

Manuel de mise en service

Sonde de spectroscopie Raman Rxn-30



Sommaire

1 Généralités 4

- 1.1 Mises en garde 4
- 1.2 Symboles sur l'appareil 4
- 1.3 Conformité à la législation américaine sur les exportations 4
- 1.4 Glossaire 5

2 Consignes de sécurité de base 6

- 2.1 Exigences imposées au personnel 6
- 2.2 Utilisation conforme 6
- 2.3 Sécurité sur le lieu de travail 6
- 2.4 Sécurité de fonctionnement 6
- 2.5 Sécurité laser 7
- 2.6 Sécurité du service 7
- 2.7 Mesures de protection importantes 7
- 2.8 Sécurité du produit 8

3 Phase du cycle de vie des produits... 10

- 3.1 Documentation 10
- 3.2 Réception des marchandises 11
- 3.3 Assemblage 12
- 3.4 Mise en service 15
- 3.5 Configuration 16
- 3.6 Diagnostic et suppression des défauts 17
- 3.7 Maintenance 18
- 3.8 Réparation 22

4 Principe de fonctionnement et architecture du système 23



- 4.1 Description du produit 23
- 4.2 Raccordement de la sonde et de la fibre optique 25

5 Caractéristiques techniques 26







- 5.1 Caractéristiques techniques 26
- 5.2 Exposition maximale admissible 27

1 Généralités

1.1 Mises en garde

Structure des informations	Signification
 AVERTISSEMENT Causes (/conséquences) Conséquences en cas de non-respect (si applicable) ▶ Action corrective	Ce symbole signale une situation dangereuse. Si cette situation n'est pas évitée, elle peut entraîner des blessures graves voire mortelles.
 ATTENTION Causes (/conséquences) Conséquences en cas de non-respect (si applicable) ▶ Action corrective	Ce symbole signale une situation dangereuse. Si cette situation n'est pas évitée, elle peut entraîner des blessures de gravité légère à moyenne.
AVIS Cause / Situation Conséquences en cas de non-respect (si applicable) ▶ Action / remarque	Ce symbole signale des situations qui pourraient entraîner des dégâts matériels.

1.2 Symboles sur l'appareil

Symbole	Description
	Le symbole de rayonnement laser est utilisé pour avertir l'utilisateur du risque d'exposition à un rayonnement laser visible dangereux durant l'utilisation du système Raman Rxn.
	Le symbole de haute tension avertit les personnes de la présence d'une tension électrique suffisamment élevée pour provoquer des blessures ou des dommages. Dans certains secteurs, la haute tension correspond à une tension dépassant un certain seuil. L'équipement et les conducteurs sous haute tension sont soumis à des exigences de sécurité et des procédures spéciales.
	La marque de certification CSA indique que le produit a été testé selon les exigences des normes d'Amérique du Nord applicables et y satisfait.
	Le symbole DEEE indique que le produit ne doit pas être éliminé sous forme de déchets non triés et doit être remis à des centres de collecte séparés pour la récupération et le recyclage.
	La marque CE indique la conformité avec les normes relatives à la sécurité, la santé et la protection environnementale pour les produits vendus au sein de l'Espace Économique Européen (EEE).
	Le marquage ATEX indique que le produit a été certifié selon la directive ATEX pour l'utilisation en Europe, de même que dans d'autres pays acceptant les équipements certifiés ATEX.

1.3 Conformité à la législation américaine sur les exportations

La politique d'Endress+Hauser est strictement conforme à la législation américaine de contrôle des exportations telle que présentée en détail sur le site web du [Bureau of Industry and Security](#) du ministère américain du Commerce.

1.4 Glossaire

Terme	Description
ANSI	American National Standards Institute (Institut national de normalisation américain)
ATEX	Atmosphère explosible
°C	Celsius
CDRH	Center for Devices and Radiological Health (Centre des appareils et de l'hygiène radiologique)
CFR	Code of Federal Regulations (Code des règlements fédéraux)
cm	Centimètre
CSA	Canadian Standards Association (Association canadienne de normalisation)
DEEE	Déchets d'équipements électriques et électroniques
EMA	Exposition maximale admissible
EO	Électro-optique
EXC	Excitation
°F	Fahrenheit
ft	feet
ft-lb	foot-pound force
IEC	International Electrotechnical Commission (Commission Électrotechnique Internationale)
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle (Cycle combiné à gazéification intégrée)
in	inches
IPA	Alcool isopropylique
LED	Light Emitting Diode (Diode électroluminescente)
m	Mètre
mbar	Millibar, unité de pression
mm	Millimètre
NeSSI	New Sampling/Sensor Initiative
Nm	Newton mètre
nm	Nanomètre
psi	pounds par inch carré
SI	Sécurité intrinsèque
SNR	Rapport signal/bruit
SSCS	Boîtier de connecteur en inox
UE	Union européenne

2 Consignes de sécurité de base

2.1 Exigences imposées au personnel

- Le montage, la mise en service, la configuration et la maintenance du système de mesure ne doivent être réalisés que par un personnel technique spécialement formé.
- Ce personnel technique doit être autorisé par l'exploitant de l'installation en ce qui concerne les activités citées.
- Le personnel technique doit avoir lu et compris le présent manuel de mise en service et respecter les instructions y figurant.
- L'exploitant doit désigner un responsable de la sécurité laser qui veille à ce que le personnel soit formé à toutes les procédures d'utilisation et de sécurité des lasers de classe 3B.
- Les défauts au point de mesure ne peuvent être corrigés que par un personnel dûment autorisé et formé. Les réparations qui ne sont pas décrites dans le présent document ne doivent être réalisées que par le fabricant ou le service après-vente.

2.2 Utilisation conforme

La sonde de spectroscopie Raman Rxn-30 est destinée à l'analyse de l'échantillon en phase gazeuse.

Les applications recommandées comprennent :

- **Chimie** : ammoniac, méthanol, HyCO
- **Flux en phase gazeuse dans le raffinage** : production d'hydrogène et mélange de carburants recyclés, caractérisation des carburants
- **Électricité et énergie** : centrales électriques à gazéification intégrée et à cycle combiné (IGCC), turbines à gaz
- **Sciences de la vie / agroalimentaire** : fermentations, effluents gazeux, volatiles

Toute autre utilisation que celle décrite dans le présent manuel constitue une menace pour la sécurité des personnes et du système de mesure complet, et annule toute garantie.

2.3 Sécurité sur le lieu de travail

En tant qu'utilisateur, il convient d'observer les prescriptions de sécurité suivantes :

- Instructions de montage
- Normes et réglementations locales en matière de compatibilité électromagnétique

La compatibilité électromagnétique de l'appareil a été testée conformément aux normes internationales en vigueur pour le domaine industriel.

La compatibilité électromagnétique indiquée ne s'applique qu'à un produit qui a été correctement raccordé à l'analyseur.

2.4 Sécurité de fonctionnement

Avant de mettre l'ensemble du point de mesure en service :

- Vérifier que tous les raccordements sont corrects.
- Vérifier que les câbles électro-optiques (EO) sont intacts.
- Ne pas utiliser de produits endommagés et les protéger contre une mise en service involontaire.
- Marquer les produits endommagés comme défectueux.

En cours de fonctionnement :

- Si les défauts ne peuvent pas être corrigés, les produits doivent être mis hors service et protégés contre une mise en service involontaire.
- Lors des travaux avec des dispositifs laser, toujours suivre l'ensemble des protocoles de sécurité laser locaux qui peuvent inclure l'utilisation d'équipements de protection individuelle et la limitation de l'accès aux seuls utilisateurs autorisés.

2.5 Sécurité laser

Les analyseurs Raman Rxn utilisent des lasers de classe 3B tels que définis ci-dessous :

- **American National Standards Institute** (ANSI) Z136.1, American National Standard for Safe Use of Lasers (norme nationale américaine pour une utilisation sûre des lasers)
- **International Electrotechnical Commission** (IEC) 60825-1, Safety of Laser Products (Sécurité des appareils à laser) – Partie 1

AVERTISSEMENT

Rayonnement laser

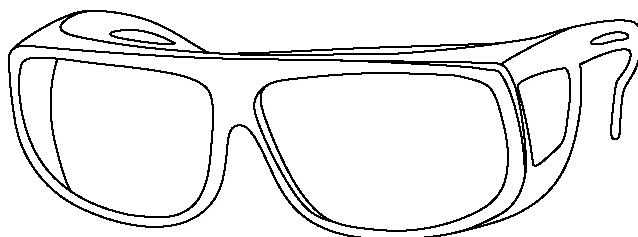
- Éviter l'exposition au faisceau
- Produit laser de classe 3B

ATTENTION

Les faisceaux laser peuvent provoquer l'inflammation de certaines substances comme les composés organiques volatils.


Les deux mécanismes possibles d'inflammation sont le chauffage direct de l'échantillon à un point provoquant l'inflammation et le chauffage d'un contaminant (tel que les poussières) à un point critique conduisant à l'inflammation de l'échantillon.

La configuration laser présente des problèmes de sécurité supplémentaires, étant donné que le rayonnement est presque invisible. Attention à la direction initiale et aux chemins de diffusion possibles du laser. Il est fortement recommandé d'utiliser des lunettes de protection laser OD3 ou plus pour les longueurs d'onde d'excitation de 532 nm et 785 nm, et OD4 ou plus pour la longueur d'onde d'excitation de 993 nm.



A0048421

Figure 1. Lunettes de sécurité laser

Pour plus d'assistance sur les précautions à prendre et les contrôles à effectuer en cas d'utilisation de lasers et de leurs dangers, se reporter à la version la plus récente de la norme ANSI Z136.1 ou de la norme IEC 60825-14. Voir *Caractéristiques techniques* →  pour les paramètres pertinents pour calculer l'exposition maximale admissible (MPE) et la distance oculaire critique nominale (NOHD).

2.6 Sécurité du service

Respecter les consignes de sécurité de l'entreprise lors du retrait d'une sonde de process de l'interface de process à des fins de service. Toujours porter un équipement de protection approprié lors du service de l'équipement.

2.7 Mesures de protection importantes

- Ne pas utiliser la sonde Rxn-30 à d'autres fins que celles pour lesquelles elle a été conçue.
- Ne pas regarder directement dans le faisceau laser.
- Ne pas pointer le laser vers une surface miroitante ou brillante ou une surface susceptible de provoquer des réflexions diffuses. Le faisceau réfléchi est aussi nocif que le faisceau direct.
- Ne pas laisser les sondes attachées et non utilisées sans capuchon ou sans blocage.
- Toujours utiliser un bloqueur de faisceau laser afin d'éviter toute diffusion involontaire du rayonnement laser.

2.8 Sécurité du produit

Ce produit est conçu pour répondre à toutes les exigences actuelles en matière de sécurité, a été testé et expédié de l'usine dans un état de fonctionnement sûr. Les directives et normes internationales en vigueur ont été respectées. Les appareils raccordés à un analyseur doivent également répondre aux normes de sécurité applicables à l'analyseur.

Les systèmes de spectroscopie Raman d'Endress+Hauser intègrent les dispositifs de sécurité suivants pour se conformer aux exigences du gouvernement des États-Unis [21 Code of Federal Regulations](#) (CFR) Chapitre 1, Sous-chapitre J tel qu'administré par le [Center for Devices and Radiological Health](#) (CDRH) et IEC 60825-1 tel qu'administré par la [Commission Électrotechnique Internationale](#).

2.8.1 Conformité CDRH et IEC

Les analyseurs Raman d'Endress+Hauser sont certifiés par Endress+Hauser pour répondre aux exigences de conception et de fabrication du CDRH et de la norme IEC 60825-1.

Les analyseurs Raman d'Endress+Hauser ont été enregistrés auprès du CDRH. Toute modification non autorisée d'un analyseur Raman Rxn ou d'un accessoire existant peut entraîner une exposition dangereuse aux rayonnements. De telles modifications peuvent avoir pour conséquence que le système ne soit plus conforme aux exigences fédérales telles qu'elles ont été certifiées par Endress+Hauser.

2.8.2 Verrouillage de sécurité du laser

La sonde de Rxn-30, telle qu'elle est installée, fait partie du circuit de verrouillage. Si le câble à fibre optique est sectionné, le laser s'éteint à la suite de la rupture, conformément aux normes IEC 60079-28 et IEC 60825-2.

AVIS

Des dommages permanents peuvent survenir si les câbles ne sont pas acheminés de manière appropriée.

- Manipuler les sondes et les câbles avec précaution, en veillant à ne pas les plier.
- Installer les câbles à fibre optique avec un rayon de courbure minimal conformément *l'Information technique KFOC1* et *l'Information technique KFOC1B* relatives aux câbles Raman à fibre optique (TI01641C).

Le circuit de verrouillage est une boucle électrique à faible courant. Si la sonde Rxn-30 est utilisée dans une zone classée Ex, le circuit de verrouillage doit passer par une barrière de sécurité intrinsèque (IS).

Lorsque le laser est susceptible d'être mis sous tension, l'indicateur laser à LED s'allume conformément à la norme 21 CFR, Chapitre 1, Sous-chapitre J.

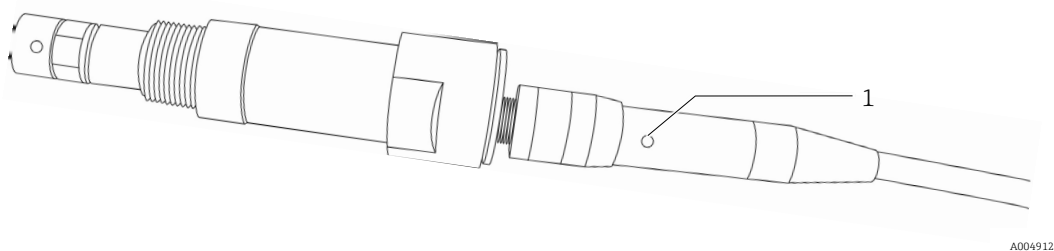


Figure 2. Emplacement de l'indicateur laser à LED (1)

2.8.3 Agréments Ex

La sonde Rxn-30 a été agréée par tierce partie pour l'utilisation en zone explosible conformément à l'article 17 de la directive 2014/34/UE du Parlement européen et du Conseil du 26 février 2014.

Seule la sonde Rxn-30 portant le badge ATEX a été certifiée conforme à la directive ATEX pour une utilisation en Europe, ainsi que dans d'autres pays acceptant les équipements certifiés ATEX.



Figure 3. Label ATEX pour l'utilisation en zone explosible

La sonde Rxn-30 a également été agréée par l'[Association canadienne de normalisation](#) pour l'utilisation en zone Ex aux États-Unis et au Canada lorsqu'elle est installée conformément au schéma de montage en zone Ex (4002396).

Les produits sont autorisés au port de la marque CSA illustrée, avec les indicateurs adjacents "C" et "US" pour le Canada et les États-Unis ou avec l'indicateur adjacent "US" pour les États-Unis uniquement, ou sans aucun des deux indicateurs, pour le Canada uniquement.



Figure 4. Étiquette CSA pour l'utilisation en zone Ex aux États-Unis et au Canada

La sonde Rxn-30 peut aussi porter un marquage des systèmes de certification pour atmosphères explosibles (IECEx) de la [Commission Électrotechnique Internationale](#) lorsqu'elle est installée conformément au schéma de montage en zone explosible (4002396).

Seule la Rxn-30 portant le badge JPEx a été certifiée conforme aux exigences japonaises en matière de protection antidéflagrante.

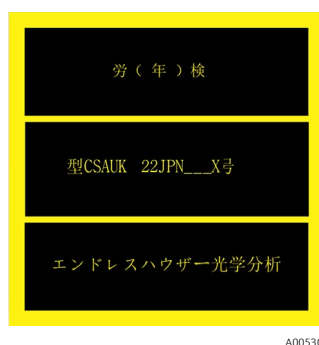


Figure 5. Étiquette de certification du produit JPEx

La Rxn-30 a été évaluée par rapport à l'article 42 de la réglementation 2016 relative aux équipements et systèmes de protection destinés à être utilisés dans des atmosphères potentiellement explosives, UKSI 2016:1107, et a été jugée conforme lorsqu'elle est montée conformément au schéma de montage en zone Ex (4002396).



Figure 6. Label R.-U. de certification du produit

Voir les *Conseils de sécurité – Sonde de spectroscopie Raman Rxn-30 (XA02748C)* pour plus d'informations sur l'état d'utilisation et les marquages appropriés requis pour l'application.

3 Phase du cycle de vie des produits

3.1 Documentation

Toute la documentation est disponible :

- Sur l'application mobile Endress+Hauser : www.endress.com/supporting-tools
- Dans l'espace téléchargement du site web Endress+Hauser : www.fr.endress.com/Télécharger

Ce document fait partie intégrante de l'ensemble de documents comprenant :

Référence	Type de document	Titre du document
KA01548C	Instructions condensées	Sonde de spectroscopie Raman Rxn-30 Instructions condensées
XA02748C	Conseils de sécurité	Sonde de spectroscopie Raman Rxn-30 Conseils de sécurité
TI01632C	Information technique	Sonde de spectroscopie Raman Rxn-30 Information technique
BA02173C	Manuel de mise en service	Accessoire d'étalonnage Raman Manuel de mise en service

3.2 Réception des marchandises

3.2.1 Remarques concernant la réception des marchandises

1. Vérifier que l'emballage est intact. Signaler tout dommage constaté sur l'emballage au fournisseur. Conserver l'emballage endommagé jusqu'à la résolution du problème.
2. Vérifier que le contenu est intact. Signaler tout dommage du contenu au fournisseur. Conserver les marchandises endommagées jusqu'à la résolution du problème.
3. Vérifier que la livraison est complète et que rien ne manque. Comparer les documents de transport à la commande.
4. Pour le stockage et le transport, protéger l'appareil contre les chocs et l'humidité. L'emballage d'origine assure une protection optimale. Veiller à respecter les conditions ambiantes admissibles.

Pour toute question, s'adresser au fournisseur ou à l'agence locale.

AVIS

La sonde peut être endommagée pendant le transport si elle est mal emballée.

3.2.2 Identification du produit

3.2.2.1 Étiquette

La sonde est étiquetée avec les informations suivantes :

- Marque Endress+Hauser
- Identification du produit (p. ex. Rxn-30)
- Numéro de série

Les étiquettes sont fixées de façon permanente et comprennent également :

- Référence de commande étendue
- Informations du fabricant
- Principaux aspects fonctionnels de la sonde (p. ex. matériau, longueur d'onde, profondeur focale)
- Mises en garde de sécurité et informations de certification, le cas échéant

Comparer les informations sur la sonde et l'étiquette avec la commande.

3.2.2.2 Adresse du fabricant

Endress+Hauser
371 Parkland Plaza
Ann Arbor, MI 48103 USA

3.2.3 Contenu de la livraison

Contenu de la livraison :

- Sonde Rxn-30
- *Manuel de mise en service – Sonde de spectroscopie Raman Rxn-30*
- Certificat de performance de la sonde Rxn-30
- Déclarations de conformité locales, le cas échéant
- Certificats pour une utilisation en zone Ex, le cas échéant
- Accessoires optionnels de la sonde Rxn-30, le cas échéant
- Certificats matière, le cas échéant

Pour toute question, contacter le fournisseur ou l'agence locale.

3.2.4 Certificats et agréments

Voir les *Conseils de sécurité – Sonde de spectroscopie Raman Rxn-30 (XA02748C)* pour obtenir des informations détaillées sur la certification et l'agrément.

3.3 Assemblage

3.3.1 Montage

Avant le montage dans le process, vérifier que la quantité de puissance laser émise par chaque sonde ne dépasse pas la quantité spécifiée dans l'évaluation des équipements pour zones explosibles (4002266) ou une évaluation équivalente.

Les précautions standard de sécurité sur le plan oculaire et cutané concernant les produits laser de classe 3B (conformément à EN-60825/IEC 60825-14) doivent être observées.

La sonde Rxn-30 est conçue pour être montée dans un flux d'échantillons ou une cuve en utilisant l'un des accessoires standard dans l'industrie suivants :

- Raccord en croix ½" NPT
- Raccord en croix à compression 1"

Quelle que soit l'installation, il faut s'assurer que les orifices de l'échantillon gazeux se trouvent dans le flux ou la région d'intérêt.

3.3.1.1 Sonde Rxn-30 avec raccord en croix NPT

Endress+Hauser propose en option un raccord en croix personnalisé de ½" avec des adaptateurs NPT standard pour les tubes inox de ¼" (réf. 70187793, non fourni). Celui-ci offre quatre ports ½" NPT. Le quatrième port peut être utilisé pour les capteurs de température ou de pression, l'évacuation des condensats, ou peut être bouché.

Appliquer du ruban de téflon sur le filetage NPT de la sonde Rxn-30 lors du raccordement de la sonde au raccord en croix.

AVIS


Une torsion excessive du câble à l'intérieur du connecteur peut rompre une connexion fibre, rendant la sonde Rxn-30 inopérante.

- L'utilisation d'un raccord à compression au lieu d'un raccord NPT peut résoudre ce problème.

Veiller à ne pas tordre le câble dans le connecteur lors du serrage de la sonde Rxn-30 dans ce raccord ou tout autre raccord NPT. Visser le raccord sur la sonde Rxn-30 fixe si les circonstances le permettent. Sinon, faire tourner le câble complet avec la sonde lorsque la Rxn-30 est vissée dans le raccord.

AVIS

Les raccords NPT ne sont pas l'interface de sonde préférée si la sonde doit être retirée et réinstallée.

- Pour ces types d'installations, il est recommandé d'utiliser un raccord à compression. Voir *Sonde Rxn-30 avec raccord en croix à compression* → .

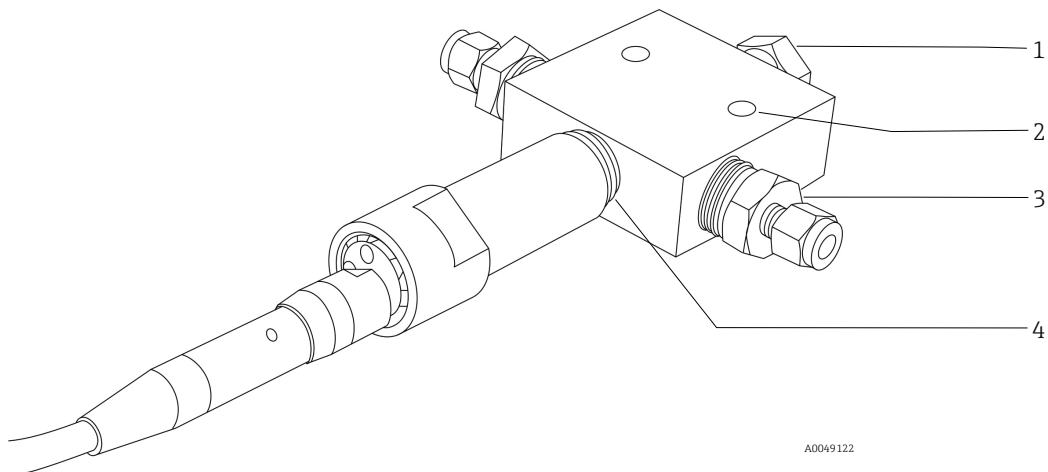


Figure 7. Sonde Rxn-30 intégrée au raccord en croix NPT 1/2"

Pos.	Description
1	Bouchon 1/2" NPT pour port non utilisé
2	Trous de montage (2) 1/4"
3	(2) Adaptateurs de compression pour tubes inox NPT de 1/2" à 1/4"
4	Port Rxn-30 1/2" NPT

3.3.1.2 Sonde Rxn-30 avec raccord en croix à compression

La sonde Rxn-30 peut également être montée à l'aide d'un raccord en croix à compression standard de 1", disponible dans le commerce ou auprès d'Endress+Hauser (réf. 71675522).

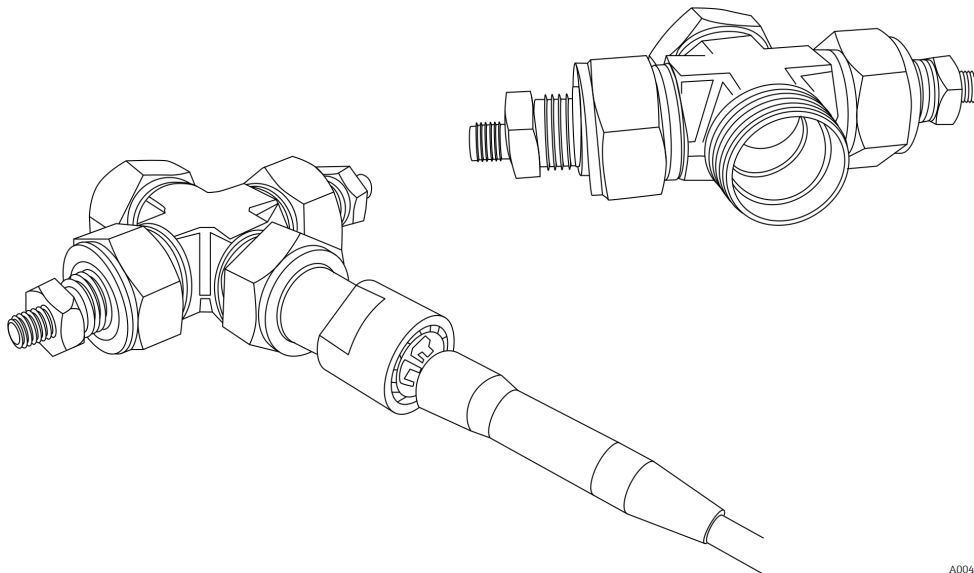


Figure 8. Sonde Rxn-30 intégrée au raccord en croix à compression standard de 1"

3.3.1.3 Compatibilité entre le process et la sonde

Avant le montage, l'utilisateur doit vérifier que les valeurs nominales de pression et de température de la sonde, ainsi que les matériaux à partir desquels la sonde est fabriquée, sont compatibles avec le process dans lequel elle est insérée.

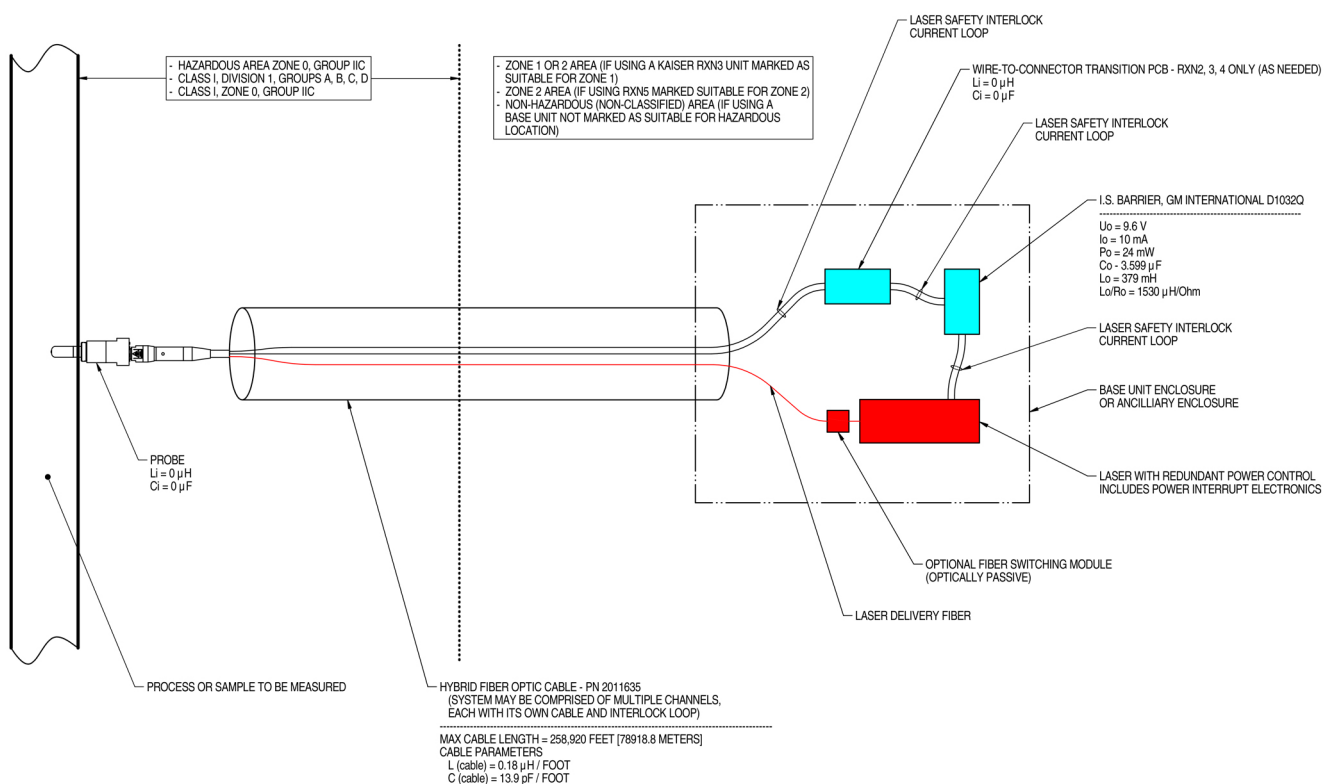
3.3.1.4 Montage en zone explosible

La sonde Rxn-30 est certifiée pour une utilisation en zone explosible et a été conçue pour être installée directement dans les flux de process ou les cuves de réacteurs. La sonde doit être installée conformément au schéma de montage en zone explosible (4002396).

Avant l'installation, vérifier que les marquages de zone Ex de la sonde correspondent au groupe de gaz, à la classe T, à la zone ou à la division dans laquelle elle est installée. Consulter la norme IEC 60079-14 pour plus d'informations sur les responsabilités de l'utilisateur concernant l'utilisation ou l'installation de produits dans des atmosphères explosibles.

AVIS

Lors de l'installation de la tête de sonde *in situ*, l'utilisateur doit s'assurer de la présence d'une décharge de traction à l'emplacement de l'installation, qui est conforme aux spécifications du rayon de courbure des fibres.



NOTES:

- CONTROL EQUIPMENT CONNECTED TO THE ASSOCIATED APPARATUS MUST NOT USE OR GENERATE MORE THAN 250 VRMS OR VDC.
- INSTALLATION IN THE U.S. SHOULD BE IN ACCORDANCE WITH ANSI/ISA RP12.6 "INSTALLATION OF INTRINSICALLY SAFE SYSTEMS FOR HAZARDOUS (CLASSIFIED) LOCATIONS" AND THE NATIONAL ELECTRICAL CODE® (ANSI/NFPA 70) SECTIONS 504 AND 505.
- INSTALLATION IN CANADA SHOULD BE IN ACCORDANCE WITH THE CANADIAN ELECTRICAL CODE, CSA C22.1, PART 18, APPENDIX J18.
- ASSOCIATED APPARATUS MANUFACTURER'S INSTALLATION DRAWING MUST BE FOLLOWED WHEN INSTALLING THIS EQUIPMENT.
- FOR U.S. INSTALLATIONS, THE PROBE MODELS RXN-30 (AIRHEAD), RXN-40 (WETHEAD) AND RXN-41 (PILOT) ARE APPROVED FOR CLASS I, ZONE 0 APPLICATIONS.
- NO REVISION TO DRAWING WITHOUT PRIOR CSA APPROVAL.
- WARNING: SUBSTITUTION OF COMPONENTS MAY IMPAIR INTRINSIC SAFETY.

A0049010

Figure 9. Schéma de montage en zone Ex (4002396 version X6)

3.4 Mise en service


La sonde Rxn-30 est livrée prête à être raccordée à l'analyseur Raman Rxn. Aucun alignement ou réglage supplémentaire de la sonde n'est nécessaire. Suivre les instructions ci-dessous pour mettre la sonde en service.

AVIS

Les paramètres d'installation et d'utilisation de la sonde peuvent avoir des exigences spécifiques régies par l'application associée.

- Se référer au certificat approprié pour ATEX, CSA, IECEX, JPEX ou UKCA concernant ces exigences spécifiques.

3.4.1 Réception de la sonde

Effectuer les étapes de la réception des marchandises décrites dans *Remarques concernant la réception des marchandises* → .

En outre, dès réception, retirer le couvercle du conteneur d'expédition et vérifier que la fenêtre en saphir n'est pas endommagée avant de l'installer dans le process. Si la fenêtre montre des fissures visibles, contacter le fournisseur.

3.4.2 Étalonnage et vérification de la sonde

La sonde et l'analyseur doivent être étalonnés avant l'utilisation. Se reporter au manuel de mise en service de l'analyseur Raman Rxn5 pour plus d'informations sur l'étalonnage interne de l'appareil.

Un étalonnage de l'intensité doit être réalisé avant d'effectuer des mesures, lors de la première installation, à des intervalles définis par la procédure SOP de l'entreprise et après toute intervention sur la sonde. Utiliser la composition de gaz d'étalonnage appropriée à l'application. Suivre les instructions d'étalonnage figurant dans le *manuel de mise en service RunTime (BA02180C)*.

Le logiciel Raman RunTime ne permet pas de collecter des spectres sans passer par les étalonnages internes du système.

Après l'étalonnage, il est fortement recommandé d'effectuer une vérification de la voie Raman RunTime à l'aide d'un spectre Raman du gaz d'étalonnage pour vérifier les résultats de l'étalonnage, mais elle n'est pas obligatoire. Les instructions relatives à la vérification figurent également dans le *manuel de mise en service Raman RunTime (BA02180C)*.

La séquence d'étalonnage et de qualification recommandée suit l'ordre suivant :

1. Étalonnage interne de l'analyseur pour le spectrographe et la longueur d'onde du laser.
2. Étalonnage de l'intensité du système à l'aide d'un accessoire d'étalonnage approprié.
3. Vérification du fonctionnement du système à l'aide du matériel standard approprié.

Contacter le fournisseur pour toute question spécifique concernant la sonde, l'optique et le système de préparation d'échantillons.

3.5 Configuration

Se reporter au manuel de mise en service de l'analyseur Raman Rxn concerné pour obtenir des informations supplémentaires qui ne sont pas abordées ci-dessous.

3.5.1 Fonctionnement normal

La sonde Raman Rxn-30 d'Endress+Hauser est conçue pour la spectroscopie Raman *in situ* d'échantillons en phase gazeuse dans un laboratoire ou une installation de process. La gamme de sondes Rxn-30 est conçue pour être compatible avec les analyseurs Raman Rxn Endress+Hauser qui fonctionnent à 532 nm.

3.5.2 Procédure de mise en service

Illuminer la sonde Rxn-30 avec le laser d'excitation aussi longtemps que possible avant d'acquérir des spectres Raman opérationnels. Cela a pour effet d'atténuer le bruit de fond provenant des surfaces optiques internes de la sonde.



Lignes directrices pour la mise en service :

- Un minimum d'une heure est recommandé si la sonde est restée "sombre" (obturateur fermé, laser éteint) pendant plusieurs heures.
- Une période de 1 à 3 jours est recommandée si la sonde est restée "sombre" (obturateur fermé, laser éteint) pendant une période prolongée (jours ou semaines).


La réduction du bruit de fond / de la ligne de base et l'augmentation correspondante du rapport signal/bruit (SNR) sont significatives dans les applications impliquant des échantillons gazeux à faible concentration ou à faible pression.

3.5.3 Recommandations pour une performance optimale

La sonde Rxn-30 est un instrument optique sensible qui doit être manipulé et utilisé avec soin pour une performance optimale. Il convient de respecter les recommandations et précautions suivantes :

- Garder l'extrémité de prélèvement de la sonde Rxn-30 propre. Si de la poussière ou d'autres condensats s'accumulent sur l'optique interne de la pointe de prélèvement, la signature Raman de ces contaminants s'ajoutera aux signatures plus faibles de l'échantillon gazeux mesuré, voire les dominera.
- Si la sonde est contaminée au point qu'un nettoyage est absolument nécessaire, voir les instructions de démontage et de nettoyage correspondantes sous *Maintenance* → . Il est également possible de renvoyer la sonde Rxn-30 à Endress+Hauser pour le nettoyage.
- Un filtre de contamination en métal fritté est normalement monté sur les ports de prélèvement de gaz de la sonde pour un fonctionnement dans un environnement sale ou explosible. Il peut être retiré, si on le souhaite, pour obtenir une réponse un peu plus rapide aux changements de concentration de l'échantillon gazeux. Voir les instructions de montage du kit de filtre dans *Montage du filtre à particules* → .
- Monter la sonde Rxn-30 dans une position horizontale. Cela réduit la probabilité que des contaminants ou des condensats s'accumulent sur les surfaces optiques, minimisant ainsi leur impact sur les performances.
- Laisser le câble branché à la sonde Rxn-30. Les fibres sont couplées à la tête avec un gel de correspondance d'indice à l'intérieur du connecteur. Si le connecteur est retiré, le gel exposé devient un aimant pour la contamination qui peut réduire le débit et risque d'être endommagé par une brûlure laser.

Si le connecteur est retiré, le personnel de service formé en usine doit effectuer les étapes suivantes :

1. Nettoyer toutes traces du gel de couplage d'origine à la fois du câble et des interfaces à fibre Rxn-30. Le démontage partiel de l'extrémité d'entrée de la sonde Rxn-30 est nécessaire pour cette étape.
 2. Réappliquer du gel de couplage frais immédiatement avant la reconnexion.
- Ne pas tordre le câble au niveau de sa connexion à la sonde Rxn-30. Si la sonde est interfacée avec un raccord NPT, suivre les instructions de montage du raccord en croix NPT dans *Sonde Rxn-30 avec raccord en croix NPT* →  pour s'assurer que la connexion interne de la fibre optique n'est pas endommagée.

3.6 Diagnostic et suppression des défauts

Se reporter au tableau ci-dessous lors de la suppression des défauts de la sonde Rxn-30. Si la sonde est endommagée, l'isoler du flux de process et éteindre le laser avant l'évaluation. Contacter le service après-vente si nécessaire.

Problème		Cause possible	Action
1	Réduction substantielle du signal ou du rapport signal/bruit	Encrassement de la fenêtre	1. Retirer soigneusement la sonde du process, la décontaminer et inspecter la fenêtre optique à l'extrémité de la sonde. 2. Si nécessaire, nettoyer la fenêtre comme décrit dans <i>Nettoyage de la fenêtre et du miroir</i> → ☞ avant la remise en service.
		Fibre fissurée mais intacte	Vérifier l'état de la fibre et contacter si nécessaire le service après-vente pour un remplacement.
2	Perte totale du signal alors que le laser est alimenté et que l'indicateur laser à LED est allumé	Fibre rompue sans rupture du fil de verrouillage	S'assurer que toutes les connexions par fibre sont sécurisées.
3	Augmentation de la ligne de base par rapport au résultat obtenu lors de l'installation	Encrassement de la fenêtre de sonde ou du module amplificateur	1. Éteindre le laser pour la sonde contaminée. 2. Nettoyer la fenêtre et le miroir comme décrit dans <i>Nettoyage de la fenêtre et du miroir</i> → ☞ avant la remise en service. 3. Si l'augmentation de la ligne de base persiste, contacter le service après-vente.
4	Niveau de signal élevé	La saturation du détecteur est trop élevée. Augmentation possible de la pression de l'échantillon	Vérifier que la pression de l'échantillon est conforme aux conditions de montage d'origine.
5	L'indicateur laser à LED se trouvant sur la sonde n'est pas allumé	Assemblage de fibres endommagé	Rechercher les signes de rupture de la fibre. Contacter le service après-vente pour le remplacement.
		Le connecteur du câble à fibre EO n'est pas fixé/verrouillé	S'assurer que le connecteur EO est correctement branché et verrouillé au niveau de la sonde (le cas échéant) et de l'analyseur.
		Connecteur de verrouillage à distance déconnecté	Veiller à brancher le connecteur de verrouillage twist-lock séparé à l'arrière de l'analyseur (à côté du connecteur de fibre EO).
6	Signal instable et contamination visible derrière la fenêtre	Défaut du joint de fenêtre	1. Vérifier qu'il n'y a pas d'humidité ou de condensation à l'intérieur de la fenêtre. 2. Vérifier que des fluides n'ont pas pénétré dans la sonde ou qu'il n'y a pas de signes de présence de fluides d'échantillons dans le corps de la sonde (p. ex. corrosion, résidus). 3. Rechercher tout signe de déviation spectrale. 4. En cas de constatation d'une des anomalies ci-dessus, contacter le service après-vente pour renvoyer la sonde au fabricant.
7	Diminution de la puissance du laser ou de l'efficacité de la collecte	Raccordement de fibres contaminées	Nettoyer soigneusement les extrémités de fibre à la sonde. Se reporter au manuel de mise en service de l'analyseur Raman Rxn concerné pour les instructions de nettoyage et les étapes de mise en service d'une nouvelle sonde.
8	Le verrouillage du laser sur l'analyseur provoque l'extinction du laser	Verrouillage du laser activé	S'assurer de l'absence de rupture de fibre sur toutes les voies de câble à fibre optique raccordées et veiller à mettre en place les connecteurs de verrouillage à distance sur chaque voie.

Problème		Cause possible	Action
9	Bandes ou motifs non reconnus dans les spectres	Fibre fissurée mais intacte	Vérifier les causes possibles et contacter le service après-vente pour retourner le produit endommagé.
		Extrémité de sonde contaminée	
		Optique interne de la sonde contaminée en raison d'une fuite	
10	Autres performances négatives inexpliquées de la sonde	Endommagement physique de la sonde	Contactez le SAV pour retourner le produit endommagé.

3.7 Maintenance

3.7.1 Démontage et remontage partiels

L'orifice de gaz et le tube miroir peuvent être retirés pour les activités suivantes :

- Nettoyage d'une fenêtre ou d'un miroir contaminé
- Installation du filtre à particules en option pour les opérations dans des environnements de prélèvement contaminés

AVERTISSEMENT

Le laser doit être éteint lors du retrait de l'ensemble.

Si le laser est activé, des niveaux de rayonnement laser dangereux peuvent s'échapper de la sonde Rxn-30 démontée.

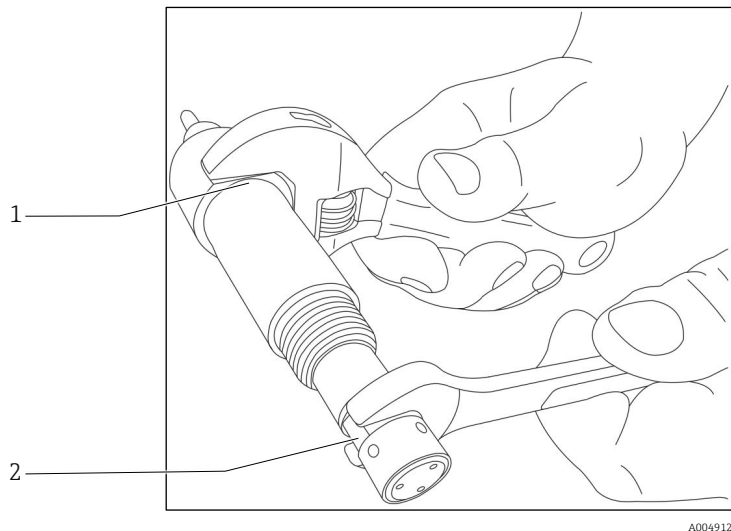
ATTENTION

Le démontage et le remontage tels que décrits ci-dessous peuvent entraîner un léger désalignement du système optique, ce qui se traduit par une réduction partielle de la sensibilité (normalement pas plus de 10 %).

- ▶ Il est recommandé d'effectuer le nettoyage et l'installation du filtre sur le site du fabricant, où l'alignement peut être ajusté si nécessaire après le remontage.
- ▶ Ces tâches de maintenance doivent être effectuées par un représentant qualifié du service après-vente Endress+Hauser ou par un personnel technique spécialement formé.
- ▶ À moins d'être formé par un personnel qualifié, toute tentative d'exécution de ces tâches par l'utilisateur peut entraîner des dommages permanents et annuler la garantie.
- ▶ Contacter le service après-vente Endress+Hauser pour obtenir de l'aide supplémentaire.

Pour démonter le port de gaz et l'ensemble de tube miroir :

1. Stabiliser le corps de la sonde Rxn-30 à l'aide d'une clé de 1 1/8" ou d'une clé à molette sur les méplats de stabilisation.
2. Utiliser une clé hexagonale de 9/16" ou une clé à molette sur la partie hexagonale de la tête de sonde pour tourner l'ensemble de tube dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.
3. Une fois les filets desserrés, dévisser le tube et le retirer complètement à la main.



A0049124

Figure 10. Démontage et remontage du port de gaz et de l'ensemble de tube miroir

Pos.	Description
1	Clé stabilisatrice plate
2	Clé hexagonale plate

⚠ ATTENTION

Ne PAS utiliser de pâte à fileter sur les filets.

Les filets sont exposés dans la zone de l'échantillon. L'utilisation d'une pâte à fileter pourrait entraîner une réaction ou une contamination de l'optique.

Remontage du port de gaz et de l'ensemble de tube miroir :

1. Revisser le tube sur le corps de la sonde Rxn-30 à la main.
2. Stabiliser le corps de la sonde Rxn-30 à l'aide d'une clé de 1 1/8" ou d'une clé à molette.
3. Utiliser une clé hexagonale de 9/16" ou une clé à molette sur la partie hexagonale de la tête de la sonde pour tourner l'ensemble de tube dans le sens des aiguilles d'une montre afin de le serrer.
4. Lorsque l'ensemble de tube atteint la butée d'alignement, serrer les filets contre cette butée avec un couple de 32,54 Nm (288 lb-in) afin d'éviter tout desserrage accidentel.

3.7.2 Nettoyage de la fenêtre et du miroir

La fenêtre est située dans le corps de la sonde Rxn-30 et le miroir se trouve dans le port de gaz et l'ensemble de tube miroir. Les deux surfaces optiques sont en retrait.

Veiller tout particulièrement à protéger la surface de la fenêtre d'une nouvelle contamination durant le nettoyage.

Pour toute autre opération de maintenance, il est recommandé de faire entretenir la sonde Rxn-30 par le fabricant.

Nettoyage de la fenêtre ou du miroir de la sonde Rxn-30

1. Suivre les étapes de démontage ci-dessus pour accéder à la fenêtre ou au miroir afin de le nettoyer.
2. Souffler la surface avec de l'air comprimé propre pour éliminer toute particule détachée, telle que des fragments de métal provenant des filets ou du filtre en métal fritté.
Si des particules sont présentes et ne sont pas éliminées, elles peuvent rayer les revêtements optiques pendant le reste du processus de nettoyage.
3. Essuyer la surface à l'aide d'un écouvillon **légèrement** humidifié d'un solvant adapté à la substance à nettoyer. Les solvants peuvent être de l'acétone de qualité réactif, de l'alcool isopropylique à 100 % (IPA), de l'eau désionisée ou autres.
Ne pas laisser le solvant goutter derrière les composants de fixation.
4. Sécher la surface en l'essuyant avec un écouvillon sec.
5. Répéter le nettoyage avec un solvant supplémentaire, si nécessaire, et sécher la surface en l'essuyant avec un écouvillon sec.
6. Nettoyer à l'air comprimé propre pour éliminer tout résidu d'écouvillon.
7. Inspecter la surface au microscope pour vérifier l'efficacité du nettoyage.
L'utilisation d'un microscope d'inspection lors du processus de nettoyage est fortement recommandée pour rechercher les contaminants étalés, les restes d'écouvillons, etc., qui peuvent entraîner une augmentation du bruit de fond du spectre.
8. Répéter les étapes précédentes si nécessaire.

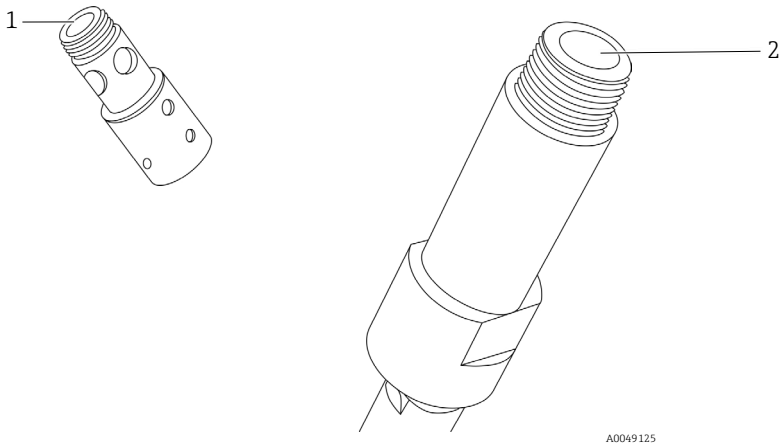


Figure 11. Tube de prélèvement et corps principal séparés pour faciliter l'accès au nettoyage

Pos.	Description
1	Accès pour le nettoyage du miroir
2	Accès pour le nettoyage de la fenêtre

3.7.3 Montage du filtre à particules

Le filtre à particules en option est fourni sous la forme d'un kit comprenant :

- 1 manchon filtrant en métal fritté (pores de 20 microns)
- 2 joints d'étanchéité en téflon

Une fois l'assemblage du tube de prélèvement retiré conformément aux instructions fournies ci-dessus, ces composants glissent sur la zone de prélèvement du tube. Le tube et le corps sont ensuite remontés comme décrit ci-dessus.

Lorsque le tube est serré contre la butée en métal dur du corps de la sonde Rxn-30, les joints se compriment et scellent les deux extrémités du filtre à l'assemblage de la sonde Rxn-30.

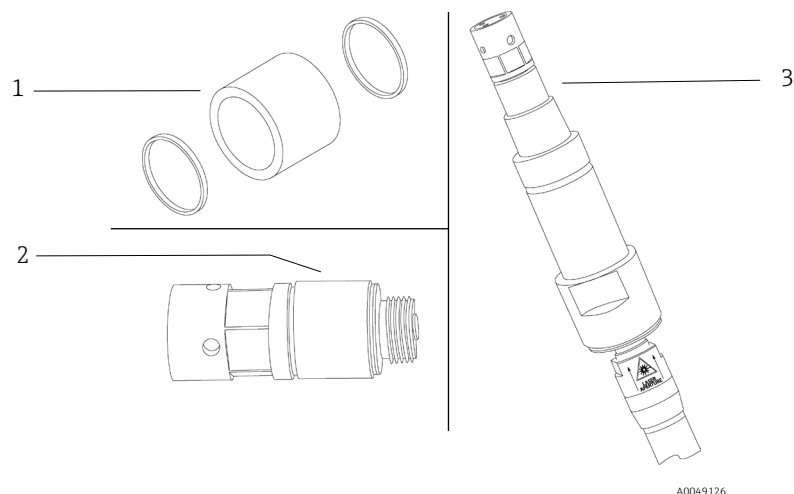


Figure 12. Kit de filtre à particules et montage

Pos.	Description
1	Kit de filtre à particules avec manchon filtrant et 2 joints d'étanchéité
2	Filtre à particules sur tube de prélèvement
3	Remontage final de la sonde Rxn-30 avec filtre à particules

3.7.4 Inspection et nettoyage des fibres optiques

Les connecteurs de fibre optique (FC ou EO) doivent être propres et exempts de débris et d'huile pour obtenir des performances optimales. Si un nettoyage est nécessaire, se reporter au manuel de mise en service de l'analyseur Raman Rxn.

3.7.5 Maintenance du volume intérieur de la sonde

Les volumes intérieurs des sondes situées dans des zones explosibles doivent être purgés et remis sous pression tous les 5 ans environ. Cette maintenance peut être effectuée sur le terrain avec quelques outils spéciaux. Contacter le service après-vente Endress+Hauser pour plus de détails.

3.8 Réparation

Les réparations qui ne sont pas décrites dans le présent document ne doivent être réalisées que par le fabricant ou le service après-vente. Pour le SAV, consulter notre site web (<https://endress.com/contact>) pour obtenir la liste des canaux de vente locaux.

Si un produit doit être retourné pour réparation ou remplacement, suivre toutes les procédures de décontamination indiquées par le prestataire de services.

AVERTISSEMENT

Le fait de ne pas décontaminer correctement les parties en contact avec le produit avant de les renvoyer peut entraîner des blessures graves ou mortelles.

Pour garantir un retour rapide, sûr et professionnel des produits, contacter le service après-vente.

Pour plus d'informations sur le retour de produits, consulter le site suivant et sélectionner le marché/la région applicable : <https://www.endress.com/en/instrumentation-services/instrumentation-repair>

4 Principe de fonctionnement et architecture du système

4.1 Description du produit

4.1.1 Sonde Rxn-30

La sonde de spectroscopie Raman Rxn-30, basée sur la technologie Raman de Kaiser, est conçue pour effectuer des mesures robustes en phase gazeuse en laboratoire ou dans une installation de process. La sonde est conçue pour être compatible avec les analyseurs Endress+Hauser Raman Rxn qui fonctionnent à 532 nm.

La sonde Rxn-30 est disponible avec une variété d'options de montage pour une grande souplesse de montage et de prélèvement. Ces options permettent l'insertion directe, l'insertion latérale et les boucles de prélèvement. La sonde est compatible NeSSI et compatible "slipstream". En outre, la sonde Rxn-30 est compatible avec les installations en zone explosible/environnements classifiés.

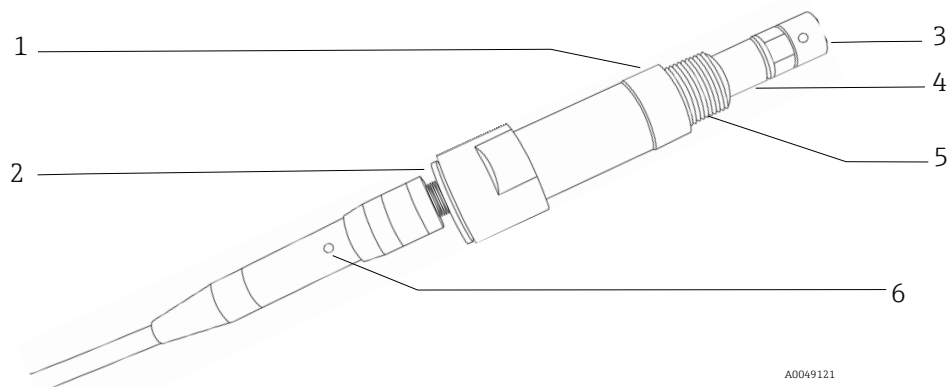


Figure 13. Sonde Rxn-30

Pos.	Description
1	Compatible avec les raccords à compression de 1" de diamètre
2	Interface connecteur/câble (laisser en place)
3	Module amplificateur
4	Orifices de prélèvement de gaz situés sous un filtre en métal fritté
5	Filetage d'interface ½" NPT
6	Indicateur laser LED : Lorsque le laser est susceptible d'être mis sous tension, l'indicateur laser LED s'allume.


4.1.2 Matériel

4.1.2.1 Matériel standard

Le matériel Rxn-30 standard comprend les éléments suivants :

- Sonde Rxn-30 en phase gazeuse
- Clé d'extraction et de remplacement du tube de prélèvement pour faciliter le nettoyage des surfaces internes de l'échantillon et de la fenêtre
- Filtre à gaz de contamination pour utilisation dans des environnements d'échantillons "sales" et certains environnements classifiés/explosibles (pores de 20 microns, fritté)

4.1.2.2 Autres accessoires

La sonde Rxn-30 se connecte à l'analyseur Raman Rxn via un câble à fibre optique. Les câbles sont disponibles par incréments de 5 m (16,4 ft), la longueur étant configurée en fonction de l'application et limitée par celle-ci. Voir *Raccordement de la sonde et de la fibre optique* →  pour plus d'informations sur les options de câble à fibre optique.

La sonde Rxn-30 est conçue pour être montée dans un flux d'échantillons ou une cuve en utilisant l'un des accessoires optionnels standard dans l'industrie suivants :

- Raccord en croix ½" NPT
- Raccord en croix à compression 1"

4.2 Raccordement de la sonde et de la fibre optique

La sonde Rxn-30 se connecte à l'analyseur Raman Rxn via le câble Raman à fibre optique, doté d'un boîtier de connecteur en inox (SSCS) pour le raccordement de la sonde et d'un connecteur EO pour le raccordement de l'analyseur.

Les câbles à fibre optique sont disponibles par incréments de 5 m (16,4 ft), la longueur étant configurée en fonction de l'application et limitée par celle-ci. Endress+Hauser recommande l'utilisation du câble Raman à fibre optique KFOC1B avec les analyseurs et sondes Raman Rxn. Voir le manuel de mise en service de l'analyseur Raman Rxn pour les détails de raccordement de l'analyseur. Lors du raccordement, veiller à ce que les points suivants soient respectés, le cas échéant :

- Le verrouillage laser est connecté à l'indicateur de sécurité et à tout autre système de sécurité (tel que les purges) approprié à l'installation.
- Les connecteurs de verrouillage à distance sont en place sur chaque voie.

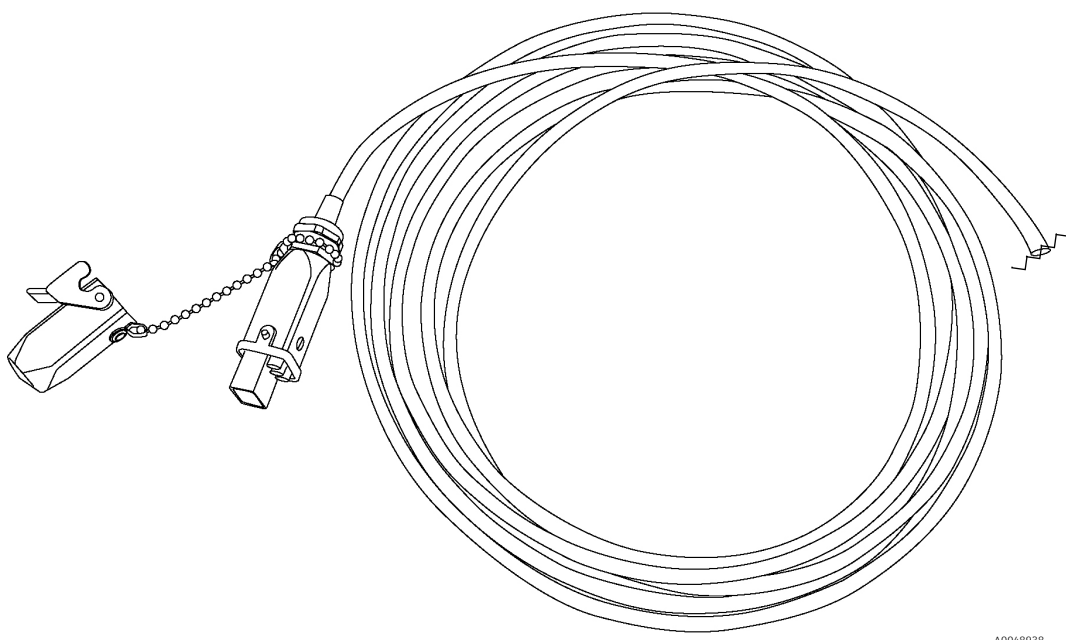
AVIS

Le raccordement de la sonde au câble à fibre optique EO doit être effectué par un ingénieur Endress+Hauser qualifié ou par un personnel technique spécialement formé.

- ▶ À moins d'être formé par un personnel qualifié, toute tentative de raccordement de la sonde au câble à fibre optique peut entraîner des dommages et annuler la garantie.
- ▶ Contacter le service après-vente Endress+Hauser pour toute assistance supplémentaire concernant le raccordement de la sonde et du câble à fibre optique.

Le câble à fibre EO relie la sonde Rxn-30 à l'analyseur à l'aide d'un connecteur unique et robuste, qui contient les fibres optiques d'excitation et de collecte ainsi qu'un verrouillage électrique du laser.

Un câble prolongateur EO est disponible pour des longueurs de câble plus importantes ou pour une installation dans un conduit.



A0048938

Figure 14. Câble à fibre EO avec le connecteur pour l'analyseur

5 Caractéristiques techniques

5.1 Caractéristiques techniques

Ci-dessous les spécifications de la sonde Rxn-30.

Caractéristique	Description
Longueur d'onde laser	532 nm
Couverture spectrale	La couverture spectrale de la sonde est limitée par la couverture de l'analyseur utilisé
Puissance laser maximale dans la sonde	< 499 mW
Température ambiante	Environnements non explosifs : -20 à 150 °C / -4 à 302 °F Environnements explosibles : T4 : -20 à 70 °C / -4 à 158 °F T6 : -20 à 65 °C / -4 à 149 °F Limitation à la température ambiante normalisée IEC 60079-0 pour la Corée
Puissance laser maximale dans la sonde	< 499 mW
Température de fonctionnement (cors de sonde/échantillon)	-20 à 150 °C (-4 à 302 °F)
Température de fonctionnement (câble et connecteur)	-40 à 70 °C (-40 à 158 °F)
Rampe de température	≤ 6 °C/min (≤ 10.8 °F/min)
Pression de fonctionnement maximale (espace de prélèvement)	68,9 barg (1000 psig)
Humidité de fonctionnement	Humidité relative 0 à 95 %, sans condensation
Purge du corps de sonde	Hélium
Herméticité du corps de sonde	Taux de fuite de l'hélium de purge < 1×10^{-7} mbar·L/s
Classification IEC 60529	IP65
Résistance chimique	Par contact de l'échantillon avec le saphir, la silice fondue, l'inox 316, les revêtements diélectriques (SiO ₂ , TiO ₂), le chrome fin et dense (TDC) et le téflon
Efficacité de la collecte de signaux (niveau système, avec l'unité de base nominale Raman Rxn)	Hauteur du pic de l'air ambiant N ₂ Rxn-30-532 : > 2,5 e ⁻ /sec/mW
Suppression du bruit de fond, ligne de base N ₂	Ligne de base adjacente < 0,15X N ₂ pic de l'air ambiant à < 2331 cm ⁻¹
Suppression du bruit de fond, spectre complet	Bruit de fond max. < 1,0X N ₂ pic de l'air
Matériaux en contact avec le produit	Inox 316/316L PTFE Saphir Verre de silice fondue

Toutes les spécifications relatives aux câbles à fibre optique sont disponibles dans l'*Information technique KFOC1* et l'*Information technique KFOC1B* relatives aux câbles Raman à fibre optique (TI01641C).

5.2 Exposition maximale admissible

L'exposition maximale admissible (MPE) est le niveau maximal d'exposition au rayonnement laser qui peut survenir avant de provoquer des lésions oculaires ou cutanées. La valeur MPE est calculée à partir de la longueur d'onde du laser (λ) en nanomètres, de la durée de l'exposition en secondes (t) et de la densité énergétique impliquée ($J \cdot cm^{-2}$ ou $W \cdot cm^{-2}$).

Un facteur de correction (C_A) peut également être requis et peut être déterminé ci-dessous.

Longueur d'onde λ (nm)	Facteur de correction C_A
400 à 700	1
700 à 1 050	$10^{0,002(\lambda-700)}$
1 050 à 1 400	5

5.2.1 EMA pour l'exposition oculaire

La norme ANSI Z136.1 fournit des moyens pour effectuer une évaluation de la valeur EMA pour l'exposition oculaire. Se référer à la norme pour calculer les niveaux EMA pertinents dans le cas d'une exposition au laser par la sonde Rxn-30 et dans le cas improbable d'une exposition au laser par la rupture d'une fibre optique.

Valeur EMA pour l'exposition oculaire ponctuelle à un faisceau laser			
Longueur d'onde λ (nm)	Durée de l'exposition t (s)	Calcul de la valeur EMA	
		($J \cdot cm^{-2}$)	($W \cdot cm^{-2}$)
532	10^{-13} à 10^{-11}	$1,0 \times 10^{-7}$	-
	10^{-11} à 5×10^{-6}	$2,0 \times 10^{-7}$	-
	5×10^{-6} à 10	$1,8 t^{0,75} \times 10^{-3}$	-
	10 à 30 000	-	1×10^{-3}

5.2.2 Valeur EMA pour l'exposition cutanée

La norme ANSI Z136.1 fournit des moyens pour effectuer une évaluation de la valeur EMA pour l'exposition cutanée. Se référer à la norme pour calculer les niveaux EMA pertinents dans le cas d'une exposition au laser par la sonde Rxn-30 et dans le cas improbable d'une exposition au laser par la rupture d'une fibre optique.

Valeur EMA pour l'exposition cutanée à un faisceau laser				
Longueur d'onde λ (nm)	Durée de l'exposition t (s)	Calcul de la valeur EMA		EMA où $C_A = 1,4791$
		($J \cdot cm^{-2}$)	($W \cdot cm^{-2}$)	
532	10^{-9} à 10^{-7}	$2 C_A \times 10^{-2}$	-	$2,9582 \times 10^{-2} (J \cdot cm^{-2})$
	10^{-7} à 10	$1,1 C_A t^{0,25}$	-	Insérer le temps (t) et calculer
	10 à 3×10^4	-	$0,2 C_A$	$2,9582 \times 10^{-1} (W \cdot cm^{-2})$

www.addresses.endress.com
