'adsorption : 0.1MPa (G), pureté : plus de 99.999% Joint : joint Swagelok 1/8

<b>Utilitaire - Tension, Puissance</b>	Unité principale : AC 100 - 240 V / 850 W, 50 / 60 Hz (inclus pompe à vide)
<b>Conditions ambiantes</b>	Température : 10 - 30 °C Humidité : 20 - 80 % HR
<b>ASTM compliance</b>	B922, C110, C1069, C1240, C1274, D1993, D3663-20, D3908, D4222, D4365, D4641, D4780, D4842, D5604-96, D6556, D8325, E2864, WK61828, WK71859
<b>Standards</b>	4652, 8008, 9277, 12800, 15901-2, 15901-3, 18757, 18852
<b>Conformité USP</b>	268, 846
<b>DIN compliance</b>	66134 (1998-02), 66135-1 (2001-06), 66135-2 (2001-06), 66135-3 (2001-06), 66135-4 (2004-09)
<b>Certifié CE</b>	oui
<b>Écrans recommandés</b>	Écrans Full HD

## ANALYSEUR DE SURFACE SPÉCIFIQUE ET DE TAILLE DES PORES BET BELSORP MAX G

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

**Analyse de la distribution de la taille des pores par les méthodes NLDFT et GCMC** Les distributions classiques de la taille des pores (PSD) sont calculées par la méthode INNES (forme de fente) et les méthodes BJH, DH, CI (forme de cylindre), qui évaluent les mésopores sur la base de la théorie de la condensation capillaire. Les méthodes HK (fente), SF (cylindre) et CY (cage) peuvent également être utilisées pour évaluer les micropores sur la base de la théorie du potentiel d'adsorption. La méthode DA, ainsi que la méthode DR, sont également couramment utilisées pour l'évaluation du volume et de la structure des pores. Les nouvelles méthodes d'évaluation de la DSP et de la capacité, NLDFT et GCMC (en option pour BELSORP MINI X), sont utilisées pour des analyses à large spectre (des micro aux méso et macropores) et des méthodes plus précises, spécifiées dans la norme ISO15901-2.



Théorie	Interaction entre la surface et le gaz	Adsorbant
BJH, CI, DH, Méthode INNES	Équation de Kelvin (Tension superficielle et angle de contact)	Densité du liquide e
Méthode HK, SF, CY	Potentiel de Lennard-Jones (Force d'interaction et de répulsion)	Densité du liquide e
NLDFT, GCMC	Modèle thermodynamique statistique	

Ces dernières années, l'attention s'est portée sur les méthodes d'évaluation de la structure des pores à l'aide de simulations informatiques, telles que la nouvelle analyse de la distribution des pores NLDFT (théorie fonctionnelle de la densité non localisée) et la méthode GCMC (Grand Canonical Monte Carlo), qui permet d'analyser les micropores jusqu'aux mésopores et macropores à l'aide d'une théorie unifiée. Les distributions de taille des pores obtenues à partir de la même isotherme d'adsorption sont différentes entre les analyses PSD classiques et nouvelles, et même entre les nouvelles méthodes parce que la pression de remplissage obtenue à partir de chaque théorie est différente. Microtrac propose des méthodes d'évaluation qui couvrent une large gamme de tailles de pores et divers adsorbats, tels que N<sub>2</sub> (77,4 K), Ar (87,3 K) et CO<sub>2</sub> (298 K). Il utilise les noyaux NLDFT / GCMC des modèles de pores en fente, en cylindre et en cage avec des atomes de surface en carbone et en oxyde métallique, ce qui permet d'obtenir la description la plus appropriée des matériaux poreux. Le logiciel BELMASTER permet de comparer facilement les isothermes expérimentaux et simulés, l'isotherme simulé servant de base au calcul de la DSP.

[www.microtrac.fr/belsorp-max-g](http://www.microtrac.fr/belsorp-max-g)