

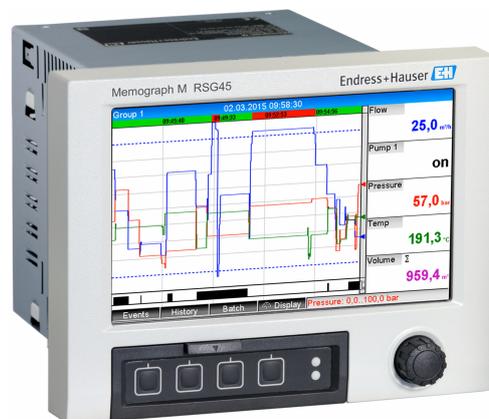
Manuel de mise en service

Memograph M, RSG45

Enregistreur graphique évolué

Instructions complémentaires pour l'option Énergie

Calcul de la masse et de l'énergie dans les applications sur
eau et vapeur



Sommaire

1	Description générale de la fonction	4
1.1	Historique du firmware	4
2	Description des applications	5
2.1	Applications sur eau	5
2.1.1	Quantité de chaleur de l'eau	5
2.1.2	Différence de chaleur de l'eau	5
2.2	Applications sur eau/glycol	6
2.2.1	Différence de chaleur eau/glycol	6
2.3	Applications sur vapeur	8
2.3.1	Quantité de chaleur de la vapeur	8
2.3.2	Différence de chaleur de la vapeur	8
3	Configuration de l'application	10
3.1	Directives générales de programmation	10
3.2	Sélection des unités	10
3.3	Exemples de mesure de l'énergie de l'eau et de la vapeur	11
3.3.1	Exemple de la différence de chaleur de l'eau	11
3.3.2	Exemple pour la quantité de chaleur / masse de la vapeur	13
3.3.3	Calcul du débit à pres. diff. (mesure de débit selon la méthode de la pression différentielle)	15
3.4	Équilibrage (liaison des applications)	18
3.4.1	Généralités	18
3.4.2	Surveillance de chaudières à vapeur ..	18
3.4.3	Ensembles de solutions supplémentaires pour des applications spécifiques au client	20
3.5	Mode défaut	21
4	Caractéristiques techniques	21

1 Description générale de la fonction

AVIS

Ce manuel contient une description supplémentaire pour une option logicielle spéciale.

Ce manuel supplémentaire ne remplace pas le manuel de mise en service relatif à l'appareil !

- ▶ Pour les informations détaillées, consulter le manuel de mise en service et la documentation complémentaire.

Disponible pour toutes les versions d'appareil via :

- Internet : www.fr.endress.com/deviceviewer
- Smartphone / tablette : Endress+Hauser Operations App

Le pack énergie offre 4 options pour le calcul des applications sur eau et vapeur à l'aide des variables d'entrée débit, pression, température (ou différence de température) :

- Calcul de l'énergie
- Calcul de la masse
- Calcul de la densité
- Calcul de l'enthalpie

De plus, les calculs d'énergie sont également possibles à l'aide de fluides frigorigènes à base de glycol. En outre, la densité des produits enregistrés dans l'appareil peut être calculée dans des conditions de process.

Il est également possible de calculer la masse en mesurant le débit par la méthode de la pression différentielle (calcul du débit à pres. diff.) pour l'eau, la vapeur, les liquides et les gaz.

En équilibrant les résultats les uns par rapport aux autres ou en liant les résultats à d'autres grandeurs d'entrée (p. ex. flux de gaz, énergie électrique), les utilisateurs peuvent calculer des bilans globaux, des niveaux de rendement, etc. Ces valeurs sont des indicateurs importants pour la qualité du process et constituent la base pour l'optimisation des process, la maintenance, etc.

La norme internationale IAPWS-IF 97 est utilisée pour calculer les variables d'état thermodynamiques de l'eau et de la vapeur.

1.1 Historique du firmware

Aperçu de l'historique du logiciel de l'appareil :

Software appareil Version / date	Révisions du software	Version logiciel d'exploitation FDM	Version serveur OPC	Manuel de mise en service
V02.00.00 / 08.2015	Software d'origine	V01.03.00.00 et plus	V5.00.03.00 et plus	BA01412R/09/FR /01.15
V2.04.06 / 10.2022	Corrections de bogues	V1.06.03	V5.00.07.00	BA01412R/09/EN /02.22-00

2 Description des applications

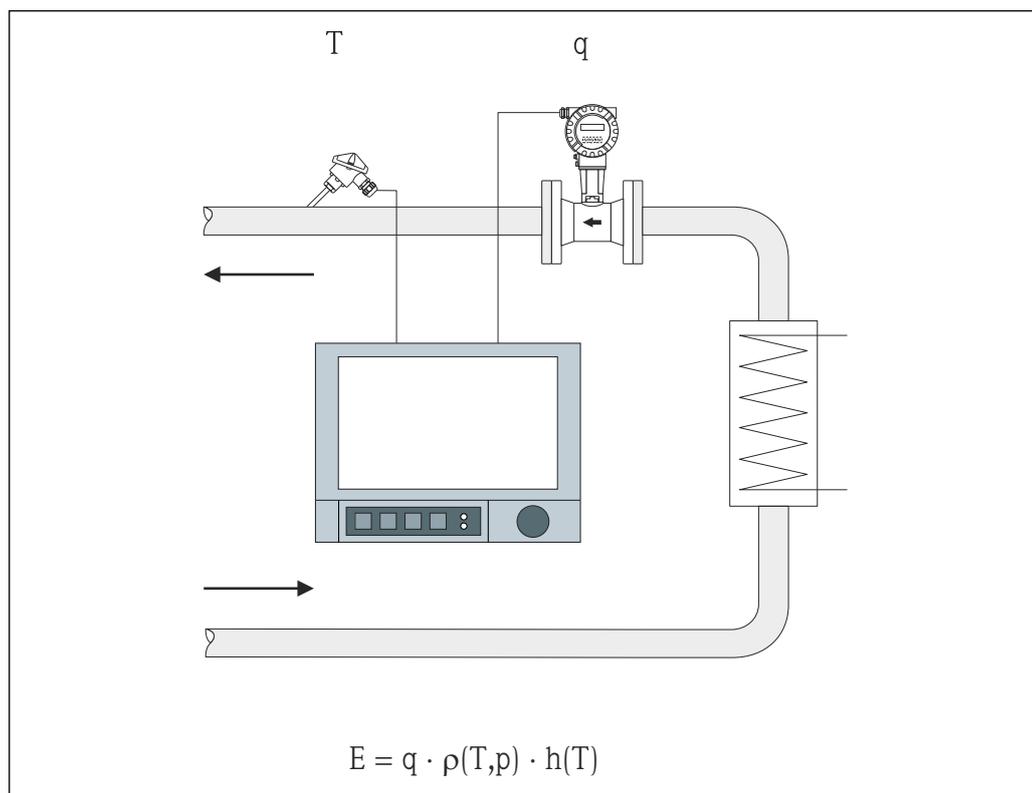
2.1 Applications sur eau

2.1.1 Quantité de chaleur de l'eau

Calcul de la quantité de chaleur dans un flux d'eau. Exemple : Détermination de la chaleur résiduelle dans la conduite de retour d'un échangeur thermique.

Variables d'entrée : volume de fonctionnement et température

La pression moyenne est calculée automatiquement sur la base de la température mesurée.



A0009703

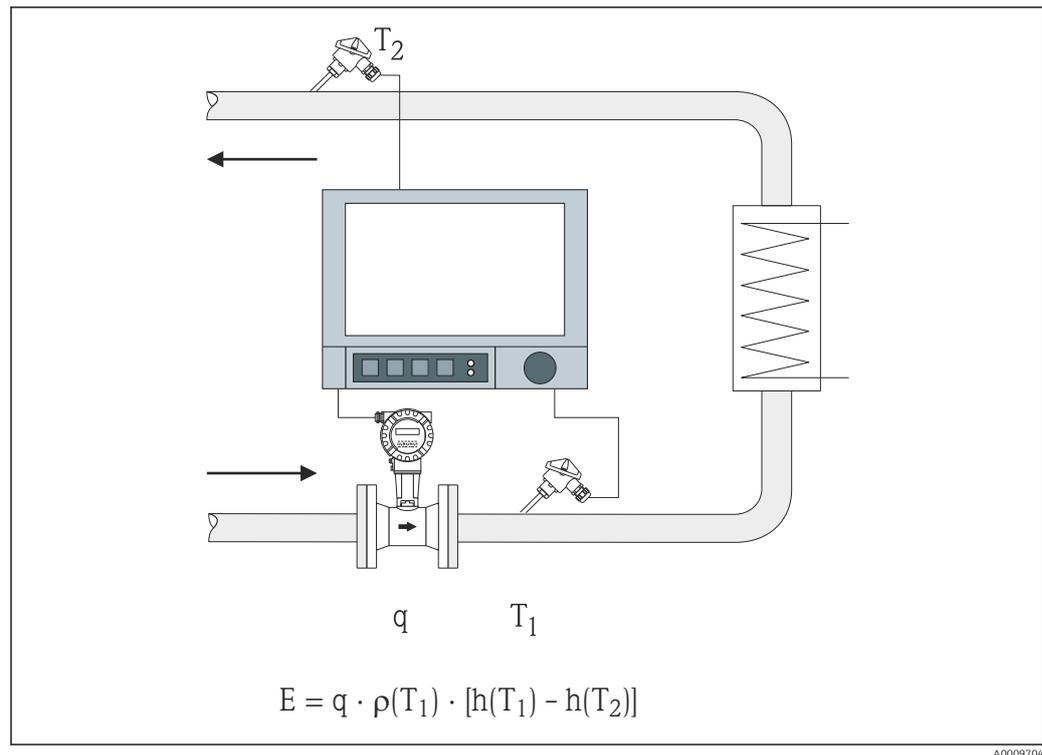
E	Quantité de chaleur
q	Volume de fonctionnement
ρ	Densité
T	Température de service
h	Enthalpie spécifique de l'eau (par rapport à 0 °C)

2.1.2 Différence de chaleur de l'eau

Calcul de la quantité de chaleur dégagée ou absorbée par un flux d'eau dans un échangeur thermique. Application typique pour la mesure de l'énergie dans les circuits de chauffage ou de refroidissement.

Variables d'entrée : mesure du volume de fonctionnement et de la température directement en amont et en aval d'un échangeur thermique (dans la conduite d'alimentation ou la conduite de retour).

Le capteur de débit peut être installé sur le côté chaud ou froid.



- E Quantité de chaleur
- q Volume de fonctionnement
- ρ Densité
- T1 T chaud
- T2 T froid
- h (T₁) Enthalpie spécifique de l'eau à la température 1
- h (T₂) Enthalpie spécifique de l'eau à la température 2

i Pour les autres caloporteurs, comme l'huile thermique, la quantité de chaleur est calculée à l'aide de polynômes pour la densité et la capacité thermique. L'éditeur de formules des voies mathématiques est utilisé pour entrer les polynômes. Des polynômes pour des liquides spécifiques au client peuvent être générés sur demande (moyennant des frais).

2.2 Applications sur eau/glycol

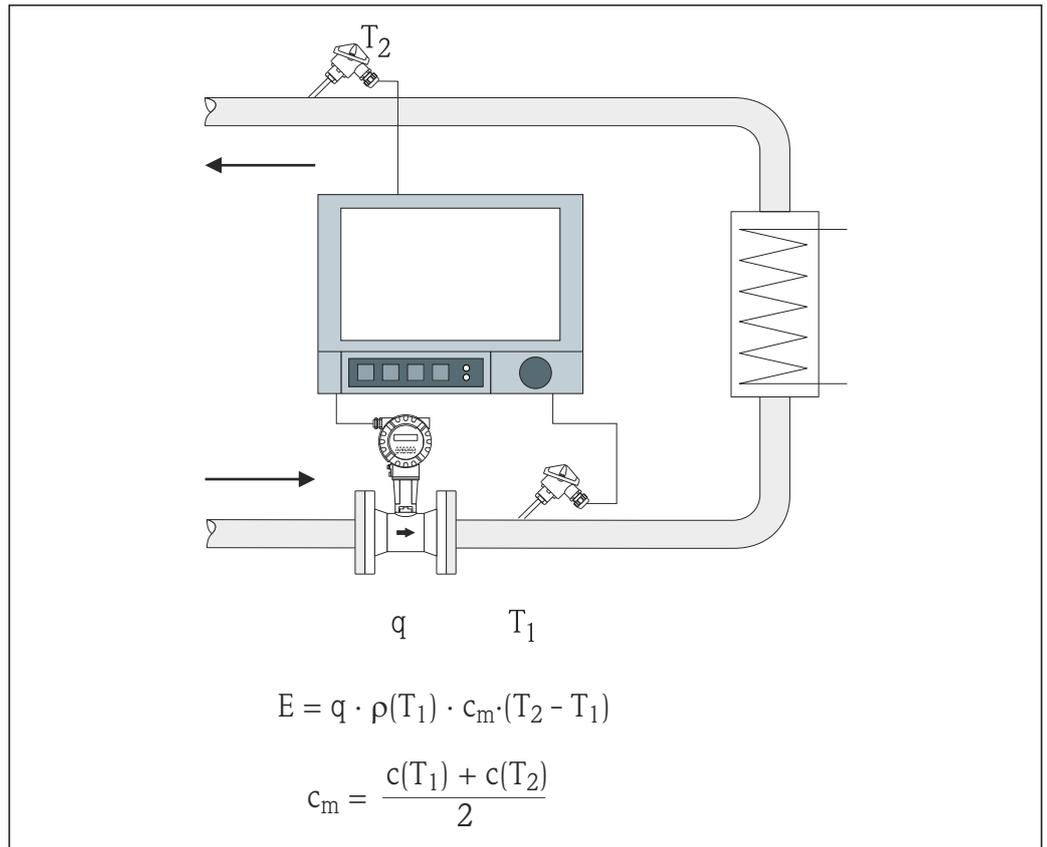
2.2.1 Différence de chaleur eau/glycol

Calcul de la quantité de chaleur dégagée ou absorbée par un fluide frigorigène (mélange eau/glycol) dans un échangeur thermique. Application typique pour la mesure de l'énergie dans les circuits de chauffage ou de refroidissement.

Variables d'entrée : mesure du volume de fonctionnement et de la température directement en amont et en aval d'un échangeur thermique (dans la conduite d'alimentation ou la conduite de retour).

La densité et la conductivité thermique du fluide frigorigène sont calculées sur la base du rapport de mélange (concentration).

Le capteur de débit peut être installé sur le côté chaud ou froid.



A0009705

E Quantité de chaleur

q Volume de fonctionnement

ρ Densité

T1 T chaud

T2 T froid

c (T₁) Capacité thermique spécifique à la température 1

c (T₂) Capacité thermique spécifique à la température 2

c_m Capacité thermique spécifique moyenne

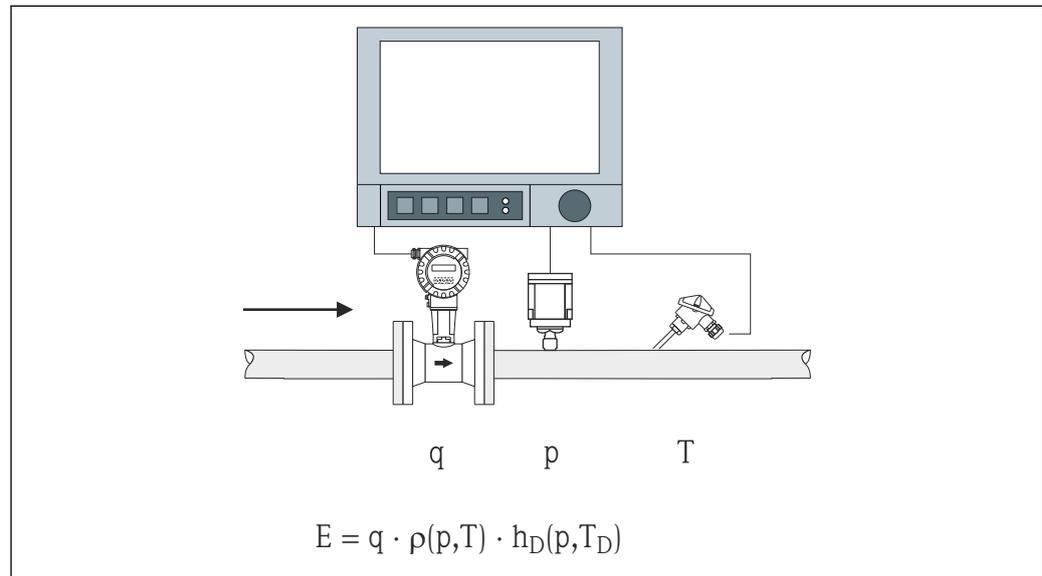
i Pour les autres fluides frigorigènes, des polynômes spécifiques pour le calcul de la quantité de chaleur peuvent être générés sur demande (moyennant des frais).

2.3 Applications sur vapeur

2.3.1 Quantité de chaleur de la vapeur

Calcul du débit massique (flux massique) et de la quantité de chaleur qu'il contient à la sortie d'une chaudière ou pour des consommateurs individuels.

Variables d'entrée : débit volumique de fonctionnement, température et/ou pression



A0009709

E	Quantité de chaleur
q	Volume de fonctionnement
ρ	Densité
T_D	Température de la vapeur
p	Pression (vapeur)
h_D	Enthalpie spécifique de la vapeur

Pour une mesure simplifiée de la vapeur saturée, il n'est pas nécessaire de mesurer la pression ou la température. La variable manquante est déterminée au moyen de la courbe de la vapeur saturée enregistrée dans le système.

Lors de la mesure de la pression et de la température, l'état de la vapeur est déterminé avec précision et surveillé. Une alarme de vapeur humide est émise lorsque la température de la vapeur saturée = la température du condensat (voir → 21)

2.3.2 Différence de chaleur de la vapeur

Calcul de la quantité de chaleur dissipée lors de la condensation de la vapeur dans un échangeur thermique.

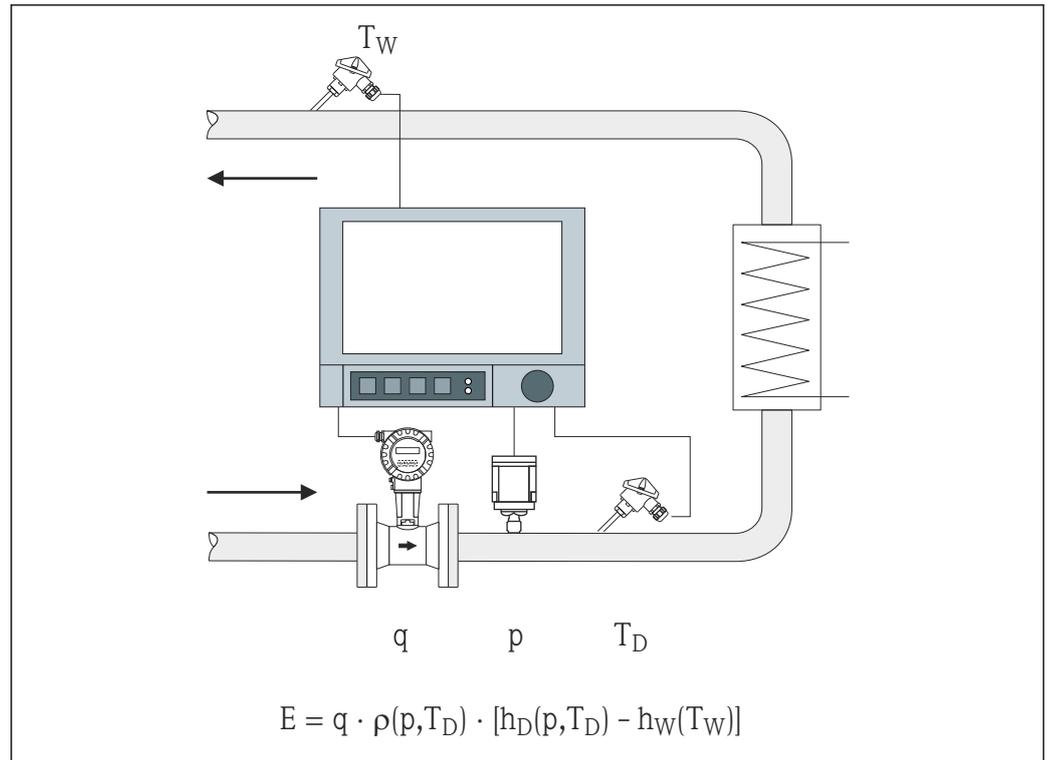
En alternative, calcul de la quantité de chaleur (énergie) utilisée pour produire de la vapeur.

Variables d'entrée : mesure de la pression et des températures directement en amont et en aval d'un échangeur thermique (ou générateur de vapeur).

Le capteur de débit peut être intégré soit dans la conduite de vapeur, soit dans la conduite d'eau (condensat ou eau d'alimentation).

Si la mesure du débit est nécessaire à la fois dans la conduite de vapeur et dans la conduite d'eau (p. ex. en raison de la consommation ou de la perte de vapeur), deux applications doivent être mises en place, à savoir la quantité de chaleur de la vapeur et la quantité de

chaleur de l'eau. Les quantités de masse et d'énergie peuvent ensuite être équilibrées dans une voie mathématique à l'aide de l'éditeur de formules (voir → 18).



A0009710

E	Quantité de chaleur
q	Volume de fonctionnement
ρ	Densité
T _D	Température de la vapeur
T _W	Température de l'eau (condensat)
p	Pression (vapeur)
h _D	Enthalpie spécifique de la vapeur
h _W	Enthalpie spécifique de l'eau

3 Configuration de l'application

3.1 Directives générales de programmation

Configuration des entrées débit, pression et température.

Les entrées standard sont utilisées à cette fin. De préférence, les unités pour la mise à l'échelle des gammes de mesure doivent être prélevées dans le tableau ci-dessous (voir → 10). Sinon, des coefficients de conversion doivent être définis lors de la définition de l'application (voir → 10).

1. Ouvrir la voie mathématique.
2. Activer la fonction de calcul de l'énergie ou de la masse et sélectionner l'application.
3. Affecter les entrées et définir les unités.
4. Sélectionner les unités pour les totalisateurs dans le menu **Intégration**.
5. Pour les applications sur vapeur, configurer le mode par défaut en cas d'alarme vapeur humide, le cas échéant.
6. Configurer l'affichage, c'est-à-dire regrouper les valeurs à afficher et sélectionner le mode d'affichage.

3.2 Sélection des unités

Les unités pour les entrées et l'application sont sélectionnées dans le cadre de la configuration de l'application (dans la voie mathématique). Veiller à ce que les unités sélectionnées ici sont identiques aux unités qui ont été utilisées pour mettre à l'échelle les entrées.

Si l'on préfère d'autres unités pour configurer les entrées, il faut sélectionner une voie mathématique où l'unité doit être convertie en une unité indiquée dans le tableau. Cette voie mathématique est ensuite utilisée comme entrée débit dans une autre voie mathématique pour calculer l'énergie ou la masse.

Débit	m ³ /h	ft ³ /h	gal/h	ft ³ /min	GPM	l/h			
Pression	bar(a) (g)	Psi(a) (g)	MPa(a) (g)	inH ₂ O(a) (g)					
Densité	kg/m ³	lb/ft ³							
Température	°C	K	°F						
Quantité de chaleur	kW	MW	kBTU/h	MBTU/h	ton	kBTU/min	therm/min	therm/h	GJ/h
Énergie calorifique	KWh	MWh	MJ	MBTU	tonh	kBTU	therm	GJ	
Débit massique	kg/h	t/h	lbs/h	ton/h					
Somme des masses	kg	t	lbs	ton					
Enthalpie	kJ/kg	Btu/lbs							

gal = gallons liquide : 1 ft³ = 7.48051948 gal

tonne (masse) = tonne (courte) US : 1 tonne = 907.184 74 kg

tonne (puissance) = tonne frigorifique : 1 tonne = 3.516 852 84 kW

BTU = Tableau International [Vapeur] (IT) : 1 Btu = 1055.056 kJ

therm = therm US (basé sur BTU59 °F) : 1 therm = 105 480.4 kJ

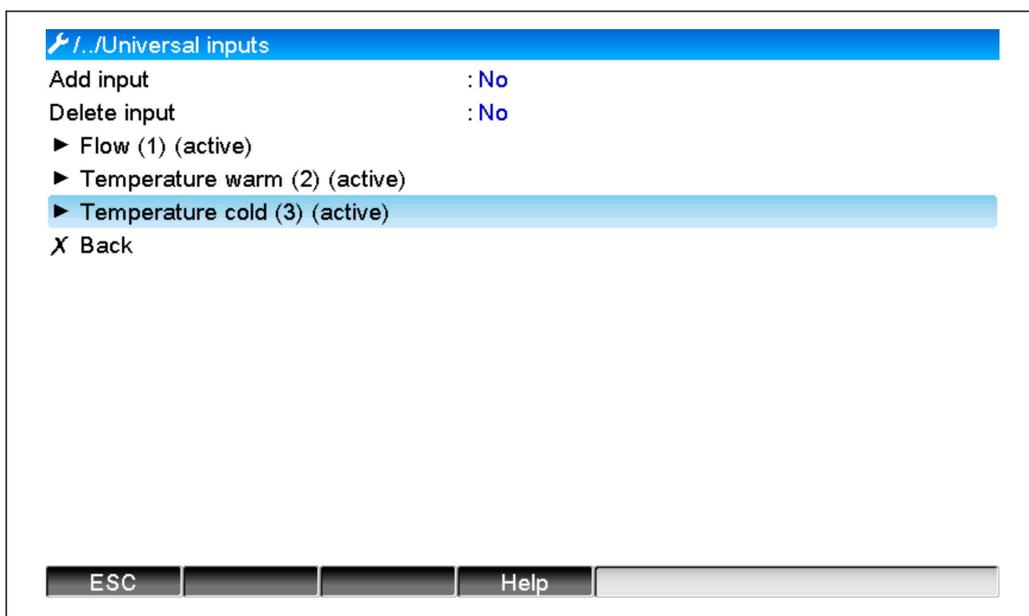
GPM = gallons par minute

3.3 Exemples de mesure de l'énergie de l'eau et de la vapeur

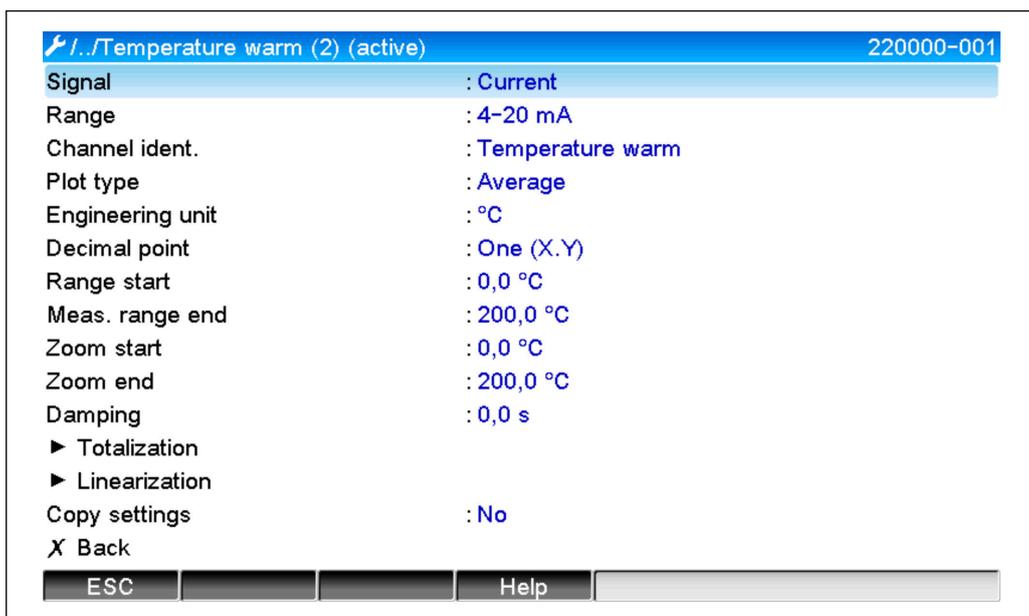
3.3.1 Exemple de la différence de chaleur de l'eau

Configuration des entrées débit, pression et température

1. Sélectionner le signal.
2. Entrer le nom pour l'identificateur de voie.
3. Définir l'unité (voir tableau → 10).
4. Définir la gamme de mesure.



A0050924

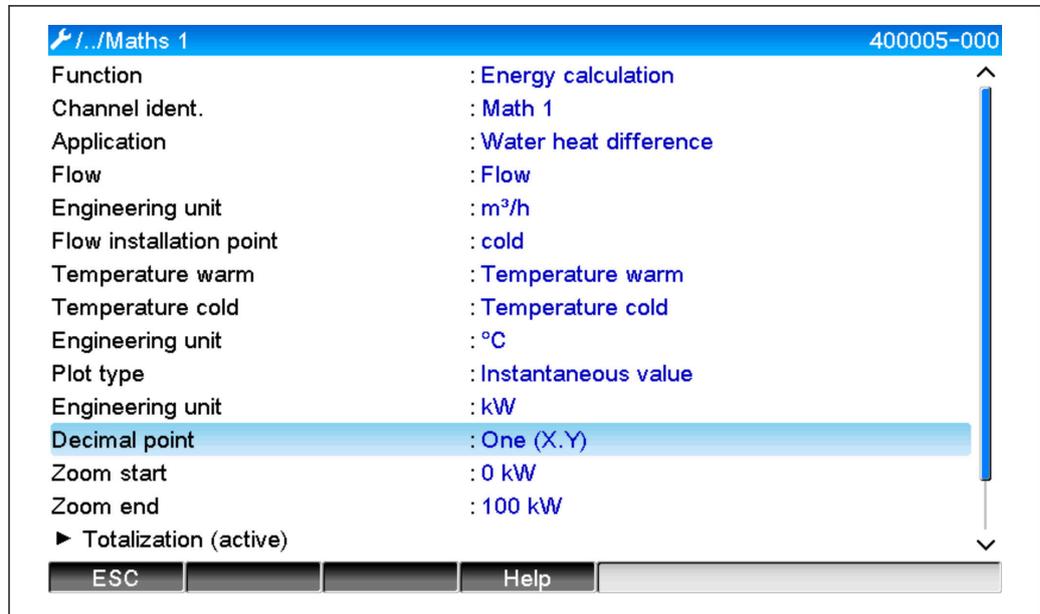


A0050925

Configuration du calcul de l'énergie

1. Ouvrir la voie mathématique.

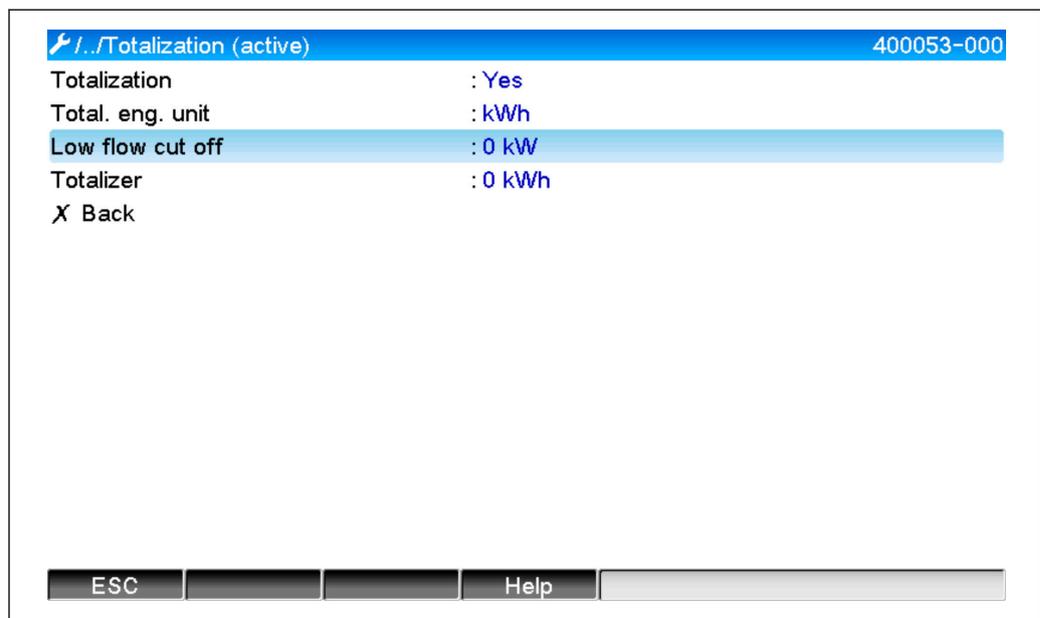
2. Sélectionner le calcul de l'énergie.
3. Affecter les capteurs et les unités.
4. Spécifier l'emplacement de montage du capteur de débit.
5. Définir la plage de zoom.



A0050926

Sélection de l'unité pour les totalisateurs

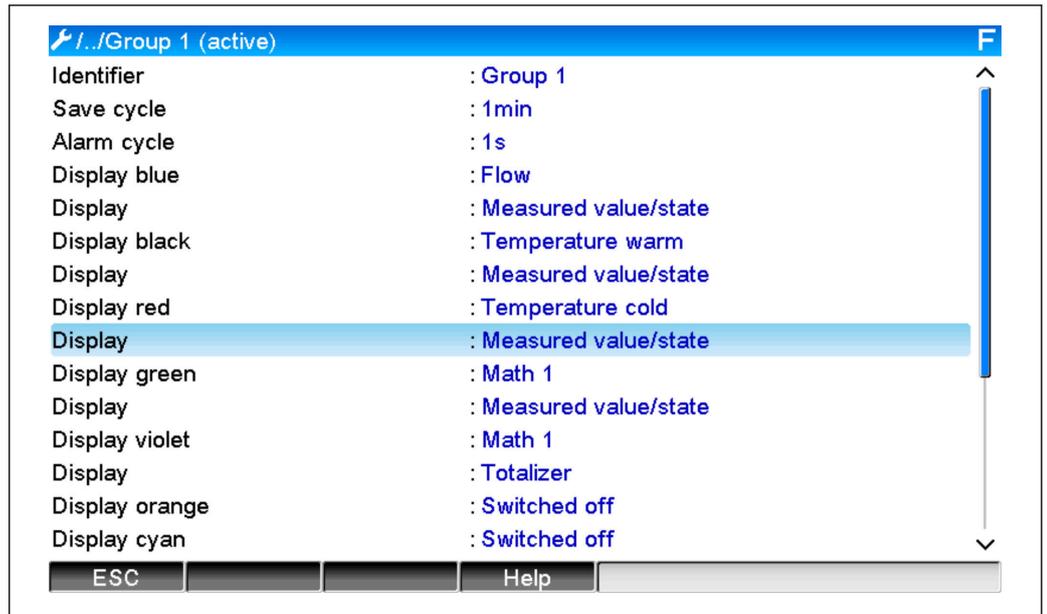
1. Activer l'intégration.
2. Sélectionner l'unité et définir la valeur de seuil (débit de fuite) si nécessaire (les valeurs qui sont inférieures à la valeur de seuil ne sont pas intégrées).



A0050928

Configuration de l'afficheur

- Sélectionner les valeurs et le format pour l'affichage.

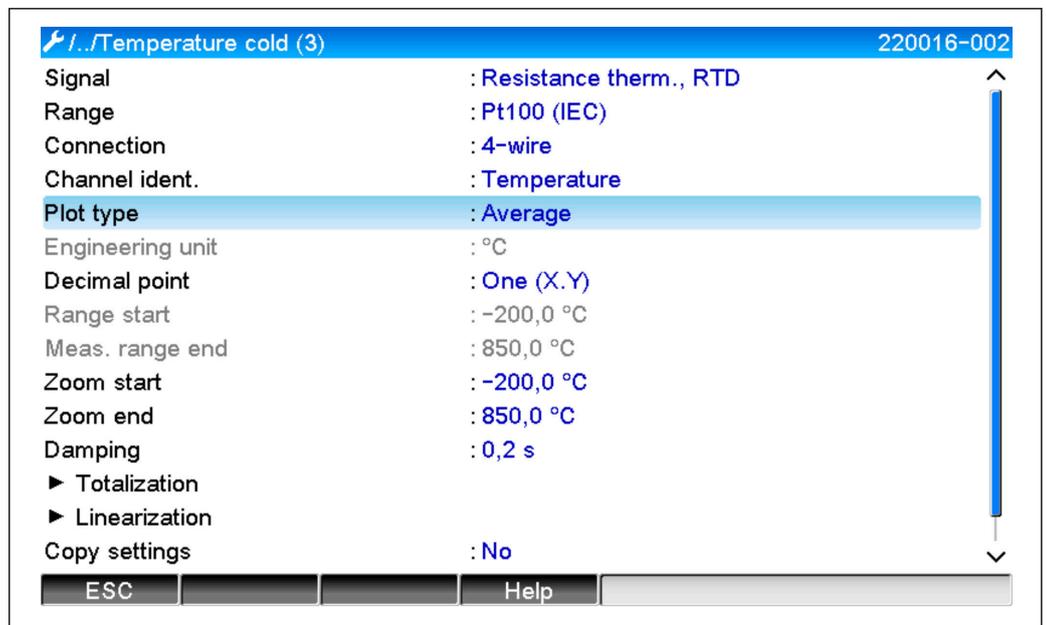


A0050927

3.3.2 Exemple pour la quantité de chaleur / masse de la vapeur

Configuration des entrées débit, pression et température

1. Sélectionner le signal.
2. Entrer le nom pour l'identificateur de voie.
3. Définir l'unité (voir tableau → 10).
4. Définir la gamme de mesure.



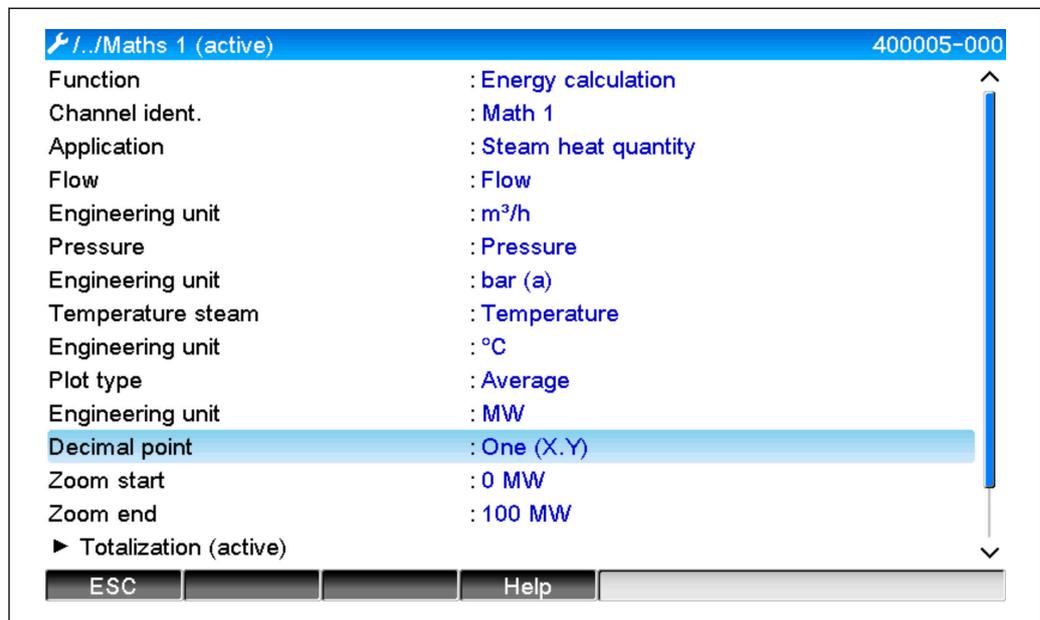
A0050929

Configuration du calcul de l'énergie

1. Ouvrir la voie mathématique.
2. Sélectionner le calcul de l'énergie ou de la masse.

3. Affecter les capteurs et les unités.

- ↳ Si l'on souhaite calculer et afficher l'énergie et la masse, copier les paramètres sur la voie mathématique 2 et sélectionner "Calcul de la masse".

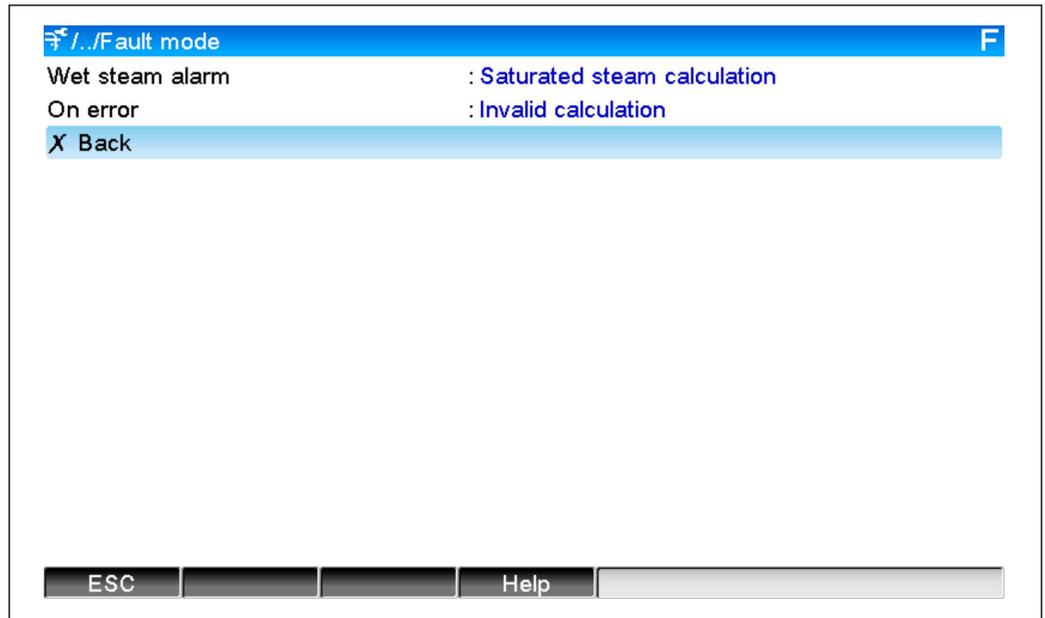


Sélection de l'unité pour les totalisateurs

1. Activer l'intégration.
2. Sélectionner l'unité et définir la valeur de seuil (débit de fuite) si nécessaire (voir l'exemple → 13, n° 2.2)

Configuration du comportement en cas d'alarme de vapeur humide (uniquement possible si des entrées pression et température sont utilisées)

1. Activer la configuration/Expert de l'appareil.
2. Régler le mode par défaut **Alar. vap.hum.** (arrêt du compteur en cas d'alarme de vapeur humide ou poursuite du calcul avec des conditions de vapeur saturée et poursuite de l'intégration, c.-à-d. les compteurs continuent à fonctionner normalement. Configurer si l'alarme vapeur humide doit être signalée par un relais).



A0050931

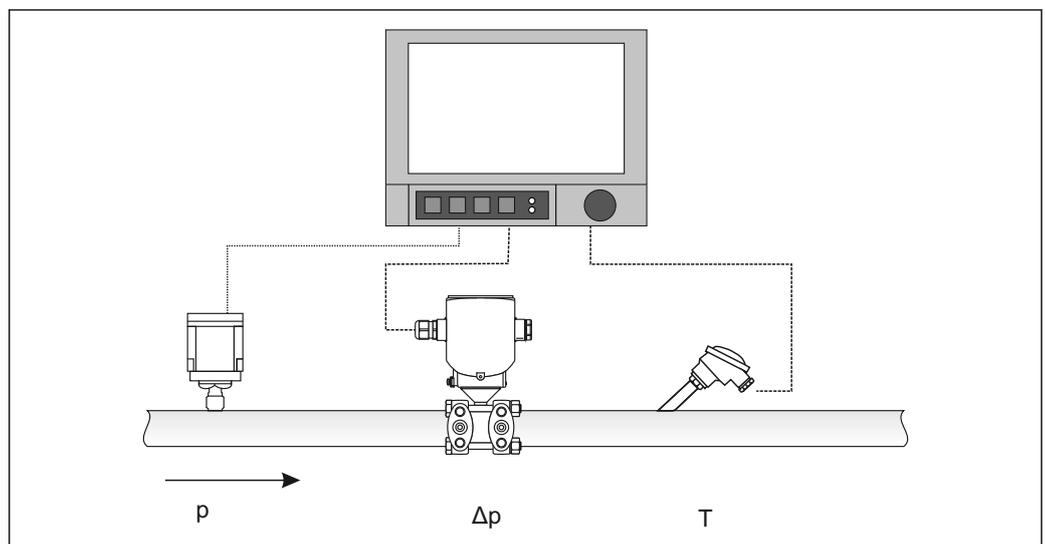
Configurer l'affichage.

- Sélectionner les valeurs et le mode pour l'affichage (élément de menu : groupes de signaux (voir l'exemple → 13, n° 3))

3.3.3 Calcul du débit à pres. diff. (mesure de débit selon la méthode de la pression différentielle)

Informations générales

L'appareil calcule le débit selon la méthode de la pression différentielle conformément à la norme ISO5167. Contrairement à la méthode de la pression différentielle traditionnelle, qui ne délivre des résultats précis que dans les conditions nominales, l'appareil calcule les coefficients de l'équation de débit (coefficient de débit, facteur de vitesse d'approche, coefficient d'expansion, densité, etc.) de façon itérative sur une base continue. On garantit ainsi que le débit est calculé avec exactitude même en cas de fluctuation des conditions de process et totalement indépendamment des conditions de calcul (température et pression au point de calcul).



A0050949

Équation générale ISO 5167 pour les plaques à orifice, les piquages et le tube Venturi :

$$Q_m = f \cdot c \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \cdot \varepsilon \cdot d^2 \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot \rho}$$

Sonde de Pitot :

$$Q_m = k \cdot d^2 \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p \cdot \rho}$$

Gilflo, V-Cone (autres débitmètres à pres. diff.) :

$$Q_m = Q_m(A) \cdot \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}}$$

Q _m	Débit massique (compensé)
k	Facteur de blocage
ρ	Densité dans les conditions de référence
Δp	Pression différentielle
Q _M (A)	Débit massique dans les conditions nominales
ρ _A	Densité dans les conditions nominales
ρ _B	Densité dans les conditions de process

Paramétrage de la mesure de pression différentielle

Configuration d'une entrée universelle pour le transmetteur de pression différentielle :

1. Sélectionner le signal (4-20 mA).
2. Entrer l'identificateur de voie.
3. Entrer l'unité (mbar).
4. Entrer la gamme de mesure du transmetteur de pression différentielle.

/././Universal input 4 F

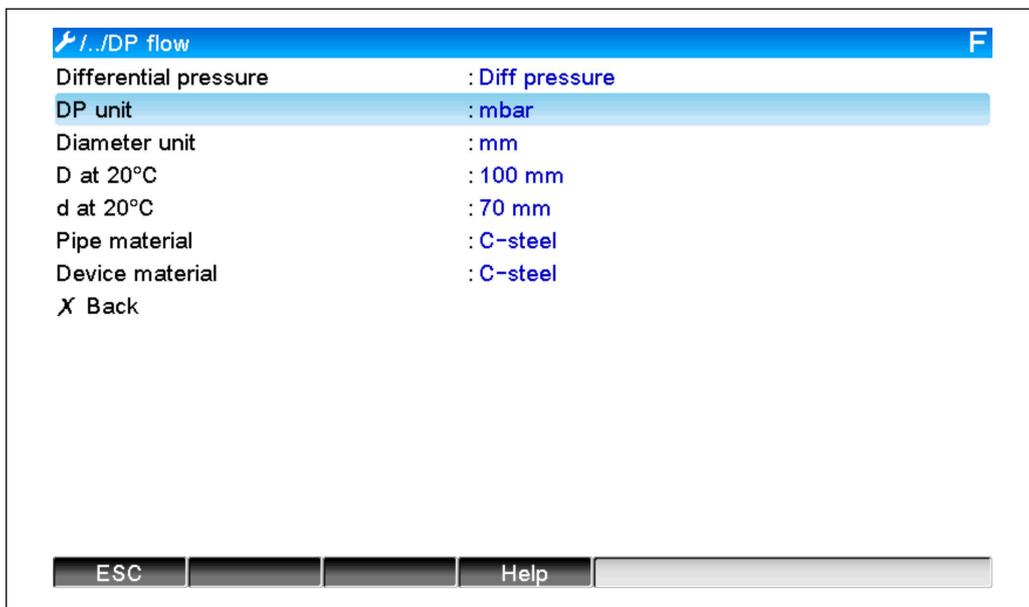
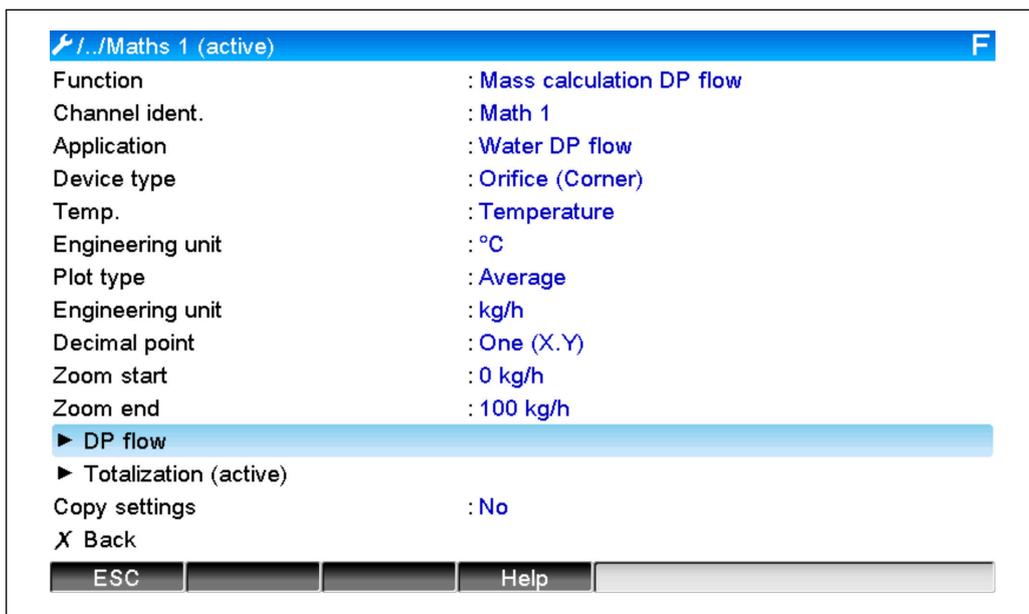
Signal	: Current
Range	: 4-20 mA
Channel ident.	: Diff pressure
Plot type	: Average
Engineering unit	: mbar
Decimal point	: One (X.Y)
Range start	: 0,0 mbar
Meas. range end	: 100,0 mbar
Zoom start	: 0,0 mbar
Zoom end	: 100,0 mbar
Damping	: 0,0 s
▶ Totalization	
▶ Linearization	
Copy settings	: No
X Back	

ESC
Help

A0050952

Les réglages restants sont configurés dans la voie mathématique et dans le sous-menu Débit à pres. diff. :

1. Sélectionner l'application (eau, vapeur, liquides, gaz).
2. Sélectionner la construction et le matériau du transmetteur de pression différentielle, p. ex. diaphragme, piquage.
3. Entrer le diamètre intérieur "D" de la conduite à 20 °C (68 °F).
4. Entrer le diamètre "d" du transmetteur de pression différentielle (ou le facteur K pour les sondes de Pitot) à 20 °C (68 °F).



Densité dans les conditions de process : la densité doit être déterminée dans les conditions de process pour les liquides autres que l'eau et le glycol, ainsi que pour les gaz. La densité peut être soit calculée dans une voie mathématique, soit déterminée de manière externe et

transmise à l'appareil. La formule générale pour déterminer la densité de gaz est la suivante :

$$\rho(b) = \rho(n) \cdot \frac{p}{pn} \cdot \frac{Tn}{T}$$

$\rho(b)$	Densité dans les conditions de process
$\rho(n)$	Densité dans des conditions normales
p	Pression de process en bar
p(n)	Pression dans des conditions normales en bar (p. ex. 1.013 bar)
T(n)	Température en Kelvin dans des conditions normales (p. ex. 273 Kelvin)
T	Température de process en Kelvin (c.-à-d. température en °C +273.15)

Pour les liquides, les données de densité peuvent être entrées sous forme tabulaire sous "Expert/Application/Mathématique/Math x/Linéarisation". La voie mathématique est ensuite affectée dans le champ "Densité".

3.4 Équilibrage (liaison des applications)

3.4.1 Généralités

Pour équilibrer des quantités de masse ou d'énergie entre elles ou pour calculer des valeurs caractéristiques, on peut utiliser n'importe quelle voie mathématique.

Exemple : Équilibrage d'une installation de vapeur

- La quantité de chaleur de la vapeur générée est calculée dans la voie mathématique 1.
- La voie mathématique 2 est utilisée pour calculer l'énergie résiduelle dans le flux de condensat (quantité de chaleur de l'eau)

Variable recherchée :

L'énergie qui s'est dégagée entre la conduite d'alimentation en vapeur et la conduite de retour du condensat.

Solution :

1. Ouvrir la voie mathématique 3.
2. Sélectionner l'éditeur de formules.
3. Soustraire les flux d'énergie (valeurs actuelles) les uns des autres et les totaliser (intégration).

↳ Il est également possible de soustraire directement les compteurs.

Formule : MI(3;1)-MI(3;2)

3.4.2 Surveillance de chaudières à vapeur

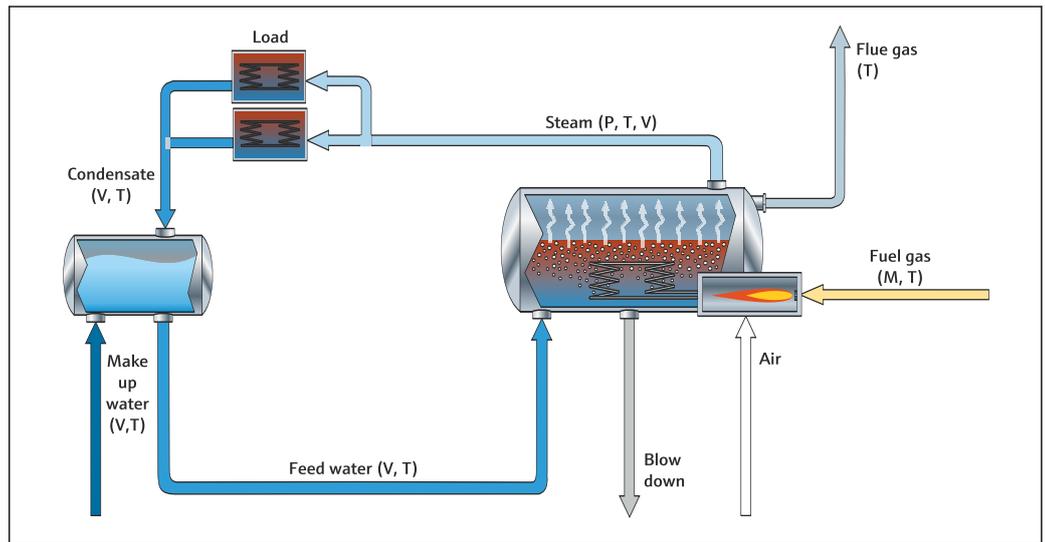
La surveillance d'une chaudière à vapeur permet de garantir la sécurité de l'installation et d'optimiser les process, et donc de réaliser des économies.

Variables mesurées pour le contrôle de la sécurité des installations :

- Niveau
- Pression de chaudière
- Température de chaudière

Variables mesurées et valeurs caractéristiques pour l'optimisation du process :

- Énergie du flux de vapeur
- Énergie du flux de condensat
- Énergie de l'eau d'alimentation ou de l'eau fraîche
- Énergie de purge de la chaudière
- Énergie du combustible (p. ex. gaz naturel, fioul domestique)
- Énergie, teneur en oxygène et température du flux de gaz de combustion
- Débit massique de l'air de combustion (avec teneur en O_2 et température)
- Analyse chimique : pH, oxygène dissous, conductivité



A0050956

Exemple : Calcul de l'efficacité de la chaudière

- Voie mathématique 1 (M1) : quantité de chaleur de la vapeur (intégration : compteur)
- Voie mathématique 2 (M2) : quantité de chaleur du combustible (intégration : compteur)
- Voie mathématique 3 (M3) : efficacité du combustible en vapeur (en %)
- Voie mathématique 4 (M4) : rapport entre combustible et vapeur

Configuration de la voie mathématique 3 :

I..Effizienz (3) (active) 400002-002	
Function	: Formula editor
Channel ident.	: Efficiency
Formula	: $MI(3;1)/MI(3;2)*100$
The result is	: Efficiency
Engineering unit	: %
Decimal point	: One (X.Y)
Copy settings	: No
X Back	

ESC Help

A0050957

i Les valeurs de compteur des voies mathématiques 1 et 2 doivent être utilisées pour calculer l'efficacité. "Efficacité" doit être sélectionné pour le paramètre "Le résultat est". Avec ce réglage, les valeurs de compteur de l'analyse du signal sont automatiquement utilisées pour le calcul de l'efficacité et l'on obtient 4 valeurs d'efficacité (p. ex. 15 min, jour, mois, année) à afficher et à enregistrer.

Des appareils pré-réglés selon les besoins du client peuvent être commandés pour les applications sur vapeur suivantes :

- Efficacité standard des chaudières à vapeur (calcul direct de l'efficacité)
- Efficacité des chaudières à vapeur, y compris l'évaluation des pertes individuelles (pertes à la cheminée, purge, émissions rayonnées)
- Équilibrage de la distribution de vapeur, y compris la mesure des fuites
- Mesure de la consommation de vapeur, y compris la détermination du besoin spécifique en vapeur par unité de production.

3.4.3 Ensembles de solutions supplémentaires pour des applications spécifiques au client

En plus des ensembles de solutions pour la vapeur, des appareils pré-réglés peuvent être commandés pour des applications supplémentaires spécifiques au client :

Systeme de refroidissement :

- Calcul du COP pour le système, l'installation et l'unité de refroidissement
- Équilibrage de la distribution du système de refroidissement
- Calcul de l'utilisation spécifique du système de refroidissement (par unité de production)

Systeme d'air comprimé :

- Mesure de la performance spécifique du compresseur (kWh/Nm³)
- Mesure des fuites
- Surveillance des filtres
- Calcul de la consommation spécifique d'air comprimé

Systeme de chauffage :

- Efficacité d'une chaudière à eau chaude
- Équilibrage de la distribution de chaleur
- Calcul de la consommation de chaleur spécifique (par unité de production)

Eaux usées :

- Consommation d'énergie spécifique en fonction de la charge des eaux usées
- Performances spécifiques de l'aérateur
- Performances spécifiques de la pompe
- Production spécifique de gaz de digestion

3.5 Mode défaut

Le mode défaut ne peut être configuré qu'en mode expert.

Les réglages du mode défaut des entrées sont décrits dans la section 6.4 du manuel de mise en service de l'enregistreur graphique évolué.

En cas d'erreur, le calcul de l'énergie et de la masse est poursuivi à l'aide d'une valeur de remplacement, ou le calcul est invalidé.

Pour les applications sur vapeur, une fois que la température du condensat (alarme vapeur humide) est atteinte, la condition de vapeur saturée est calculée en fonction de T, et le flux de chaleur (performance) est calculé. Le comportement des compteurs peut être défini dans l'élément de menu Mode défaut/Alar. vap.hum. :

- Arrêt de l'intégration (Arrêt cpt)
- Continuer l'intégration, c'est-à-dire que les compteurs continuent de tourner (calcul de la vapeur saturée)

4 Caractéristiques techniques

	Eau	Eau/glycol	Vapeur
Gamme de mesure	0 ... 350 °C (32 ... 662 °F)	-40 ... 350 °C (-40 ... 662 °F)	
Gamme de mesure pour vapeur surchauffée			0 ... 1 000 bar (0 ... 14 503,7 psi) 0 ... 800 °C (32 ... 1 472 °F)
Gamme de mesure pour vapeur saturée			0 ... 165 bar (0 ... 2 393 psi) 0 ... 373 °C (32 ... 703 °F)
Différence de température min.	0 °C (0 °F)		
Concentration		0 à 60 Vol %	
Seuils d'erreur (entrées universelles)	3 ... 20 °C (37,4 ... 68 °F) < 1,0 % de la gamme de mesure 20 ... 250 °C (68 ... 482 °F) < 0,3 % de la gamme de mesure		
Fréquence d'échantillonnage	500 ms		
Standard de calcul	IAPWS-IF 97 EN1434	Fonctions polynomiales (écart de mesure : 0,6 % max.)	IAPWS-IF 97



71601149

www.addresses.endress.com
