

Sonde EC Potentiel Carbone



Invensys®
EUROTHERM®

Manuel d'utilisation de la sonde carbone d'Eurotherm



GARANTIE	2
1. INTRODUCTION.....	3
2. DEBALLAGE.....	5
3. INSTALLATION.....	5
3.1 MECANIQUE	6
3.2 RACCORDS ELECTRIQUES	7
3.3 SYSTEME DE MESURE.....	8
4. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	8
5. PLAGE DE FONCTIONNEMENT.....	9
6. SOIN/ENTRETIEN DE LA SONDE.....	9
6.1 AIR DE REFERENCE	10
6.2 NETTOYAGE DE LA SONDE.....	10
6.3 TESTS DIAGNOSTIQUES	12
6.3.1 Test d'impédance électrique	12
6.3.2 Temps de réponse de l'électrode.....	13
7. ANOMALIES.....	13
7.1 VERIFICATION DU PROBLEME	13
7.2 TESTS A L'AIDE D'UN INSTRUMENT ET D'UN VOLTMETRE.....	13
7.3 TESTS D'AIR DE REFERENCE	14
7.4 TEST D'IMPEDANCE	14
7.5 OBSERVATION VISUELLE	14
8. GUIDE GENERAL DES ANOMALIES.....	15
8.1 ENVIRONNEMENT	15
8.2 ENTRETIEN DU FOUR.....	15
8.3 ANALYSES DES DEFAILLANCES	15
ANNEXE A	22
REGULATION DU CARBONE.....	22
ANNEXE B	25
TABLES DE REFERENCE % DE CARBONE VS mV	25
SPECIFICATION.....	27
CODES DE COMMANDE	28

Garantie

Important

Pour une performance et une durée de vie optimales de votre sonde carbone, appliquez les recommandations figurant dans ce manuel d'utilisation. Dans l'éventualité improbable où le capteur présenterait un défaut au cours de la période de garantie, veuillez suivre les indications suivantes, afin de nous aider à traiter votre réclamation dans les meilleurs délais.

1. Procédez aux vérifications indiquées au dos du formulaire de réclamation au titre de la garantie. Elles vous aideront peut-être à déceler un problème qui n'est pas lié à la sonde. Si les vérifications révèlent un dysfonctionnement de la sonde, les données du formulaire de réclamation nous permettront d'identifier la cause possible et d'améliorer ultérieurement le produit.

2. Envoyez au fournisseur une télécopie du formulaire de réclamation et renvoyez la sonde carbone dans son emballage d'origine.

REMARQUE : n'oubliez pas de conserver le matériel de montage de la sonde (écrou, raccord, etc.)

3. Une fois parvenu chez le fournisseur, le formulaire sera étudié afin d'évaluer sa validité. Les conditions de la garantie sont indiquées ci-dessous. Si la réclamation est acceptée, le fournisseur vous procurera une sonde de remplacement, qui sera couverte pendant la période de garantie résiduelle.

REMARQUE : il est vivement recommandé au client de garder en réserve une sonde de secours, qui peut être utilisée pendant l'examen de la réclamation.

Dans des circonstances exceptionnelles, le fournisseur procédera à un remplacement couvert par la garantie afin de limiter les temps d'arrêt de production, sous réserve du résultat de l'évaluation de la réclamation au titre de la garantie. Des frais seront facturés pour la sonde si la réclamation au titre de la garantie n'est pas valable.

CONDITIONS DE LA GARANTIE

Le fournisseur garantit que la sonde carbone Eurotherm est exempte de tout vice de matériau et de fabrication dans des conditions d'usage et d'entretien normales, pour une période de 12 mois à compter de la date de livraison. En cas de défaillance au cours de la période de garantie, l'obligation du fournisseur en vertu de la présente garantie se limite au remplacement ou à la réparation, à sa discrétion, de la sonde carbone. Aucune garantie ne sera applicable en cas de bris résultant d'un choc thermique ou mécanique, d'un mauvais usage, d'une négligence ou d'un accident. Les indications d'installation et de fonctionnement figurant dans ce manuel d'utilisation doivent être respectées. En particulier, des techniques de brûlage adéquates doivent être utilisées, afin de prévenir la formation de suie au sommet de la sonde.

Pour une sonde carbone utilisée à des températures élevées, la garantie est réduite comme suit :

- Jusqu'à 1000°C - 12 mois
- 1000°C – 1050°C - 6 mois
- Plus de 1050°C - aucune garantie

Votre garantie ne sera plus valable si :

- **Les composants internes ont été manipulés sans autorisation.**
- **La réclamation au titre de la garantie n'est pas présentée.**
- **La sonde n'est pas renvoyée au fournisseur dans son emballage d'origine.**

Le fournisseur décline toute responsabilité quant à tout dommage consécutif, quel qu'il soit (y compris, mais de façon non limitative, les dommages pour perte de bénéfices commerciaux, pertes de contrats, arrêt de l'activité commerciale, perte d'informations commerciales ou toute autre perte) résultant de l'utilisation du produit ou de l'impossibilité d'utiliser le produit, même si le fournisseur a été informé de la possibilité de tels dommages. En tout état de cause, l'entière responsabilité du fournisseur en vertu d'une quelconque disposition du présent contrat sera limitée au montant payé pour les biens.

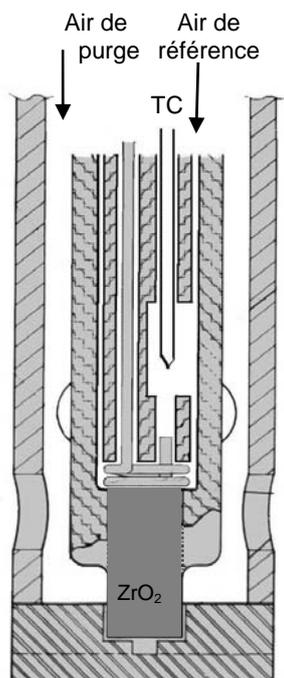
1. Introduction

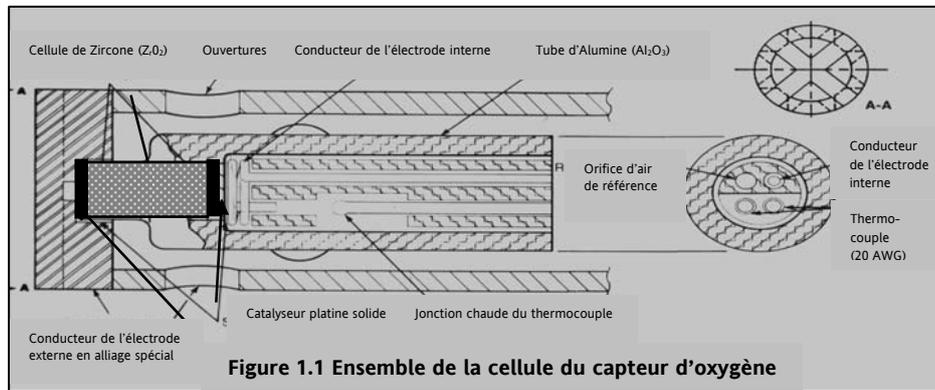
La sonde carbone est un article consommable, semblable à un thermocouple, monté de sorte qu'elle soit en contact avec l'atmosphère dans la partie haute du four, idéalement à proximité de la zone de travail. Elle est utilisée dans des atmosphères carbonées afin de mesurer des quantités d'oxygène extrêmement petites (1×10^{-20}) qui sont en équilibre chimique avec le CO/CO₂ présent dans l'atmosphère. La sonde est en principe une cellule à concentration d'oxygène galvanique à haute température, constituée d'une « cellule » en oxyde de zirconium stabilisé, soudée dans l'extrémité d'un tube d'alumine utilisant un processus breveté de soudage eutectique – le capteur CSIRO. La « cellule » en zircon est partiellement dosée avec un non-électrolyte afin d'obtenir un coefficient d'expansion thermique de ce matériau électrolyte composite qui correspond à celui du matériau du corps supportant le capteur, l'alumine. Une électrode interne et une électrode externe sont reliées à chaque extrémité de la sonde en zircon. La zircon agit comme un électrolyte solide qui conduit l'électricité au moyen d'ions O₂. Le capteur est enveloppé dans un tube protecteur en alliage d'acier, afin

d'éviter les chocs thermiques et mécaniques ; ce tube sert également d'électrode externe.

La sonde produit une tension de sortie qui, associée à la température et à l'atmosphère de traitement, peut être interprétée en termes de potentiel carbone de l'atmosphère du four (voir Annexe A).

A la tête de la sonde, se trouvent un orifice d'admission pour l'alimentation en air de référence de l'électrode interne, ainsi que les raccords électriques aux électrodes interne et externe. La sonde est généralement dotée d'un thermocouple afin de donner la température de traitement. La sonde carbone est également équipée d'un orifice de « brûlage-nettoyage » permettant, le cas échéant, le brûlage des dépôts de carbone/suie sur le capteur. La sonde est conçue pour être utilisée avec la plupart des régulateurs et est compatible avec toutes les sondes carbone existant à l'heure actuelle.





Vue en coupe de la sonde carbone

2. Déballage

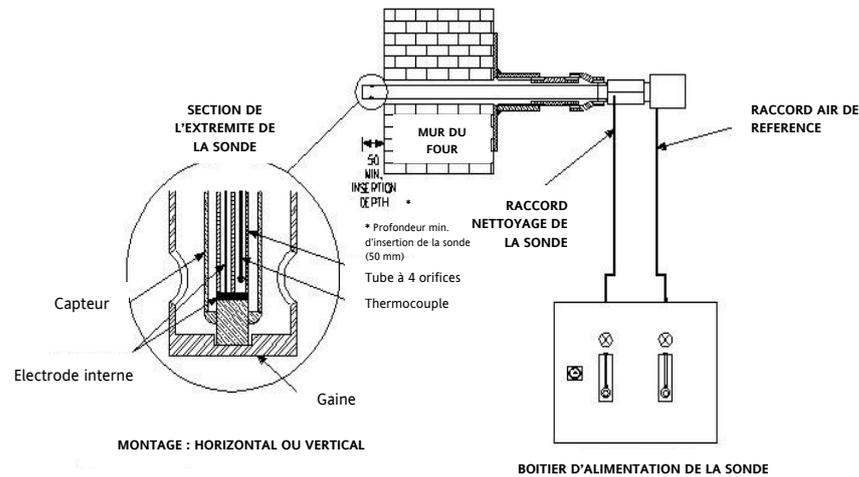
Bien qu'il s'agisse d'un article robuste en comparaison avec d'autres types de sondes carbone disponibles sur le marché, cette sonde carbone doit être déballée et manipulée avec soin.

Chaque sonde est livrée dans un emballage protecteur. CET EMBALLAGE DOIT ETRE CONSERVE DANS UN ENDROIT SECURISE EN TOUT TEMPS, DANS L'EVENTUALITE D'UN RENVOI AU FOURNISSEUR. TOUTE SONDE QUI N'AURA PAS ETE ENVOYEE DANS SON EMBALLAGE D'ORIGINE POURRA NE PAS ETRE COUVERTE PAR LA GARANTIE. L'emballage consiste en une boîte externe et un conditionnement interne de polyuréthane qui contient la sonde carbone.

Chaque emballage comprend la sonde ainsi que le manuel d'utilisation, le formulaire de réclamation au titre de la garantie, le certificat de conformité et un sachet contenant les accessoires de raccords.

3. Installation

Les instructions suivantes sont importantes pour une installation adéquate de la sonde d'oxygène.



3.1 Mécanique

- Les sondes peuvent être montées verticalement ou horizontalement. Le seul éventuel problème pourrait concerner les sondes montées horizontalement d'une longueur sans support de plus de 1000 mm ou pour les opérations prolongées à température élevée.
- Si possible, placez la sonde près du thermocouple de contrôle du four.
- Tenez la sonde éloignée de toute source de chaleur afin d'éviter un contact étroit inutile (par exemple : tubes radiants, éléments chauffants).
- Eloignez la sonde des entrées d'air.
- Placez la sonde de manière à ce qu'elle fonctionne, si possible, dans la partie supérieure de la zone de travail.
- L'orifice d'accès de la sonde dans le revêtement du four doit avoir un diamètre minimal de 35 mm.
- Pour un bon alignement, veillez à ce que les lignes médianes de l'orifice d'accès et des raccords soient concentriques.
- Veillez à ce que la fixation au bâti du four soit étanche au gaz.

- i. Assurez-vous que TOUS les raccords externes adjacents à la sonde sont étanches au gaz.

REMARQUE : la sonde carbone est habituellement dotée d'une ouverture de « brûlage ». Si l'ouverture ne doit pas être utilisée, veillez à ce qu'elle soit bouchée, à ce que le bouchon soit bien étanche et à ce qu'un ruban à joints soit appliqué afin d'obtenir une bonne étanchéité au gaz.

- j. Installez la sonde de manière à ce que la profondeur minimale d'insertion dans la zone de chaleur soit de 50 à 100 mm. Remarque : si la longueur d'insertion doit être réduite, utilisez un support de tube adéquat pour diminuer la longueur efficace.
- k. La sonde carbone d'Eurotherm, contrairement à d'autres sondes sur le marché, est hautement résistante au choc thermique et peut être insérée ou retirée d'un four chaud sans problèmes de fracture du capteur. Cependant, prenez la précaution d'introduire la sonde dans un four chaud (ou de l'en retirer) par pas de 25 mm/minute. Ne placez pas la sonde chaude sur un support d'atelier froid (choc thermique).

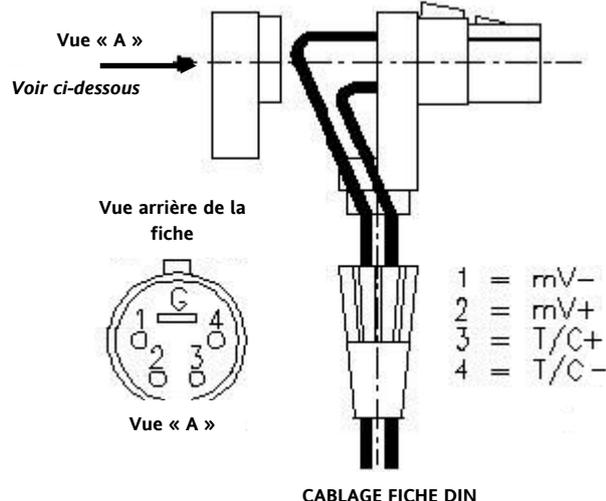
IMPORTANT : EN VISSANT OU EN DEVISSANT LE RACCORD, UTILISEZ L'ECROU MALE DE REGLAGE SUR LA GAINÉ DE LA SONDE CARBONE. N'UTILISEZ EN AUCUN CAS LA TÊTE DU CAPTEUR POUR SERRER OU DESSERRER LA SONDE.

- l. Raccordez le tuyau d'air de référence haute température au raccord interne d'air de référence sur le boîtier à la tête de la sonde et veillez à ce que la sonde soit constamment alimentée en air de référence à hauteur minimale de 200 ml/ minute.
- m. Il est essentiel que la sonde soit régulièrement alimentée en air de nettoyage. Eurotherm peut fournir un coffret d'admission d'air, qui comprend à la fois une source d'air de référence et d'air de nettoyage de la sonde. Ce coffret peut être placé sur la sonde, évitant ainsi de longues conduites d'air.

3.2 Raccords électriques

Utilisez un câble jumelé torsadé 16/0,2 m entre la sonde et le régulateur, d'une longueur maximale de 30 mètres. Si la sonde est dotée d'un thermocouple, utilisez le câble de compensation approprié. Un câble haute température (par exemple, isolé par un caoutchouc de silicone) est essentiel pour les raccords de sonde et sur toutes les

parties du parcours du câble soumises à des températures élevées. Pour le reste du parcours, il faut utiliser un câble blindé. Les blindages doivent être reliés à la terre uniquement à l'extrémité de l'instrument.



3.3 Système de mesure

La sonde carbone est conçue pour être utilisée avec tous les régulateurs de potentiel carbone ; cependant, elle peut être utilisée avec n'importe quel système de mesure à forte impédance. Aux températures de service, l'impédance du capteur est habituellement de 5 à 50 kilohms. Les systèmes de mesure dont les impédances d'entrée sont de 10 mégohms ou plus sont recommandés. Si l'instrument utilisé possède une entrée à faible impédance, le signal en millivolts de la sonde sera affaibli, entraînant des lectures inexactes.

4. Principe de fonctionnement

Lorsque la cellule en zirconite est soumise à différentes pressions partielles d'oxygène au niveau de ses électrodes, une tension est générée, laquelle est utilisée pour calculer la pression partielle sur l'électrode externe, selon l'équation NERNST, à savoir :

$$pO_2 = f (pO_2 \text{ ref } , T , V) \dots\dots\dots(1)$$

où pO_2 est la pression partielle d'oxygène sur l'électrode externe (atm)

$pO_2 \text{ ref}$ est la pression partielle d'oxygène sur l'électrode interne (0,209 atm)

T est la température de la cellule (°K)

V est la tension de la cellule (v)

Dans les applications de cémentation gazeuse, une tension entre 1000 et 1250 millivolts est générée (voir Annexe « A »).

5. Plage de fonctionnement

La résistance interne de la cellule, c'est-à-dire la résistance de l'électrolyte entre les électrodes, diminue de façon pratiquement exponentielle par rapport à l'augmentation de la température, et il est recommandé de n'utiliser la sonde qu'à des températures supérieures à 600°C.

La température maximale à laquelle la cellule peut être utilisée est limitée par deux paramètres :

- a. L'apparition d'une conduction électronique dans l'électrolyte solide, qui réduira le potentiel mesuré en deçà de la valeur théorique, et
- b. La détérioration de l'électrode externe qui, dans le cas de la sonde carbone Eurotherm, se présente sous la forme d'une enveloppe de protection externe.

Le point d'apparition de la conduction électronique est fonction de la pression partielle d'oxygène et de la température, et pour le zircon stabilisée cette conduction apparaît à de faibles pressions d'oxygène ainsi qu'à des températures élevées. Dès que la conduction électronique commence, elle augmente rapidement en degrés au fur et à mesure que la température augmente, ou au fur et à mesure que la pression partielle d'oxygène diminue. Il est recommandé d'utiliser la sonde dans une fourchette de température allant de 600°C à 1050°C.

La conduction électronique ne survient pas dans des atmosphères de cémentation gazeuse et de fours de carbonituration en raison des températures utilisées.

6. Soins/ entretien de la sonde

La sonde carbone d'Eurotherm ne requiert aucun entretien mécanique ; toute tentative de démontage de la sonde annulera la garantie. L'intégrité de tout système de contrôle de l'atmosphère dépend du capteur/dispositif de mesure. C'est sans aucun doute le cas

des sondes d'oxygène (capteurs de carbone), puisque la sonde est le plus souvent in situ et par conséquent sujette à différents types de mauvais traitements.

6.1 Air de référence

Un débit constant d'air de référence (0,2 – 0,7 l/ min.) est nécessaire afin de garantir la précision de la sonde carbone. L'air de référence doit être propre et exempt de contamination par des particules en suspension. Il ne faut pas utiliser d'air comprimé. Si de l'air de combustion est utilisé, celui-ci doit être filtré. Eurotherm peut fournir un coffret d'alimentation en air (pour la sonde), doté de pompes à air séparées pour l'air de référence et pour l'air de nettoyage de la sonde.

A VERIFIER ET A REGLER selon les besoins, au moins UNE FOIS PAR JOUR.

6.2 Nettoyage de la sonde

Plus de 80 % des pannes de sondes en service sont dues à une formation excessive de carbone (suie) sur la sonde. Ceci peut être évité en procédant régulièrement à un nettoyage ou à un « brûlage » en utilisant l'air si les variables de sa composition sont connues. Les facteurs importants ayant un impact sur l'efficacité du brûlage de la sonde sont les suivants :

- La pression/vitesse de l'atmosphère du four autour de la sonde
- Le flux d'air de brûlage
- La hausse de température au sommet de la sonde

Lorsque l'air est propulsé dans la gaine de la sonde, une réaction de combustion se produit avec l'atmosphère du four ; il s'agit d'une réaction exothermique provoquant une hausse locale de la température. L'interface de réaction se situe en un point sur la longueur de la sonde (voir ci-dessous, Fig. 1).

Au fur et à mesure que le flux d'air de brûlage s'accroît, le point d'échange se déplace naturellement vers « l'extrémité » de la sonde. Le carbone ne se retirera de la sonde qu'en présence d'oxygène libre, lequel réagira et brûlera le carbone. Sur le point d'échange de combustion, l'oxygène se consommera très rapidement et il restera très peu d'oxygène libre disponible pour réagir avec le carbone.

L'interface doit donc dépasser l'extrémité de la sonde, pour assurer un nettoyage efficace de ce dernier.

Si le flux est suffisant, cette interface de combustion se déplacera vers l'extrémité de la sonde, laissant le sommet de la sonde dans de l'oxygène libre (voir ci-dessous, Fig. 2).

Fig. 1

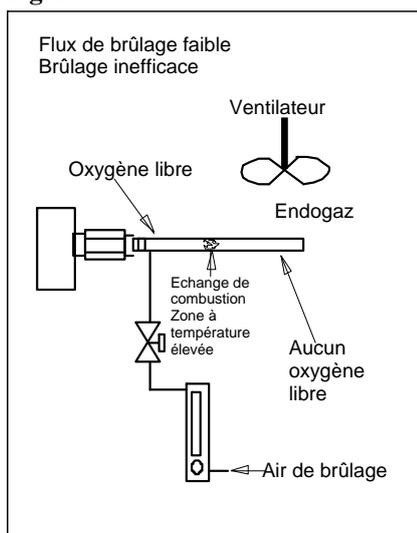
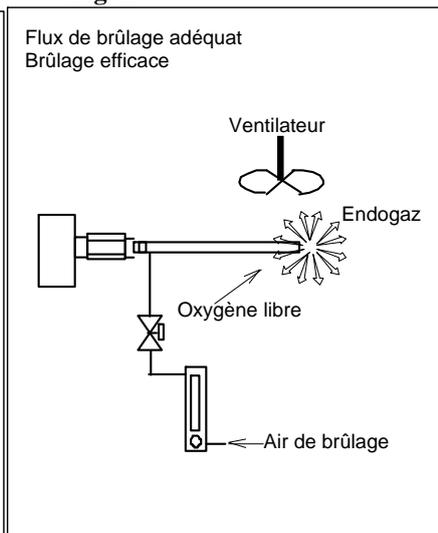


Fig. 2



Pour vérifier si les conditions sont adéquates, on doit pouvoir convertir les mV de la sonde en pourcentage d'oxygène ; le tableau suivant est un guide à 927°C :

O ₂ mV	% O ₂
1150	9,9 x 10 ⁻¹⁹
700	3,6 x 10 ⁻¹¹
100	0,43 x 10 ¹

Il faut éviter que le point d'échange de combustion ne soit centré sur l'extrémité de la sonde car la température de la sonde pourrait alors atteindre 120°C. Il est important de souligner que l'extrémité de la sonde doit être maintenue en dessous de 1000°C afin d'éviter d'endommager irrémédiablement le capteur. Par conséquent, le flux de brûlage doit être adéquat lorsque le nettoyage de la sonde se fait à plus de 900°C.

Pour établir le débit approprié, l'état de l'atmosphère du four à proximité de la sonde est d'une grande importance. Par exemple, dans une installation, un débit de 4 litres/minute était requis pour vaincre l'atmosphère, mais un débit de 1 litre/minute seulement était requis lorsque le ventilateur du four était éteint. (Dans la plupart des cas, le débit maximal requis est de 4 litres/minute).

Normalement, le nettoyage de la sonde dure de 3 à 6 minutes. Il convient de le faire au début du cycle, afin d'assurer un bon fonctionnement durant le traitement, et éventuellement de le renouveler durant les cycles longs (ou périodiquement dans un four continu) afin de maintenir le niveau de régulation de l'atmosphère.

Eurotherm peut fournir un coffret d'alimentation en air de la sonde, doté de pompes à air séparées, pour l'air de référence et pour l'air de nettoyage de la sonde.

La plupart des régulateurs de carbone possèdent des dispositifs intégrés pour activer automatiquement le dépoussiérage de la sonde durant le cycle. Une minuterie peut aussi être incorporée au coffret d'alimentation en air de la sonde.

AVERTISSEMENT

Un dépoussiérage inadéquat de la sonde peut conduire à une contamination de l'extrémité de la sonde par la suie et annuler la garantie.

A VERIFIER ET A REGLER selon les besoins, au moins UNE FOIS PAR JOUR.

6.3 Tests diagnostiques

Malheureusement, il n'existe pas de méthode définitive pour déterminer la précision d'une sonde d'oxygène. La seule façon d'établir si la lecture de la sonde est exacte est de la comparer à une sonde d'oxygène de référence, une feuille de carbone ou autre paramètre gazeux, comme le CO₂ ou le point de rosée (dewpoint).

Cependant, plusieurs tests peuvent être réalisés pour connaître la précision de la sonde.

6.3.1 Test d'impédance électrique

L'impédance de sortie d'une sonde d'oxygène est liée à l'aire de contact de l'électrode, aux matériaux de construction et à la température. Plus l'impédance est faible, plus grande est la surface en contact avec le système d'électrodes. Une valeur inférieure à 25 kilohms à une température de plus de 800°C est acceptable ; au-dessus de 50 kilohms il faut changer la sonde.

La plupart des régulateurs de carbone sont dotés d'un test intégré d'impédance de la sonde, comme d'ailleurs la majeure partie des instruments. Veuillez nous contacter pour de plus amples informations.

VERIFIEZ ET ENREGISTREZ l'impédance de la sonde TOUS les jours.

6.3.2 Temps de réponse de l'électrode

La capacité, pour une sonde d'oxygène, de retrouver la lecture originale en millivolts après avoir été court-circuitée est un paramètre important.

Pour réaliser un test, il faut court-circuiter les électrodes de la sonde pendant 15 secondes, interrompre le court-circuit et mesurer le temps de lecture en millivolts pour retrouver 99 % de sa valeur initiale. Si ce temps est supérieur à 60 secondes, la sonde est trop lente et sa précision peut être remise en question.

Si vous doutez de l'intégrité de la sonde, effectuez ce test.

La plupart des régulateurs de carbone sont dotés d'un test intégré du temps de réponse de l'électrode, comme d'ailleurs la majeure partie des instruments. Veuillez nous contacter pour de plus amples informations.

7. Anomalies

7.1 Vérification du problème

Vérifiez si le système de mesure de la sonde d'oxygène est en conflit avec d'autres techniques de mesures (par exemple : l'appareil de mesure du point de rosée Alnor, l'analyse des cales (échantillons de référence) ou une méthode d'analyse du CO₂ ou autres gaz).

Remarque : concernant les tests du dispositif de calage, notez que les exigences de niveau de carbone total de la pièce peuvent dépasser nettement les niveaux d'atmosphère et les temps de cémentation de la cale !

7.2 Tests à l'aide d'un instrument et d'un voltmètre

- a. L'affichage du thermocouple de la sonde sur l'instrument est de $\pm 10^{\circ}\text{C}$ par rapport au thermocouple de contrôle du four.
- b. Le facteur de traitement (en utilisant un instrument avec interface homme-machine), le « facteur CO » ou la compensation en mV de la sonde d'oxygène est réglé(e) sur la valeur appropriée.
- c. La valeur d'oxygène en mV qui s'affiche sur l'instrument concorde avec la lecture simultanée d'un voltmètre numérique dans une fourchette de ± 6 mV.
REMARQUE : le voltmètre numérique doit avoir une précision de base en c.c. de 0,5 % avec une impédance d'entrée minimale de 10 mégohms, ou mieux dans les deux cas.

- d. Après avoir été court-circuitée pendant 15 secondes, la sonde revient à sa lecture initiale, ± 10 mV, en 60 secondes (telle que mesurée par le voltmètre).

7.3 Tests d'air de référence

- a. L'air de référence est un air de salle propre, exempt de contaminants en suspension (et non pas un air comprimé). Dans le doute, essayez différentes sources d'air de référence.
- b. Sur le débitmètre, le débit de l'air se situe entre 0,2 et 0,7 litres/minute. Vous pouvez débrancher le tuyau d'air de référence de la sonde et le plonger dans une tasse d'eau ; s'il crée des bulles, c'est que l'air de référence pénètre bel et bien dans la sonde.
- c. Avec un instrument à commande manuelle, un arrêt du flux d'air de référence pendant 30 secondes ne devrait pas faire perdre plus de 5 mV sur l'affichage d'O₂ en mV.

7.4 Test d'impédance

Avec la sonde à au moins 800°C, le test d'impédance de la sonde donne des valeurs allant de 0,1 à 50 kOhms. (Un affichage standard pour une sonde carbone sera de 5 à 10 kilohms).

7.5 Observation visuelle

(Observez les mises en garde concernant le retrait de la sonde du four.)

- a. La sonde/gaine ne présente pas d'accumulation significative de suie ou autres dépôts (une telle accumulation pourrait signifier que la procédure de combustion (nettoyage) n'est pas adéquate et annuler la garantie).
- b. L'extrémité du capteur de la sonde, que l'on aperçoit à travers les orifices de la gaine, ne présente aucune fracture évidente et le capteur semble physiquement intact.
- c. La gaine et le boîtier à la tête de la sonde ne montrent aucun signe de dommage mécanique.

8. Guide général des anomalies

8.1 Environnement

Lorsque vous installez le système, veillez à ce qu'il soit protégé d'une température et d'une humidité trop élevées ainsi que de trop fortes vibrations. Ne faites jamais passer le câble du signal (capteur, thermocouple ou bus RS485) dans le même conduit que le câble électrique. Aucun microprocesseur n'est complètement à l'abri des variations brusques de tension qui accompagnent l'activation d'un solénoïde, d'un relais ou d'un moteur.

Evitez de faire passer les tuyaux d'air de référence dans des régions où la température peut dépasser 65°C.

Ne reliez jamais un conduit directement à la tête du capteur, car si le tuyau du capteur est fracturé il pourra laisser pénétrer une atmosphère dangereuse dans le conduit en direction d'instruments, d'équipement ou de membres du personnel.

8.2 Entretien du four

Le carbone est l'élément essentiel du traitement. Mais il représente également, avec la température, le facteur de détérioration le plus important. Il fait éclater et s'effriter les matériaux réfractaires. L'alliage du four se détériore et les « quenchants » (les agents de trempe) peuvent être contaminés. Si le traitement requiert que vous opérerez à des niveaux de potentiel carbone nettement supérieurs à la saturation, vous devez contrer l'attaque en effectuant régulièrement un brûlage du four. Avec le régulateur en mode manuel et les millivolts de débit du capteur affichés, faites pénétrer de l'air dans le four (en ayant pris soin de fermer l'arrivée d'endogaz, bien sûr !) à environ 850°C. Suivez l'évolution du brûlage jusqu'à ce que le capteur baisse en dessous de 100 mV ; à ce stade, le brûlage est pratiquement terminé. Le temps nécessaire pour parvenir à cette phase permet de mesurer combien de fois le brûlage doit être effectué. Tous les régulateurs de carbone programmables d'Eurotherm sont dotés d'une commande de brûlage programmable.

8.3 Analyses des défaillances

Lorsqu'un problème survient au cours du traitement, c'est en général la précision du capteur de carbone qui est mise en doute. Mais un dysfonctionnement du traitement peut être dû à plusieurs autres raisons.

La présente section a pour but de fournir un guide d'analyse logique des anomalies.

Avant de commencer une procédure détaillée de recherche de panne, vérifiez tous les paramètres du régulateur de température et du régulateur de carbone. Dans de trop nombreux cas, un dysfonctionnement est dû à une mauvaise utilisation de la part de l'opérateur ou au changement d'un paramètre programmé, qui n'est pas revenu à sa valeur normale dans ce même programme ou dans les programmes suivants.

Ensuite, déterminez si les instruments sont bien calibrés en introduisant les valeurs en millivolts pour le capteur et les thermocouples et en déterminant un calibrage correct pour les affichages en millivolts et les affichages de la température.

Le texte suivant s'articule en fonction de la nature des problèmes.

Utilisez le sommaire pour trouver la partie de cette section qui vous intéresse :

A. PROFONDEUR DE CEMENTATION INADEQUATE

1. L'équation de Harris

B. CARBONE DE SURFACE INADEQUAT

1. Excès de carbone
2. Faible quantité de carbone
3. Carbone non uniforme ou en plaques

C. DIFFICULTES DE FONCTIONNEMENT

1. Courte durée de vie du capteur
2. Temps trop long avant d'atteindre la température voulue
3. Temps trop long avant d'atteindre le carbone voulu
4. Cycles excessifs
5. Pièces couvertes de suie
6. Ecailles

PROFONDEUR DE CEMENTATION INADEQUATE

A.1 Equation de Harris – Bien que plusieurs opérateurs de four à traitement thermique attribuent une faible cémentation à une quantité insuffisante de carbone dans l'atmosphère, notons que la profondeur de cémentation dépend uniquement du temps et de la température, comme l'indique l'équation de Harris :

$$X = 800[t^{1/2}] / 10(3700/T)$$

Où X est la profondeur de cémentation en millimètres, t est le temps en heures et T est la température absolue en Kelvin. Il est donc évident qu'un carbone de surface faible n'est pas un signe de faible cémentation mais un signe de profil de carbone incorrect.

Pour obtenir un profil de carbone adéquat, il peut s'avérer nécessaire d'augmenter le point de réglage du potentiel carbone de plusieurs points au-dessus du carbone de surface désiré. Ceci est dû au fait que la surface de sections épaisses ne parvient pas à atteindre un équilibre avec l'atmosphère avant plusieurs heures.

Par exemple, à 925°C, il faut environ 2 heures pour obtenir un carbone de surface égal au potentiel carbone de l'atmosphère. Pour des pièces très fines, comme des cales d'une épaisseur de 5 à 8 mm, l'équilibre est atteint en 1 - 1½ heure. C'est la raison pour laquelle il faut juger du caractère adéquat du calibrage de l'analyseur de carbone sur la base des tests du dispositif de calage plutôt que des mesures du carbone de surface.

B. CARBONE DE SURFACE INADEQUAT

B.1 Un excès de carbone sur une pièce est sans doute le problème le plus fréquent lors d'un traitement thermique. Habituellement, il peut être lié à un potentiel carbone calculé inférieur au niveau réel de l'atmosphère du four. Les raisons peuvent être multiples, et nous les aborderons par ordre de fréquence approximative d'apparition.

a) Dans le système de contrôle de l'atmosphère, le calcul du carbone dépend du facteur de correction sélectionné. Le facteur de correction, ou l'ajustement au calcul de carbone théorique, peut être fondé sur le facteur de traitement, le facteur CO ou les compensations en mV de la sonde d'oxygène. Si la valeur n'a pas été réglée correctement, le % CP calculé ne sera pas égal à celui obtenu par les tests du dispositif de calage ou des tests équivalents.

b) La composition endogène a changé. Une concentration accrue de monoxyde de carbone générera un % C inférieur à celui de la valeur réelle. Si vous estimez que l'effort et les dépenses nécessaires au maintien d'un réglage précis de votre endogénérateur sont excessifs pour votre personnel, vous devriez peut-être envisager d'utiliser un système de commande du générateur.

Les atmosphères générées dans un four (azote/méthanol ou « SuperCarb ») sont sujettes à des variations de teneur en % CO. Tous les instruments Eurotherm sont dotés de dispositifs d'introduction du % CO à partir d'un analyseur de gaz infrarouge pour un ajustement en temps réel du niveau de CO. Pour plus d'informations, veuillez nous contacter.

c) Une fuite dans le joint d'étanchéité à l'entrée du capteur, sur le joint du ventilateur ou à toute autre entrée du four pourrait permettre à l'air de circuler dans le capteur, abaissant ainsi les valeurs affichées (par exemple, une fuite sur un tuyau radiant à proximité du capteur). Les produits de combustion qui ont tendance à s'oxyder légèrement réduisent le potentiel carbone durant le cycle à feu élevé. Ce phénomène

est reconnaissable en tant que fluctuation du potentiel carbone en phase avec le cycle de contrôle de la température.

d) Une petite faille s'ouvre au sommet du capteur de la sonde carbone, permettant au gaz du four de se mélanger à l'air de référence, ce qui entraîne l'affichage d'une valeur faible en millivolts. Effectuez une vérification en remplaçant la valeur affichée sur le régulateur par les millivolts du capteur et en interrompant le flux d'air de référence. S'il y a une faille, le débit diminuera à un rythme proportionnel à la dimension de la faille. Lorsque le flux d'air de référence est rétabli, la valeur affichée remontera à la valeur initiale. Remplacez le capteur dès que possible.

e) L'air de référence doit être pur et non contaminé par des combustibles qui pourraient réduire la quantité d'oxygène en contact avec l'électrode interne. L'alimentation en air de référence pompe de l'air dans la zone du capteur. S'il y a une forte concentration de gaz naturel ou de gaz d'enrichissement à proximité de la pompe à air, le capteur affichera inévitablement une valeur faible. Des fumées provenant de l'huile de trempe pourraient également être à l'origine de ce symptôme. Il faut éviter le recours à une alimentation de l'installation en air comprimé en lieu et place d'une alimentation standard à l'aide d'une « pompe à poissons », car les lubrifiants naturels existants ou ajoutés à l'alimentation feront diminuer le débit du capteur.

f) Une ligne de fuite électrique se crée entre le capteur et l'instrument de mesure. Ceci peut être le résultat d'un câble pincé ou d'une température excessive entraînant une mauvaise isolation. Une telle ligne de fuite peut également être le fait d'une couche de film conducteur entre les contacts au niveau du capteur ou de l'instrument.

g) Un métal volatil comme le zinc ou le plomb a été introduit dans le four et s'est déposé sur la surface de zircon. Bien que nous sachions peu de choses sur ce phénomène d'« empoisonnement », il est souvent dû à un mauvais débit du capteur.

B.2 Une faible quantité de carbone dans une pièce peut être due à une faible température, à un temps de trempe court, à une mauvaise circulation due à un ventilateur incontrôlé ou à une pièce mal empilée. En général, elle est due à un calcul du % C trop élevé :

a) Le facteur de correction fait, là encore, partie intégrale du calcul du % CP. S'il est inexact, le calcul du % CP sera inexact lui aussi.

b) La composition endogène est trop faible en monoxyde de carbone.

c) Les orifices de circulation de l'atmosphère autour du sommet de la sonde sont bouchés par du carbone ou autres matériaux solides. Etant donné que le débit du

capteur dépend de la teneur en carbone du gaz à sa surface, l'atmosphère riche du carbone piégé augmente la valeur affichée par le capteur. La réponse du capteur à des changements soudains de l'atmosphère sera lente. Ce phénomène n'est courant que dans les fours qui n'ont pas été « brûlés » assez régulièrement, comme nous le suggérons au début de cette section. Un remède temporaire est de court-circuiter les dériviations du capteur pendant quelques heures à la température de service dans une atmosphère d'endogaz normale. Ensuite, l'oxygène réactif pur passe de l'air de référence à l'intérieur du capteur à l'interface bouchée par le carbone et brûle le carbone en cause. Il vaut mieux, cependant, prévenir ce genre de situation en procédant à des brûlages réguliers, bénéfiques pour le four ainsi que pour l'alliage du four.

d) Comme indiqué précédemment, un empoisonnement pourrait être un facteur.

B.3 Un carbone non uniforme ou en plaques n'est pas dû, normalement, à un dysfonctionnement de la sonde ou d'un instrument. Il peut être dû à un chargement inadéquat de la pièce, de sorte que l'atmosphère ne peut circuler librement en direction des zones critiques. Une mauvaise circulation en raison d'un ventilateur incontrôlé ou de briques déplacées peut également être un facteur, ou encore la présence de revêtements limitant la diffusion (par exemple, le cuivre) qui n'ont pas été retirés avant le traitement.

C. DIFFICULTES DE FONCTIONNEMENT

La plupart des problèmes abordés ci-dessus sont liés à la performance du capteur, au facteur de correction ou à un dysfonctionnement de l'équipement du four entraînant une pièce défectueuse ou hors spécification. Il arrive que les problèmes soient constatés au cours d'opérations problématiques ou coûteuses, mais pas nécessairement en raison d'un produit de mauvaise qualité. La liste suivante est forcément limitée, mais elle illustre le processus de raisonnement nécessaire pour résoudre ces problèmes.

C.1 La courte durée de vie du capteur est le problème le plus souvent rencontré dans la régulation des capteurs de carbone des atmosphères de traitement thermique. Bien que votre investissement soit protégé par le programme de garantie du fournisseur, il demeure coûteux et difficile de remplacer très fréquemment votre sonde carbone. La grande majorité des pannes de capteur sont occasionnées par un fonctionnement à potentiels carbone élevés sans brûlages réguliers pour faire disparaître les dépôts de carbone. Il s'agit sans doute de la partie la plus critique de votre programme de maintenance préventive, car elle protège aussi bien le matériau réfractaire que les alliages de votre four.

D'autres types de panne, parmi ceux que nous avons traités, sont liés à l'introduction de matériaux corrosifs ou nocifs dans l'environnement du capteur. Ces matériaux

peuvent provenir de fumées de trempage en bains de sel et de dégraissants halogénés qui traversent le four. Des agents nocifs (tels que le zinc ou le plomb) introduits dans la zone de contrôle comme éléments galvanisés ou comme lubrifiants dans des opérations de formage peuvent influencer de façon persistante les valeurs affichées. Cet impact peut être supprimé, le cas échéant, par un brûlage prolongé du capteur.

Une fuite due à un choc thermique ou un choc mécanique du capteur, pour quelque raison que ce soit, est considérée comme pouvant être évitée et par conséquent de telles défaillances ne sont pas couvertes par la garantie.

En présence de difficultés de fonctionnement dues à un dysfonctionnement du capteur, il faut éviter toute contrainte sur les petits fils dans la tête de raccord du capteur. Lorsque le capteur fonctionne à des températures élevées, ces fils n'ont pratiquement aucune résistance à la rupture et peuvent se briser facilement, rendant le capteur tout à fait inutile.

C.2 Un temps trop long avant d'atteindre la température voulue est coûteux car il diminue la productivité du four. Les causes possibles sont les suivantes :

- a) Pression réduite du combustible en raison d'une défaillance du régulateur ou d'une faible pression de l'installation.
- b) Pression réduite de l'air de combustion occasionnée par une défaillance de la courroie du ventilateur ou du moteur d'entraînement.
- c) Orifices ou sièges de soupapes bouchés.
- d) Tubes radiants couverts d'écailles ou enduits.
- e) Chargement excessif.
- f) Faible valeur calorifique du combustible.
- g) Termes P.I.D. inexacts sur le régulateur.

C.3 Un temps trop long avant d'atteindre le carbone voulu peut avoir un impact similaire et être dû aux causes suivantes :

- a) Faible pression du gaz d'enrichissement en raison d'une défaillance du régulateur ou d'une faible pression de l'installation.
- b) Faibles valeurs de débit sur le débitmètre.
- c) Débitmètre défaillant, sale ou hors calibration.
- d) Mauvais fonctionnement du ventilateur de circulation de l'atmosphère.
- e) Présence d'eau dans le four en raison d'une fuite du joint d'étanchéité du ventilateur à circulation d'eau ou provenant d'une autre source comme une maçonnerie de briques encore humide.
- f) Gaz d'enrichissement humide.

C.4 Des cycles excessifs peuvent être dus à une bande proportionnelle trop faible dans les paramètres de contrôle. Si des cycles excessifs sont constatés dans le contrôle de la température, la cause peut également en être une réponse lente du thermocouple due à un contact encrassé ou faible dans le puits thermométrique. Un effet semblable est constaté dans la régulation du carbone si les orifices de flux de l'atmosphère au sommet de la sonde carbone sont bouchés.

C.5 Des pièces couvertes de suie sont observées lorsqu'elles sont exposées trop longtemps à des niveaux de potentiel carbone supérieurs aux niveaux de saturation. La formation de suie se produit lors du chargement des pièces si un potentiel carbone suffisamment faible n'est pas fixé avant le chargement.

Au fur et à mesure que la température du four baisse, le potentiel carbone pour l'atmosphère existante augmente. Des chargements froids et de grande dimension peuvent réduire la température du four en très peu de temps. Le gaz d'enrichissement ne doit pas être ajouté tant que le chargement n'est pas à la température voulue.

C.6 Si les pièces sont couvertes d'écailles, ces dernières étaient sans doute déjà présentes avant le chargement. Aucune cémentation importante ne peut avoir lieu avant que le revêtement d'oxyde ne soit réduit par l'atmosphère. Si les écailles sont nombreuses, il faut les retirer en les décapants ou par le biais d'une action mécanique avant de tenter la cémentation.

ANNEXE A

Régulation du carbone

Dans le traitement par cémentation gazeuse, un gaz vecteur portant une faible teneur en carbone est utilisé, lequel gaz est enrichi avec un gaz d'hydrocarbure, comme le propane ou le méthane (gaz naturel) pour augmenter et réguler la disponibilité de carbone dans l'atmosphère. Le gaz vecteur est habituellement le type de gaz endothermique produit par le mélange sous-stoichiométrique d'un hydrocarbure et d'air à température élevée en présence d'un catalyseur. La production de gaz endothermique se produit habituellement dans un générateur de gaz externe.

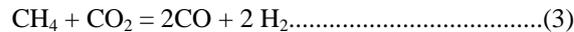
Alternativement, un mélange d'azote-méthanol, injecté directement dans le four peut être utilisé pour produire un gaz endothermique synthétique. Selon le type d'hydrocarbure utilisé et le ratio du mélange, la composition standard du gaz vecteur est :

15 - 25 % CO, 35 - 45 % H₂, Balance N₂,
plus de petites quantités de CO₂, H₂O, CH₄

Les gaz CO et CH₄ sont cémentés, tandis que l'H₂, l'H₂O et le CO₂ sont décarburés. Afin de réguler la disponibilité de carbone dans l'atmosphère, le POTENTIEL CARBON, un gaz d'hydrocarbure est utilisé pour enrichir le gaz vecteur, en réduisant l'H₂O (point de rosée) selon la réaction :



et en réduisant le CO₂ selon la réaction :



tout en permettant aux réactions de cémentation suivantes d'avoir lieu :



en plus de la réaction (4) les principales autres réactions de cémentation dans une atmosphère de CO - CO₂ - H₂ - H₂O - CH₄ sont :





Il a été démontré que la réaction (5) est 10 à 100 fois plus rapide que les réactions (4) et (6) ; c'est donc ce qui détermine la vitesse.

La composition d'équilibre des gaz est déterminée par la réaction « eau – gaz » :



Combinant les réactions (5) et (7) :



En utilisant la constante d'équilibre thermodynamique pour la réaction ci-dessus, l'activité de carbone (ac) de l'atmosphère peut être calculée :

$$ac = \frac{p_{\text{CO}_2}}{p_{\text{CO}}} K_6 \dots \dots \dots (8)$$

Etant donné que K_6 ne dépend que de la température, on constate que l'activité du carbone peut être calculée à partir du CO et du CO_2 ; étant donné que le CO est relativement constant, seul le CO_2 peut être utilisé.

Nous avons déjà vu que la sonde carbone mesure la petite quantité d'oxygène en équilibre avec le CO et le CO_2 , ce qui correspond à la réaction suivante,



Combinant les réactions (6) et (9), et utilisant l'équilibre constant pour calculer l'activité du carbone,

$$ac = \frac{p_{\text{CO}}}{p_{\text{O}_2}^{0.5}} K_{10} \dots \dots \dots (10)$$

Ainsi, la sonde d'oxygène peut être utilisée pour déterminer l'activité du carbone de l'atmosphère, et le potentiel carbone peut apparaître comme étant fonction de l'activité du carbone (ac), de la température, et de la composition de l'acier (q).

Par conséquent :

$$\text{CP} = f (T, V, \text{CO}, q) \dots \dots \dots (11)$$

Où Cp est le potentiel carbone (%)

T est la température (°K)
V est la tension de la sonde (v)
CO est le monoxyde de carbone (%)
q est le facteur alliage d'acier.

Le fait que le potentiel carbone dépende de la composition de l'acier s'explique comme suit : en présence d'éléments d'alliage, le potentiel carbone réel de l'atmosphère est accru par les éléments qui forment des carbures plus stables que le fer (c.-à-d. Cr, Mo) alors que les éléments qui forment des carbures moins solides (c.-à-d. Ni, Si) font diminuer le potentiel carbone réel.

Les calculs mathématiques complexes nécessaires à la détermination du potentiel carbone de l'atmosphère sont intégrés dans la plupart des régulateurs. La tension de la sonde (mV) et la température sont entrées directement dans l'instrument, tandis que le CO et le facteur alliage sont combinés en une constante pour un ensemble donné de conditions connu sous le nom de facteur de correction. Le facteur de correction peut prendre la forme de termes connus comme le facteur de traitement ou le facteur CO (COF), ou une compensation en mV de la sonde peut être utilisée. Les régulateurs du % CP d'Eurotherm intègrent la plupart des calculs de potentiel carbone du fabricant de la sonde, spécifiques à chaque fabricant, et peuvent utiliser n'importe lequel des différents facteurs de correction pour ajuster le potentiel carbone calculé.

Pour des atmosphères non équilibrées, ou lorsque le CO ne peut être constant durant un cycle, il est possible d'introduire une valeur CO à partir d'un analyseur à infrarouge par la voie d'accès analogue de l'instrument. Pour un contrôle précis du carbone absolu, le facteur de correction peut être continuellement mis à jour en fonction du potentiel carbone en temps réel calculé à partir de 3 gaz (CO, CO₂, CH₄). Eurotherm peut fournir un système, le 3G Plus ; n'hésitez pas à demander de plus amples informations. Ce système garantit une précision absolue du calcul de 3 graphites de cornue avec la vitesse de réponse du contrôle de la sonde d'oxygène.

ANNEXE B

Tables de référence % de carbone vs mV

Les tables suivantes donnent un % de potentiel carbone vs les millivolts de la sonde à différentes températures pour un gaz vecteur endothermique de réaction avec le gaz naturel (20 % CO) et le propane (23 % CO).

Ces tables sont fondées sur des calculs théoriques et ne sont valables qu'en conditions d'EQUILIBRE. Pour la plupart des opérations de traitement thermique, les conditions d'équilibre sont rarement constatées.

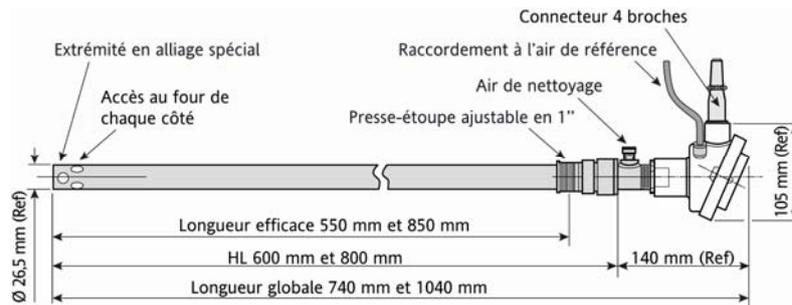
Relations entre le % de potentiel carbone et les mV de la sonde à différentes températures pour des atmosphères endothermiques générées à partir de méthane (20 % CO)

		Température °C							
% CP	800	825	850	875	900	925	950	975	1000
0,20	1034	1039	1043	1048	1053	1058	1062	1067	1072
0,25	1043	1048	1053	1058	1063	1068	1073	1078	1083
0,30	1051	1056	1061	1066	1072	1077	1082	1087	1092
0,35	1058	1063	1069	1074	1079	1085	1090	1095	1101
0,40	1065	1070	1076	1081	1087	1092	1098	1103	1109
0,45	1071	1076	1082	1088	1093	1099	1105	1110	1116
0,50	1076	1082	1088	1094	1100	1105	1111	1117	1123
0,55	1082	1088	1094	1099	1105	1111	1117	1123	1129
0,60	1087	1093	1099	1105	1111	1117	1123	1129	1135
0,65	1091	1097	1103	1110	1116	1122	1128	1134	1140
0,70	1096	1102	1108	1114	1120	1127	1133	1139	1145
0,75	1100	1106	1112	1119	1125	1131	1138	1144	1150
0,80	1104	1110	1116	1123	1129	1136	1142	1148	1155
0,85	1107	1114	1120	1127	1133	1140	1146	1153	1159
0,90	1111	1117	1124	1131	1137	1144	1150	1157	1163
0,95	1114	1121	1128	1134	1141	1148	1154	1161	1167
1,00	1118	1124	1131	1138	1144	1151	1158	1165	1171
1,05	1121	1127	1134	1141	1148	1155	1161	1168	1175
1,10	1124	1131	1137	1144	1151	1158	1165	1172	1179
1,15	1127	1133	1140	1147	1154	1161	1168	1175	1182
1,20	1129	1136	1143	1150	1157	1164	1171	1178	1185

Relations entre le % de potentiel carbone et les mV de la sonde à différentes températures pour des atmosphères endothermiques générées à partir de propane (23 % CO)

% CP	Température °C								
	800	825	850	875	900	925	950	975	1000
0,20	1027	1031	1036	1041	1046	1051	1055	1060	1065
0,25	1036	1041	1046	1051	1056	1061	1066	1071	1075
0,30	1044	1049	1054	1059	1064	1070	1075	1080	1085
0,35	1051	1056	1062	1067	1072	1078	1083	1088	1094
0,40	1058	1063	1069	1074	1080	1085	1091	1096	1101
0,45	1064	1069	1075	1081	1086	1092	1097	1103	1109
0,50	1069	1075	1081	1087	1092	1098	1104	1110	1115
0,55	1075	1081	1086	1092	1098	1104	1110	1116	1122
0,60	1080	1086	1092	1098	1104	1110	1116	1122	1127
0,65	1084	1090	1096	1102	1109	1115	1121	1127	1133
0,70	1089	1095	1101	1107	1113	1120	1126	1132	1138
0,75	1093	1099	1105	1112	1118	1124	1130	1137	1143
0,80	1097	1103	1109	1116	1122	1128	1135	1141	1148
0,85	1100	1107	1113	1120	1126	1133	1139	1146	1152
0,90	1104	1110	1117	1123	1130	1137	1143	1150	1156
0,95	1107	1114	1120	1127	1134	1140	1147	1154	1160
1,00	1110	1117	1124	1131	1137	1144	1151	1157	1164
1,05	1114	1120	1127	1134	1141	1147	1154	1161	1168
1,10	1117	1123	1130	1137	1144	1151	1158	1165	1171
1,15	1119	1126	1133	1140	1147	1154	1161	1168	1175
1,20	1122	1129	1136	1143	1150	1157	1164	1171	1178

Spécifications



Longueurs d'insertion maximales d'une sonde standard : **600 mm = 550 mm ; 900 mm = 850 mm**

Longueur d'insertion maximale = la distance entre le sommet de la sonde et l'écrou vissé.

Tension de sortie : 1,00 à 1,20 V dc dans la plage de fonctionnement.

Fourchette de température : 760°C à 1100°C

Temps de réponse : moins d'1 seconde.

Précision : $\pm 0,05$ % en poids de carbone dans la plage de fonctionnement normale.

Plage de fonctionnement : oxygène réduit à 10^{-30} atmosphères.

Thermocouple : type K, R, S, N et Pas de T/C

Température maximale de la tête : 150°C

Gaine de la sonde : alliage spécial – résistant à la corrosion et à l'oxydation jusqu'à 1100°C

Diamètre de la gaine : diamètre externe (OD) nominal 26,5 mm

Ouverture requise : 35 mm

Raccord : écrou mâle vissé réglable 1" NPT

Insertion dans le four : minimum 75 mm, objectif de 75 mm à 100 mm

Débit d'air de référence : de 200 ml à 700 ml/minute (20,9 % O₂)

Période de garantie : 12 mois à compter de la date de livraison

Codes de commande :

Modèle	Longueur (mm)	Type Thermocouple
CP		
CP = Modèle de base	600 = 600 mm 900 = 900 mm	0 = Pas de T/C K = T/C de type K N = T/C de type N S = T/C de type S R = T/C de type R

Par exemple : **CP600-K** = 600 mm de longueur, dotée d'un thermocouple de type K.

EUROTHERM AUTOMATION SAS

RÉGULATION - AUTOMATISATION - MESURE - ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

SIÈGE SOCIAL :

6, Chemin des Jons
B.P. 55
69574 DARDILLY Cedex
F R A N C E
Téléphone : 04 78 66 45 00
Télécopieur : 04 78 35 24 90
Site Internet : www.eurotherm.tm.fr
Email : info.fr@eurotherm.com

AGENCES :

Aix-en-Provence Tél : 04 42 39 70 31
Colmar Tél : 03 89 23 52 20
Lille Tél : 03 20 96 96 39
Lyon Tél : 04 78 66 45 00
Paris Tél : 01 69 18 50 60
Toulouse Tél : 05 34 60 69 40

BUREAUX :

Bordeaux
Clermont-Ferrand
Dijon
Grenoble
Nancy
Normandie
Orléans
Nantes

Hot-Line : 08 90 71 17 18 (0,15 € TTC / min)

SAS au capital de 1 524 490,17 € - RCS Lyon B 642 042 287 - CCP Lyon 3691-81 G

UNE OFFRE GLOBALE POUR LE CONTRÔLE DE VOS PROCÉDÉS

En tant que spécialiste et fabricant d'équipements de contrôle et de régulation de procédés, nous vous proposons une gamme étendue de matériels complémentaires :

- Capteurs, Convertisseurs, Indicateurs
- Régulateurs, Programmeurs, Entrées/Sorties déportées
- Contacteurs statiques, Gradateurs de puissance
- Superviseurs, Systèmes de contrôle commande
- Centrales d'acquisition, Enregistreurs, Enregistreurs vidéo
- Variateurs de vitesse et Démarreurs

SOCIÉTÉS EUROTHERM DANS LE MONDE

ALLEMAGNE Limburg
Eurotherm Deutschland GmbH
T (+49 6431) 2980
F (+49 6431) 298119
E info.de@eurotherm.com

AUSTRALIE Sydney
Eurotherm Pty. Ltd.
T (+61 2) 9838 0099
F (+61 2) 9838 9288
E info.au@eurotherm.com

AUTRICHE Vienne
Eurotherm GmbH
T (+43 1) 7987601
F (+43 1) 7987605
E info.at@eurotherm.com

BELGIQUE ET LUXEMBOURG Moha
Eurotherm S.A./N.V.
T (+32) 85 274080
F (+32) 85 274081
E info.be@eurotherm.com

BRÉSIL Campinas-SP
Eurotherm Ltda.
T (+5519) 3707 5333
F (+5519) 3707 5345
E info.br@eurotherm.com

CORÉE Séoul
Eurotherm Korea Limited
T (+82 31) 2738507
F (+82 31) 2738508
E info.kr@eurotherm.com

DANEMARK Copenhague
Eurotherm Danmark AS
T (+45 70) 234670
F (+45 70) 234660
E info.dk@eurotherm.com

ESPAGNE Madrid
Eurotherm España SA
T (+34 91) 6616001
F (+34 91) 6619093
E info.es@eurotherm.com

ÉTATS-UNIS Leesburg VA
Eurotherm Inc.
T (+1 703) 443 0000
F (+1 703) 669 1300
E info.us@eurotherm.com
www.eurotherm.com

FINLANDE Abo
Eurotherm Finland
T (+358) 22506030
F (+358) 22503201
E info.fi@eurotherm.com

FRANCE Lyon
Eurotherm Automation SAS
T (+33 478) 664500
F (+33 478) 352490
E info.fr@eurotherm.com

HONG-KONG ET CHINE
Eurotherm Limited North Point
T (+85 2) 28733826
F (+85 2) 28700148
E info.hk@eurotherm.com

Bureau de Guangzhou
T (+86 20) 8755 5099
F (+86 20) 8755 5831
E info.cn@eurotherm.com

Bureau de Beijing
T (+86 10) 6567 8506
F (+86 10) 6567 8509
E info.cn@eurotherm.com

Bureau de Shanghai
T (+86 21) 6145 1188
F (+86 21) 6145 1187
E info.cn@eurotherm.com

INDE Chennai
Eurotherm India Limited
T (+91 44) 24961129
F (+91 44) 24961831
E info.in@eurotherm.com

IRLANDE Dublin
Eurotherm Ireland Limited
T (+353 1) 4691800
F (+353 1) 4691300
E info.ie@eurotherm.com

ITALIE Como
Eurotherm S.r.l.
T (+39 031) 975111
F (+39 031) 977512
E info.it@eurotherm.com

NORVÈGE Oslo
Eurotherm A/S
T (+47 67) 592170
F (+47 67) 118301
E info.no@eurotherm.com

PAYS-BAS Alphen a/d Rijn
Eurotherm B.V.
T (+31 172) 411752
F (+31 172) 417260
E info.nl@eurotherm.com

POLOGNE Katowice
Invensys Eurotherm Sp z o.o.
T (+48 32) 2185100
F (+48 32) 2177171
E info.pl@eurotherm.com

ROYAUME-UNI Worthing
Eurotherm Limited
T (+44 1903) 268500
F (+44 1903) 265982
E info.uk@eurotherm.com
www.eurotherm.co.uk

SUÈDE Malmo
Eurotherm AB
T (+46 40) 384500
F (+46 40) 384545
E info.se@eurotherm.com

SUISSE Wollerau
Eurotherm Produkte (Schweiz) AG
T (+41 44) 7871040
F (+41 44) 7871044
E info.ch@eurotherm.com

La société Eurotherm est également représentée dans les pays suivants :

Afrique du Sud
Algérie
Arabie saoudite
Azerbaïdjan
Bahreïn
Bangladesh
Béniïn
Bosnie Herzégovine
Bulgarie
Burkina Faso
Cameroun
Canada
Côte d'Ivoire
Egypte
Emirats-arabes-unis
Géorgie
Grèce
Guinée-Conakry
Hongrie
Indonésie
Iran
Irak
Israël
Japon
Jordanie
Kazakhstan
Kenya
Koweït

Lettonie
Lituanie
Malaisie
Mali
Mexique
Nouvelle-Zélande
Niger
Nigeria
Oman
Ouzbékistan
Pakistan
Philippines
Porto Rico
Qatar
République tchèque
Roumanie
Russie
Serbie et Monténégro
Singapour
Slovaquie
Slovenie
Sri Lanka
Thaïlande
Togo
Tunisie
Turquie
Turkménistan
Ukraine

ED55

© Copyright Eurotherm Limited 2008

Tous droits strictement réservés. Toute reproduction même partielle de ce document, ainsi que toute modification, transmission sous quelque forme ou moyen que ce soit, ou enregistrement dans un système de recherche, à d'autres fins que de faciliter le fonctionnement de l'équipement auquel le présent document se rapporte, sans l'autorisation préalable écrite d'Eurotherm Limited, sont formellement interdits.

Eurotherm Automation SAS pratique une politique de développement et de perfectionnement permanents de ses produits. Les spécifications figurant dans le présent document peuvent par conséquent être modifiées sans préavis. Les informations contenues dans le présent document sont fournies en toute bonne foi, mais à titre informatif uniquement.

Eurotherm Automation SAS décline toute responsabilité quant aux pertes éventuelles consécutives à des erreurs commises dans le présent document.