

OPAL-MD – Station de test multi-matrices

STATION DE TEST AUTOMATISÉE POUR LA PHOTONIQUE INTÉGRÉE

- Test précis, automatisé, rapide et rentable des circuits intégrés photoniques (PIC) avec des résultats traçables.



CARACTÉRISTIQUES CLÉS

Caractérisation de plusieurs matrices singulées en une seule exécution automatisée

Plateforme complète de test PIC pour un alignement optique et un sondage électrique précis et répétable

Préparation, exécution automatisée (navigation, alignement, contrôle de l'instrument) et gestion des données (dépôt, analyse) avec la suite logicielle PILOT incluse

Conception flexible avec des têtes RF/DC optiques et électriques repositionnables

Différentes options de têtes optiques, selon les besoins : jusqu'à 6 axes motorisés pour le couplage de surface et de bord avec des fibres simples ou des réseaux de fibres

APPLICATIONS

De la R&D à la production pilote, en passant par la vérification de la conception et le développement des processus

Test automatisé de plusieurs matrices isolées à partir d'un tirage de plaquettes de silicium multi-projets

Analyse approfondie de la performance et du rendement des circuits statistiques

Tests optoélectroniques sur toute plateforme photonique intégrée : silicium photonique, phosphore d'indium, III-V, polymère, hétérogène, etc.

Agnostique en termes d'applications : émetteurs-récepteurs de télécommunication et de transmission de données, quantum, LIDAR, capteurs, IA, etc.

PLATEFORME OPAL-MD

La station de test multi-die OPAL-MD fournit une caractérisation de haute performance pour la photonique intégrée avec un matériel précis, répétable, flexible et rapide. La suite logicielle PILOT améliore les capacités matérielles de l'OPAL-MD pour fournir une station de test automatisée et une source de mesures de qualité qui peuvent être transformées en données exploitables. La suite complète d'applications constitue une plateforme qui prend en charge l'ensemble du flux de tests et de mesures et qui aide les utilisateurs à devenir plus axés sur les données. Combiné aux capacités de mesure optique avancées d'EXFO et ouvert à tout instrument tiers, l'OPAL-MD est une plateforme complète pour les tests PIC.

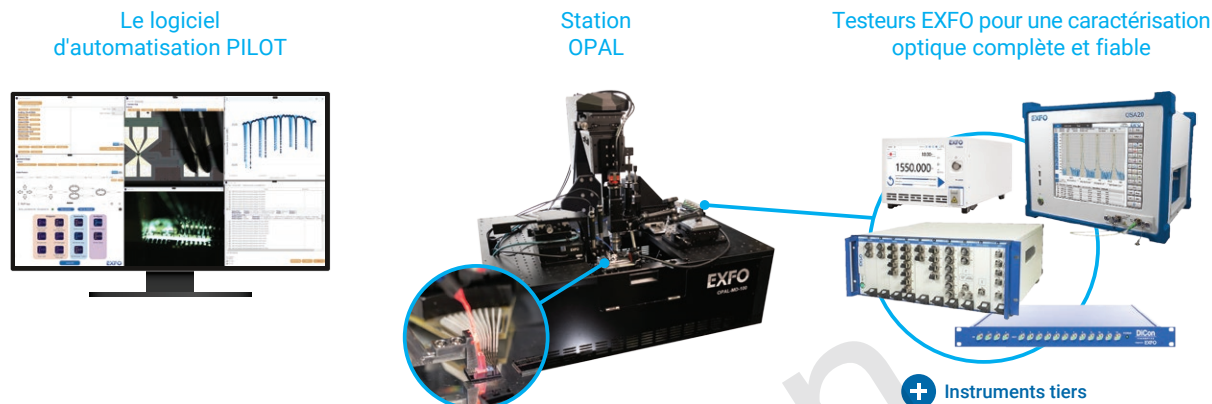


Figure 1. Plateforme d'EXFO pour les essais multidisques comprenant la station de test OPAL-MD, le logiciel PILOT et les plateformes EXFO pour la caractérisation optique du PIC. Des instruments tiers peuvent être ajoutés et contrôlés par PILOT.

Le matériel de la station se compose d'un système de déplacement motorisé à 4 axes, d'une platine de positionnement à mandrin, qui maintient un ou plusieurs échantillons sur une surface de 100×100 mm, avec un contrôle thermique en option. La station peut accueillir jusqu'à trois têtes de palpation pour des sondes optiques ou électriques. Elle comprend également un système de vision supérieure à fond clair, en ligne et à haute résolution, ainsi qu'un système de vision latérale télécentrique. Le système comprend une licence dédiée pour la suite logicielle PILOT, installée sur un ordinateur industriel monté en rack.

La haute résolution et la répétabilité du système de mouvement de la base et de la sonde optique motorisée se traduisent par une réduction de la perte d'insertion et de la marge d'erreur sur les mesures optiques.



Figure 2. Test de plusieurs matrices singulées à la fois avec une platine motorisée et une navigation automatisée.

En permettant de tester efficacement plusieurs matrices et circuits, sans intervention humaine pendant l'exécution des tests, l'OPAL-MD est efficace pour constituer un ensemble de données complet et précis. Il permet aux utilisateurs d'obtenir un aperçu de l'analyse statistique; ces données peuvent être utilisées pour analyser et extraire les variations de fabrication spécifiques à la fonderie, la performance du système et le rendement peuvent être effectués. Ces informations sont précieuses pour faire évoluer la R&D vers des circuits à haute performance et tolérants à la fabrication, tout en développant le processus de fabrication et de test pour améliorer la robustesse, le rendement et la performance.

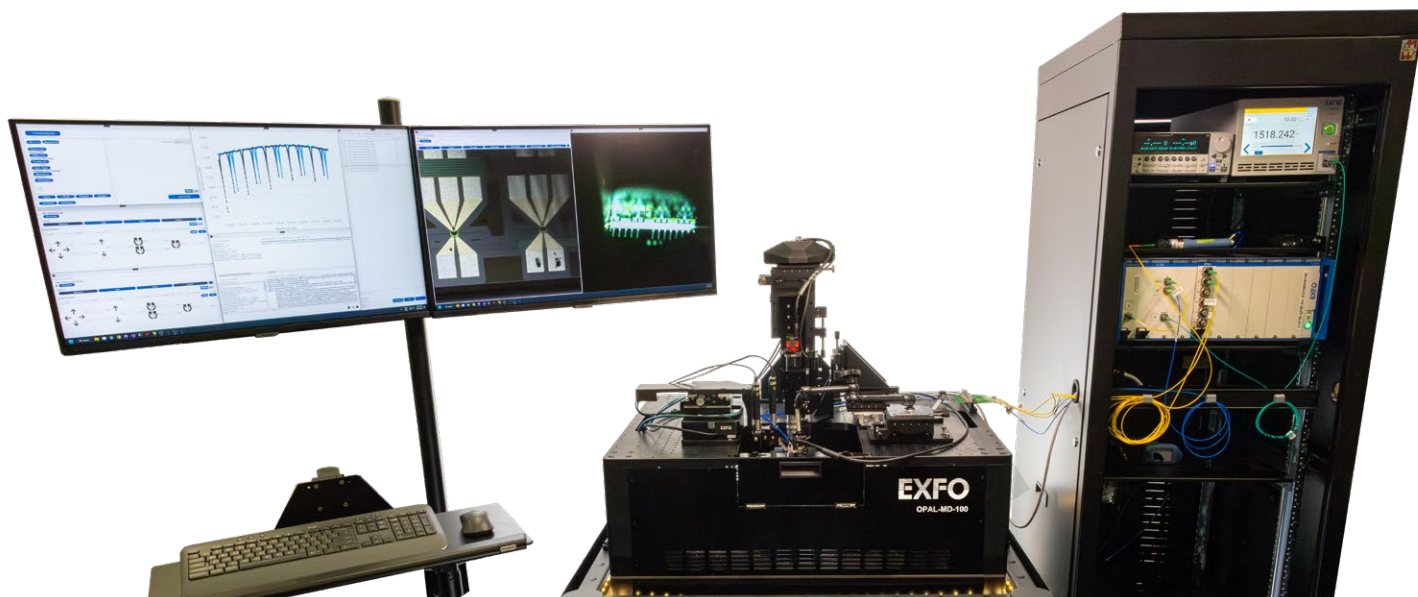


Figure 3. Configuration de test comprenant l'OPAL-MD d'EXFO, le logiciel PILOT, le CTP10 et les lasers T500S ou T200S, dans le cadre d'une solution complète et automatisée de test et de gestion des données pour la caractérisation optique des circuits intégrés photoniques.

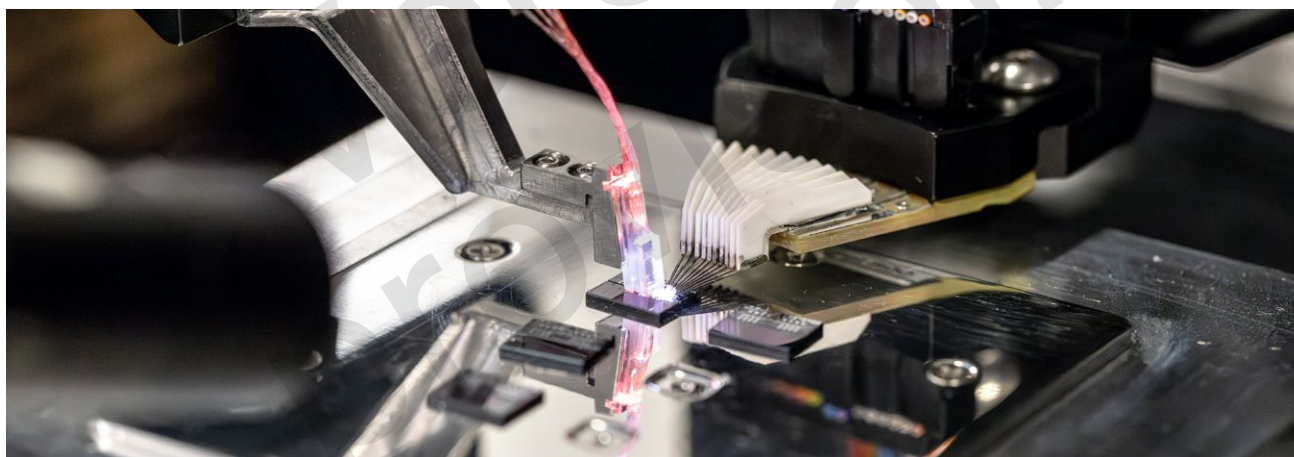


Figure 4. Sondage optique et électrique. Représenté ici avec un réseau de fibres pour le couplage de surface et une sonde DC. Sondes non incluses.

La station OPAL-MD fait partie de la famille OPAL de stations de test dédiées aux tests PIC, offrant différents niveaux de performance, de capacité et de débit. Ces stations de test sont les suivantes :

- OPAL-EC: une station de couplage de bords au niveau de la tranche de silicium
- OPAL-SC: une station de production de plaquettes à couplage de surface uniquement
- OPAL-MD: une station multi-matrices
- OPAL-SD: une station à matrice unique

Toutes les stations de test sont pilotées par le logiciel PILOT. Par conséquent, le processus de test et la formation des utilisateurs développés sur une station sont entièrement transférables à une autre station de la famille OPAL. Les têtes optiques, les têtes électriques, les systèmes de vision et les kits informatiques sont également transférables d'une station à l'autre, ce qui réduit les obstacles à la mise à niveau du matériel.

LOGICIEL D'AUTOMATISATION PILOT

PILOT est une plateforme logicielle qui orchestre le flux complet de test et de mesure des PIC : (i) préparation du test, (ii) exécution de la navigation, de l'alignement et des mesures entièrement automatisés à haut débit et (iii) analyse et gestion des données des résultats.

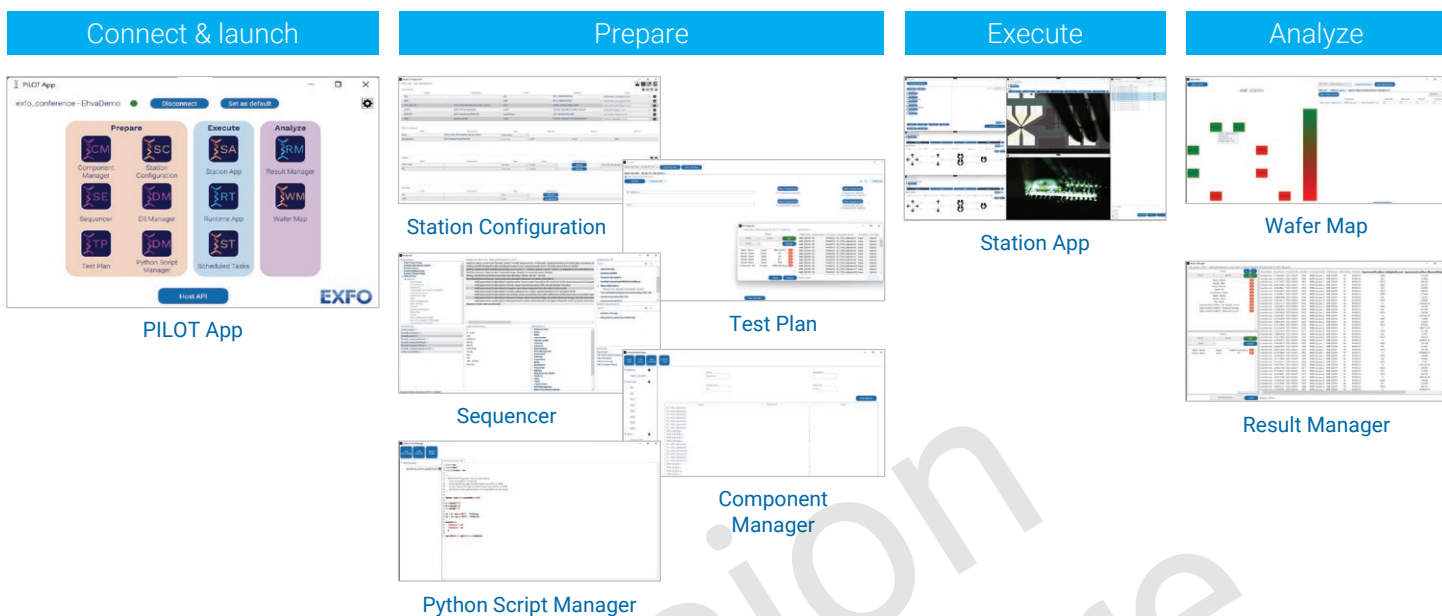


Figure 5. PILOT App : Préparez - Exécutez - Analysez avec une seule suite logicielle.

PUISSANT ET ÉVOLUTIF

De l'architecture logicielle à la mise en œuvre, le logiciel est conçu pour être évolutif en temps et en volume et aide à mettre en œuvre les meilleures pratiques. Il rationalise l'automatisation des tâches (préparation, analyse des données, rapports) et des mesures (navigation, alignement, contrôle des instruments) afin d'accroître l'efficacité. Il est composé de multiples applications, chacune conçue pour sa tâche spécifique, avec des concepts et des responsabilités découplés.

AVANTAGES DE LA BASE DE DONNÉES

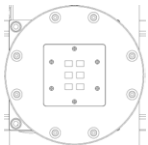
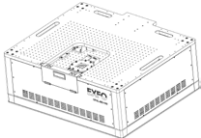
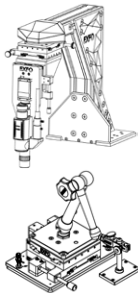


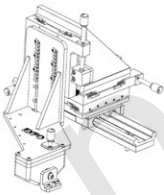

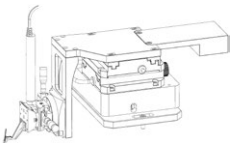
À la base de toutes les applications, le logiciel est relié à une base de données (dans le nuage ou sur site), qui agit comme un référentiel de données pour tous les éléments (résultats et conditions expérimentales, configuration de la station, définition des tests, définition des composants, pilotes, scripts Python). Il permet donc une collaboration multi-utilisateurs et multi-sites avec un espace de travail commun partagé des données. La base de données est relationnelle, traçable et évolutive à haut volume, ce qui rend le système nativement compatible et conçu pour supporter des outils avancés d'analyse de données, d'intelligence artificielle et de business intelligence par le biais d'outils intégrés ou par interopérabilité.



Figure 6. Les stations de test OPAL et le logiciel PILOT automatisent les essais PIC avec des fonctions puissantes et évolutives, en utilisant plusieurs applications liées à une base de données collaborative pour l'analyse avancée des données et l'intelligence artificielle.

COMPOSANTS DE LA PLATEFORME OPAL-MD

Une station de test se compose du système principal OPAL-MD et du logiciel PILOT, avec un mandrin thermique en option. Les types de têtes de palpation (optiques et électriques) et le nombre d'unités doivent être ajoutés pour obtenir un système complet, en fonction des besoins.

| COMPOSANTS | | DESCRIPTION | NOM ET DESCRIPTION DES OPTIONS |
|-----------------------------|--|--|--|
| SYSTÈME PRINCIPAL OPAL-MD |  <p>Mandrin</p> | <p>Surface en aluminium, température ambiante, mandrin avec porte-matrices à vide. Options de connexion électrique de surface.</p> | <p>TCH: Mandrin à régulation thermique avec capacités de chauffage et de refroidissement, avec plage de -10 à 120 (°C), 4 zones de vide.</p> |
| |  <p>Base de positionnement des plaquettes</p> | <p>Positionnement multi-matrices motorisé à 4 axes. 100 mm de plage de déplacement sur les axes X et Y.</p> | |
| |  <p>Système de vision</p> | <p>Système vidéo haute résolution de pointe avec grossissement 10X utilisant un éclairage coaxial en ligne et une caméra couleur de 2,9 MP sur réglage manuel XYZ.</p> <p>Caméra couleur de 2,9 MP avec grossissement télécentrique 3X sur réglage manuel XY.</p> | |
| |  <p>Composants supplémentaires</p> | <p>PC industriel à montage en rack et accessoires. Deux moniteurs de 27 pouces. Tous les disques et câbles.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Poste de travail autonome • Boîtier supérieur |
| |  <p>Licence dédiée à l'application PILOT</p> | <p>Suite logicielle complète pour le test et la mesure de PIC. Automatisation et contrôle de la station de test, des instruments et des données pour une traçabilité et une fiabilité absolues des résultats qui sont prêts pour les rapports et l'IA. Une licence dédiée à vie.</p> | <p>Des licences flottantes supplémentaires sont disponibles, pour une collaboration multi-utilisateurs depuis n'importe où.</p> |
| TÊTES DE SONDE ^a |  <p>Têtes électriques^b</p> | <p>PRE-00: positionneurs manuels de sondes électriques à 4 axes. Alignement précis et grande plage de déplacement. Supports compatibles avec la plupart des sondes DC et RF.</p> | <p>PRE-MO: motorisé, 25 mm range, 200 nm resolution</p> |
| |  <p>Têtes optiques^c</p> | <p>PRO-P60: hexapode piézoélectrique motorisé à 6 axes (résolution de 1 nm) pour des opérations précises et rapides. Pour le couplage d'arêtes et de surfaces. Possibilité d'utiliser un point de pivot virtuel. Idéal pour la R&D.</p> <p>Comprend des vis manuelles et un concept de rail pour basculer entre les positions engagée/désengagée.</p> | <p>D'autres options de têtes optiques sont disponibles, contactez un représentant d'EXFO</p> |
| |  <p>Têtes optiques^c</p> | <p>PRO-P40: aligneur DC servo motorisé à 4 axes (course XY de 25 mm de course XY, résolution de 10 nm). Réglage motorisé du pas (angle d'injection) et réglage angulaire manuel du roulis et du lacet. Pour le couplage de surface et de bord. Idéal pour les scénarios de production.</p> | |

a. Les sondes optiques (réseau de fibres, fibres) et les sondes électriques (DC, RF) ne sont pas incluses dans le système. Si ces composants sont nécessaires, veuillez contacter un représentant d'EXFO.

b. Comprend un support de sonde compatible avec la plupart des sondes DC et RF.

c. Comprend un support de sonde compatible avec la plupart des réseaux de fibres ou des fibres individuelles.

CONFIGUREZ VOTRE STATION

La plateforme OPAL-MD offre un environnement de test flexible permettant d'élaborer une configuration personnalisée, qui peut être modifiée à tout moment en fonction des besoins, ce qui réduit les exigences en matière de conception pour le test (DfT). Les sondes optiques et électriques peuvent être positionnées autour de la plaquette ou du dé testé dans n'importe quelle orientation cardinale (est/ouest/nord), jusqu'à un total de trois.

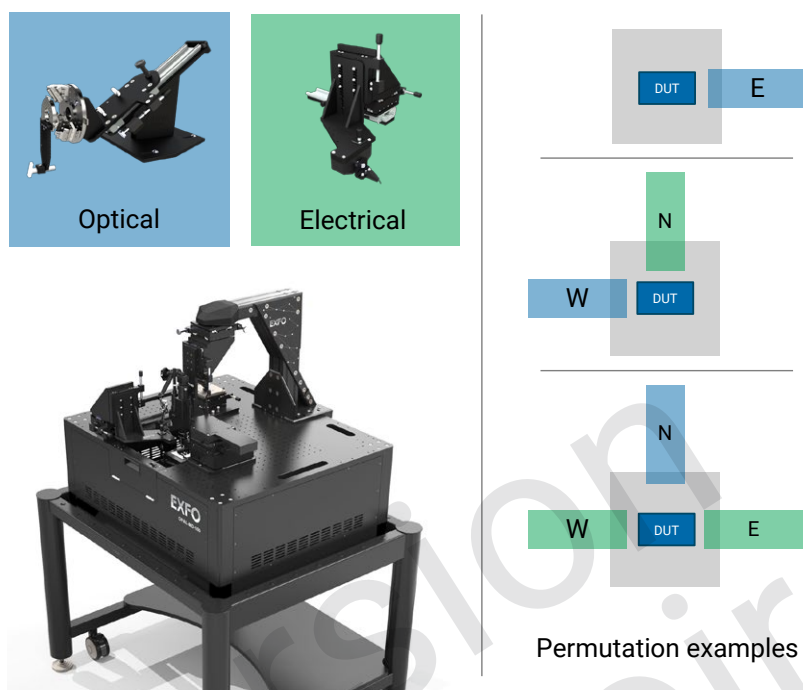


Figure 7. Reconfiguration d'OPAL-MD pour les têtes de palpation optiques et électriques à tout moment pour un réoutillage rapide.

DESSINS TECHNIQUES

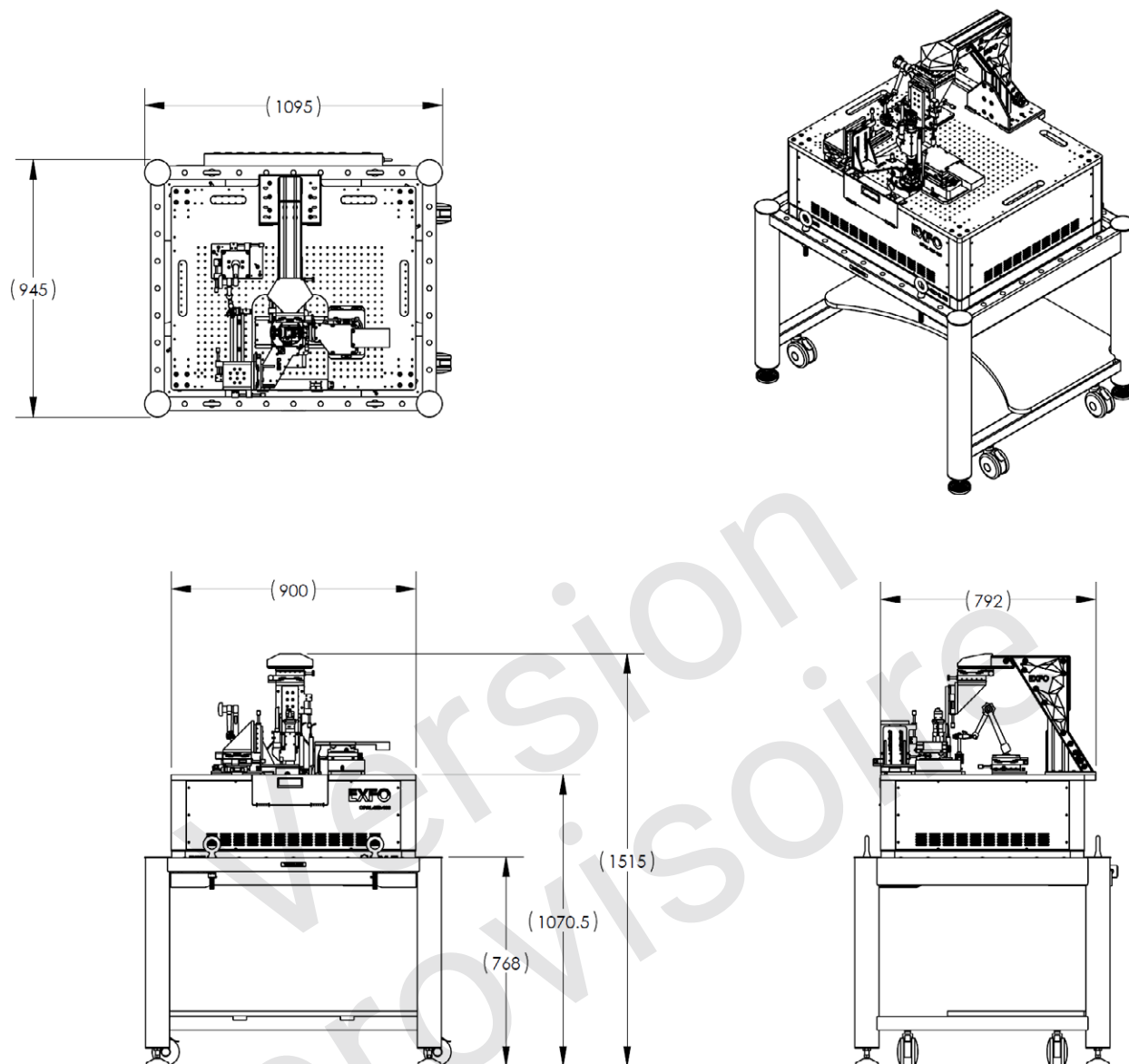


Figure 8. Dessin technique du système principal OPAL-MD-100 avec dimensions en millimètres.
 Représenté ici avec une (1x) tête optique PRO-P40 et une (1x) tête électrique manuelle PRE-00.
 Ne sont pas représentés le PC industriel monté en rack et le kit informatique (moniteurs, clavier, souris).
 Le refroidisseur et le contrôleur de mandrin thermique inclus avec l'option -TCH ne sont pas illustrés. Non définitif.

SPÉCIFICATIONS

| SYSTÈME DE MOUVEMENT DE LA PLATINE DU MANDRIN | | |
|---|--|---|
| | | OPAL-MD-100 |
| MÉCANIQUE | | |
| Axe X, axe Y | Plage de déplacement (mm) | 100 |
| | Résolution (μm) | 0,15 |
| | Précision, typique (μm) | 1 |
| | Répétabilité bidirectionnelle, typique (μm) | 1 |
| | Vitesse maximale du processus (mm/s) | 20 |
| | Type de moteur | Roulement à billes, moteur pas à pas |
| Axe Z | Plage de déplacement (mm) | 4,8 |
| | Résolution (μm) | 0,06 |
| | Précision, typique (μm) | 0,6 |
| | Répétabilité bidirectionnelle, typique (μm) | 0,1 |
| | Vitesse maximale (mm/s) | 5 |
| | Type de moteur | Roulements linéaires à billes, moteur à courant continu |
| Axe Rz | Plage de déplacement (degrés) | 15 |
| | Résolution | 0,9 arcsec; 0,00025 ° |
| | Précision, typique | 36 arcsec; 0,01 ° |
| | Répétabilité bidirectionnelle, typique | 9 arcsec; 0,0025 ° |
| | Vitesse maximale (degrés/s) | 20 |
| | Type de moteur | Roulements à rouleaux croisés, moteur pas à pas |
| LOGICIEL | | |
| Logiciel PILOT pris en charge | Oui (interface graphique de l'application station et séquenceur) | |
| Pilote .dll pris en charge par EXFO | Oui | |

| MANDRIN | | |
|-------------------------------------|--|--|
| Nom de l'option | TA | TCH |
| Zone d'échantillonnage | 60 mm × 60 mm, carré | 100 mm × 100 mm, carré |
| Gamme de produits ^a | Ambiant | -10 °C à 120 °C (14 °F à 248 °F) |
| Résolution | - | 0,01 °C (32 °F) |
| Stabilité | - | 0,05 °C (32 °F) |
| Taux de chauffage | - | 20 °C/min (68 °F/min) |
| Taux de refroidissement | - | -10 °C/min (14 °F/min) |
| Zones de vide ^{b, c} | 1 zone, contrôlée électroniquement | 4 zones de rainures sous vide, contrôlées électroniquement |
| Surface électrique ^d | Enraciné | |
| LOGICIEL | | |
| Logiciel PILOT pris en charge | Oui (interface graphique de l'application station et séquenceur) | |
| Pilote .dll pris en charge par EXFO | Oui | |

a. D'autres plages de température sont disponibles sur demande.

b. Des modèles de vide personnalisés sont disponibles sur demande.

c. Des plaques d'adaptation au vide génériques et personnalisées sont disponibles sur demande.

d. Autres options électriques de surface disponibles sur demande : flottante, triaxiale.

| SYSTÈME DE VISION DU DESSUS | |
|---|--|
| Nom de l'option | VHD |
| SUPPORT DE BASE MÉCANIQUE | |
| Montage | Compatible avec les cartes optiques métriques et impériales, à 90 et 45 (degrés) |
| Plage de déplacement des axes X, Y, Z (mm) | 48 |
| Déplacement/révolution des axes X et Y (mm) | 1,41 |
| Déplacement/révolution de l'axe Z (mm) | 0,3175 |
| SYSTÈME DE VISION | |
| Grossissement (X) | 10 |
| Ouverture numérique | 0,28 |
| Profondeur de champ (µm) | 3,6 |
| Champ de vision (mm) | 2,4 |
| Distance de travail (mm) | 34 |
| Résolution (MP) | 2,9 |
| Fréquence d'images maximale (fps) | 144 |
| Format du capteur (pouces) | 2/3 |
| Type de capteur | Couleur, obturateur global, 12 bits |
| Longueur d'onde | Visible |
| Type d'éclairage | Unité de microscope vidéo en ligne, éclairage LED |
| LOGICIEL | |
| Logiciel PILOT pris en charge | Oui (interface graphique de l'application station et séquenceur) |
| Pilote .dll pris en charge par EXFO | Oui |
| Langues disponibles pour le SDK | API C, C++, .NET ou Python |
| SYSTÈME DE VISION LATÉRALE | |
| SUPPORT DE BASE MÉCANIQUE | |
| Positionnement mécanique | Ajustement grossier manuel 6D avec bras articulé, translation manuelle XY |
| Montage | Compatible avec les cartes optiques métriques et impériales, à 90° et 45° |
| Plage de déplacement des axes X, Y (mm) | 48 |
| Déplacement/révolution des axes X et Y (mm) | 1,41 |
| SYSTÈME DE VISION | |
| Type d'objectif | Télécentrique |
| Grossissement ^a (X) | 3 |
| Ouverture numérique | 0,093 |
| Champ de vision (mm) | 2,9 × 2,2 |
| Distance de travail ^b (mm) | 65 |
| Plage de longueurs d'onde | Visible |
| Résolution (MP) | 2,9 |
| Fréquence d'images maximale (fps) | 144 |
| Format du capteur (pouces) | 2/3 |
| Type de capteur | Couleur, 12 bits, obturateur global |
| Longueur d'onde | Visible |
| LOGICIEL | |
| Logiciel PILOT pris en charge | Oui (interface graphique de l'application station et séquenceur) |
| Pilote .dll pris en charge par EXFO | Oui |
| Langues disponibles pour le SDK | API C, C++, .NET ou Python |

a. Autres options de grossissement (0,5X, 1X, 2x, 4X, 6X, 8X) disponibles sur demande.

b. D'autres distances de travail (40 mm, 110 mm) sont disponibles sur demande.

| TÊTE OPTIQUE ^a | | |
|---------------------------------|--|--|
| Nom de l'option | PRO-P60 | PRO-P40 |
| Axe motorisé | X, Y, Z, Rx, Ry, Rz | X, Y, Z, Ry (pas) |
| Axe manuel | - | Rx (lacet), Rz (roulis) ^b |
| Type de moteur | Piezo, hexapode | X, Y, Z : servo CC Ry : pas à pas |
| Trajectoire de l'axe X (mm) | 20 | 25 |
| Trajectoire de l'axe Y (mm) | 11 | 25 |
| Trajectoire de l'axe Z (mm) | 20 | 4,8 |
| Résolution de l'axe X (nm) | 1 | 10 |
| Résolution de l'axe Y (nm) | 1 | 10 |
| Résolution de l'axe Z (nm) | 1 | 60 |
| Répétabilité de l'axe X (nm) | Unidirectionnel : 50 | Bi-directionnel, typique : 50 |
| Répétabilité de l'axe Y (nm) | Unidirectionnel : 50 | Bi-directionnel, typique : 50 |
| Répétabilité de l'axe Z (nm) | Unidirectionnel : 50 | Unidirectionnel, typique : 60 Bidirectionnel, typique : 100 |
| Course de l'axe Rx (degrés) | 23 | 10 |
| Course de l'axe Ry (degrés) | 38 | 10 |
| Course de l'axe Rz (degrés) | 26 | 10 |
| Résolution de l'axe Rx | 0,04 arcsec; 0,00001° | 50,8 (TPI) |
| Résolution de l'axe Ry | 0,04 arcsec; 0,00001° | 0,72 arcsec; 0.0002° |
| Résolution de l'axe Rz | 0,04 arcsec; 0,00001° | 50.8 (TPI) |
| Répétabilité de l'axe Rx | Unidirectionnel : 1,5 arcsec; 0,0004° | - |
| Répétabilité de l'axe Ry | Unidirectionnel : 1,5 arcsec; 0,0004° | Bi-directionnel, typique : 1,1 arcsec; 0,0003° Unidirectionnel, typique : 0,8 arcsec; 0,0002° |
| Répétabilité de l'axe Rz | Unidirectionnel : 1,5 arcsec; 0,0004° | - |
| Capacité de point de pivotement | Oui | Non |
| Orientations possibles | Nord/est/ouest | Nord/est/ouest |
| Inclus | Système de rail pour basculer en position engagée/désengagée, support de réseau de fibres et support de fibre unique | Support de réseau de fibres et support de fibre unique |

| TÊTE OPTIQUE | | |
|--|------------------------|--|
| Nom de l'option | PRE-00 | PRE-M0 |
| Type d'étapes de traduction | Manuel | X, Y, Z motorisés, angle de sonde manuel |
| Plage de déplacement des axes X, Y, Z (mm) | 48 | 25 |
| Résolution des axes X, Y, Z (nm) | - | 200 |
| Répétabilité des axes X, Y et Z (µm) | - | 1,25 |
| Précision des axes X, Y et Z (µm) | Typique: 2 | 2,5 |
| Vitesse des axes X, Y, Z (mm/s) | - | 0,4 |
| Déplacement/révolution des axes X, Y, Z (mm/rév) | 0,3 | - |
| Course d'inclinaison (degrés) | 10 | 10 |
| Système de rail Course X (mm) | 180 | 180 |
| Course de l'échelon grossier Z (mm) | Min : 6,35 Max : 56 | Min : 6,35 Max : 57 |
| Orientations possibles | Nord/est/ouest | Nord/est/ouest |

a. D'autres options de têtes optiques sont disponibles sur demande.

b. Axes motorisés Rx (lacet) et/ou Rz (roulis) disponibles sur demande.

SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES – SYSTÈME PRINCIPAL

| | |
|---|--|
| Taille (H x L x P) | 1500 mm x 1095 mm x 945 mm (59 po x 43 1/8 po x 37 1/4 po) |
| Poids (kg) ^a | 350 kg (771,6 lb) |
| Environnement opérationnel ^b | À utiliser dans un environnement propre pour éviter les variations de température, les vibrations, l'humidité et la poussière |
| Base | Base fermée avec porte frontale pour le système de mouvement de la base et le système de mandrin. Cadre de base avec isolation passive des vibrations non inclus, contactez EXFO pour plus d'informations. |
| Nombre maximal de têtes électriques ou optiques | 3 |
| Plaque d'éveil optique | Grille de trous de montage filetés M6, espacement des trous de 25 mm, anodisé noir pour réduire les reflets |
| Ordinateur de bureau | 4U rackmount industriel, Intel i7 CPU, 64 GB RAM DDR5, 1 TB SSD, Nvidia RTX 4060 GPU, 3 ports Ethernet (10 + 2.5 + 1 Gbit/s), multiples ports USB, slots PCIe additionnels, Windows 11 Pro, souris et clavier inclus |
| Écrans | 2 x 27 pouces |
| Câbles, alimentation, entraînement, contrôleurs | Tous inclus |
| Ports de communication supplémentaires sur la station de base pour l'équipement | Ethernet Cat 6 RJ54, USB-A 3.0 |

Remarque: Utilisez le système dans un environnement à faibles vibrations. Des vibrations excessives du sol ou de l'acoustique peuvent avoir un impact négatif sur les performances du système. Bien que la base de la station base de la station comporte un système d'isolation passive contre les vibrations, le niveau de vibration attendu pour le fonctionnement de l'OPAL-MD-100 doit être égal ou inférieur à la courbe des critères de vibration VC-A pour obtenir les meilleures performances, en particulier pour l'alignement de l'accouplement des bords. La vitesse doit être inférieure à 50 µm/s, lorsqu'elle est mesurée par les bandes d'un tiers d'octave de la fréquence de 8 à 80 Hz. À ce niveau, les vibrations ne sont pas perceptibles. Else, contactez-nous pour plus d'informations sur un système actif d'amortissement des vibrations.

a. La masse exacte du système principal dépend de la configuration choisie.

b. Utilisez le système dans un environnement contrôlé. Les variations de température de l'environnement dégraderont les performances.

RENSEIGNEMENTS SUR LES COMMANDES

Station de sondes

OPAL-MD-100-XX

Option mandrin

TA = Température ambiante (pas de régulation de température)

TCH = -10°C - 120°C régulation de la température (chauffage et refroidissement)

Exemple: OPAL-MD-100-TCH

Bras de la sonde optique

PRO-XX

Qualité du bras de la sonde

P60 = 6 axes motorisés, résolution de 1 nm, pour couplage d'arêtes et de surfaces

P40 = 4 axes motorisés, résolution de 10 nm, pour couplage d'arêtes et de surfaces

Exemple: PRO-P40

Bras de la sonde électrique

PRE-XX

Qualité du bras de la sonde

00 = Étape de traduction manuelle

MO = XYZ motorisé, angle de palpation manuel

Exemple: PRE-MO

Remarque: Étant donné qu'EXFO améliore continuellement ses produits, la station livrée peut différer légèrement de celle présentée dans les CAO et les images utilisées tout au long de ce document.

EXFO – Siège social T +1 418 683-0211 **Sans frais** +1 800 663-3936 (États-Unis et Canada)

EXFO sert plus de 2 000 clients dans plus de 100 pays. Pour trouver les coordonnées de votre bureau local, visitez la page [EXFO.com/fr/contactez-nous](https://www.exfo.com/fr/contactez-nous).

Pour obtenir l'information la plus récente sur l'indication des numéros de brevets, veuillez vous reporter au site suivant: [EXFO.com/en/patent](https://www.exfo.com/en/patent). EXFO détient une certification ISO 9001 et garantit la qualité de ces produits. EXFO n'a négligé aucun effort pour s'assurer que l'information présentée dans cette fiche technique est exacte. Cependant, nous n'acceptons aucune responsabilité que ce soit pour toute erreur ou omission. D'autre part, nous nous réservons le droit de modifier la conception, les caractéristiques et les produits en tout temps sans obligation. Les unités de mesure utilisées dans ce document sont conformes aux normes et aux pratiques du système international (SI). De plus, tous les produits fabriqués par EXFO sont conformes à la directive DEEE de l'Union européenne. Pour en savoir plus, visitez la page [EXFO.com/fr/entreprise/responsabilite-sociale](https://www.exfo.com/fr/entreprise/responsabilite-sociale). Communiquez avec EXFO pour connaître les prix et la disponibilité de l'équipement ou obtenir le numéro de téléphone de votre distributeur EXFO local.

Pour obtenir la version la plus récente de cette fiche technique, visitez la page [EXFO.com/fr/ressources/documents-techniques](https://www.exfo.com/fr/ressources/documents-techniques).

En cas de divergence, la version affichée sur le Web a préséance sur toute documentation imprimée.