

Version de firmware
ENU000A, V02.00.xx

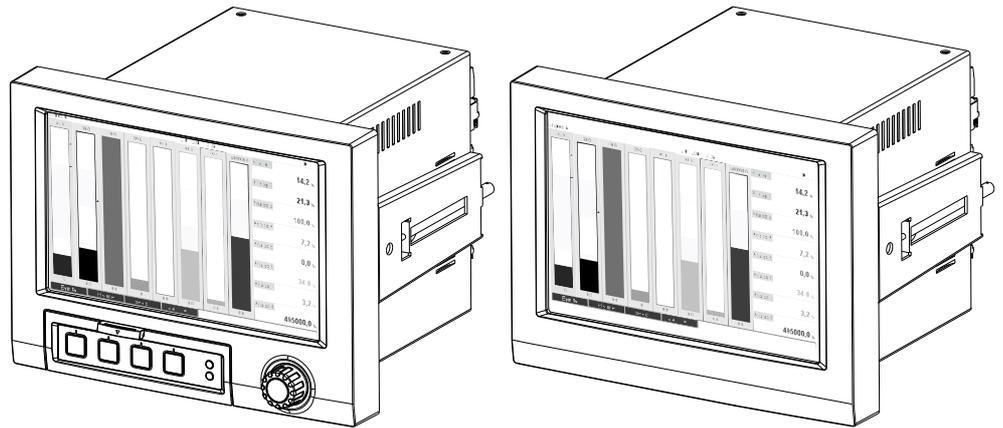
Instructions complémentaires

Memograph M, RSG45

Enregistreur graphique évolué

Option Énergie

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



Sommaire

1	Description générale du fonctionnement	4
2	Description des applications.....	5
2.1	Applications sur eau	5
2.2	Applications sur l'eau/le glycol	7
2.3	Applications sur vapeur	8
3	Configuration des applications	10
3.1	Directives générales de programmation	10
3.2	Sélectionner les unités	10
3.3	Exemples pour la mesure de l'énergie dans l'eau et dans la vapeur	11
3.4	Équilibrage (liens entre les applications)	18
3.5	Mode défaut	21
4	Caractéristiques techniques	22

1 Description générale du fonctionnement

REMARQUE

Ce manuel fournit une description supplémentaire d'une option logicielle spécifique.

Ce manuel supplémentaire ne remplace **pas** le manuel de mise en service correspondant ! Des informations détaillées peuvent être trouvées dans le manuel de mise en service et dans 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 de calcul pour les applications sur eau et vapeur en utilisant les variables d'entrée débit, pression, température (ou différentiel de température) :

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

En outre, il est également possible de calculer l'énergie à l'aide de fluides frigorigènes à base de glycol. De plus, la densité du fluide enregistré peut être calculée en fonction des conditions de process respectives.

Par ailleurs, il est possible de calculer la masse en mesurant le débit à l'aide de la méthode de pression différentielle (calcul du débit DP) 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 variables d'entrée (p. ex. débit de gaz, énergie électrique), les utilisateurs peuvent effectuer des bilans globaux, calculer les niveaux de rendement, etc. Ces valeurs sont des indicateurs importants pour la qualité du process et servent de base à l'optimisation du process, de la maintenance, etc.

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

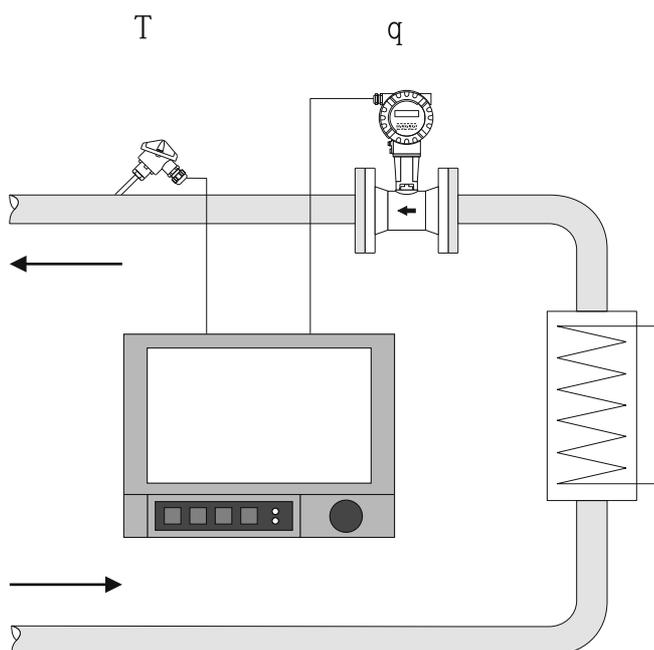
2 Description des applications

2.1 Applications sur eau

2.1.1 Quantité de chaleur dans l'eau

Calcul de la quantité de chaleur (enthalpie) dans un flux d'eau. Exemple : Détermination de la chaleur résiduelle dans la conduite de retour d'un échangeur de chaleur.
Variables d'entrée : volume de service et température

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



$$E = q \cdot \rho(T,p) \cdot h(T)$$

a0009703

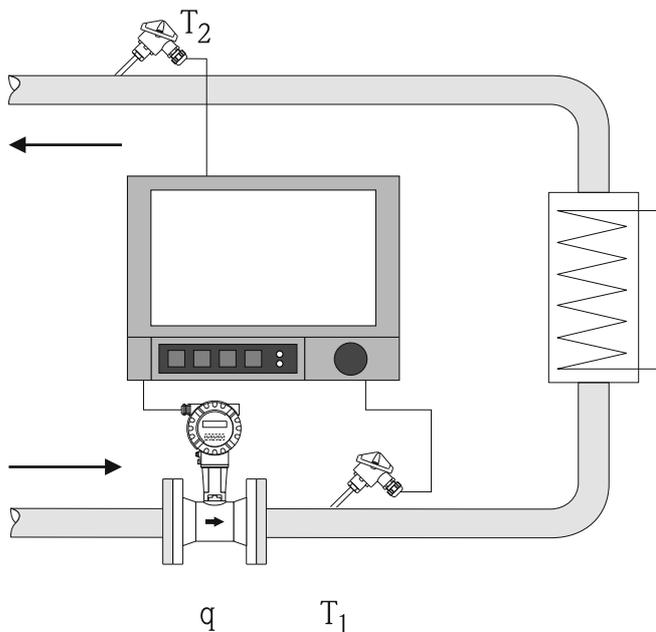
E :	Enthalpie (quantité de chaleur)
q :	Volume de service
ρ :	Densité
T :	Température de service
h :	Enthalpie spécifique de l'eau (par rapport à 0 °C)

2.1.2 Différence de chaleur dans l'eau

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

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

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



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot [h(T_1) - h(T_2)]$$

a0009704

- E : Enthalpie (quantité de chaleur)
- q : Volume de service
- ρ : Densité
- T_1 : T chaud
- T_2 : T froid
- $h(T_1)$: enthalpie spécifique de l'eau à la température 1
- $h(T_2)$: enthalpie spécifique de l'eau à la température 2

REMARQUE

Pour les autres caloporteurs, par exemple l'huile thermique, la quantité de chaleur est calculée à l'aide de polynômes pour la densité et la capacité thermique. Pour saisir les polynômes, on utilise l'éditeur de formules pour les voies mathématiques. Des polynômes pour des liquides spécifiques au client peuvent être générés sur demande (moyennant paiement).

2.2 Applications sur l'eau/le glycol

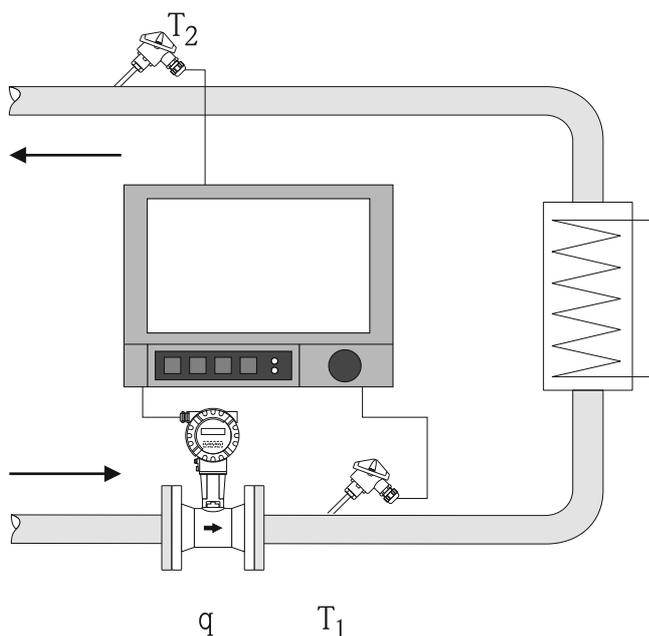
2.2.1 Différence de chaleur dans l'eau/le glycol

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

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



$$E = q \cdot \rho(T_1) \cdot c_m \cdot (T_2 - T_1)$$

$$c_m = \frac{c(T_1) + c(T_2)}{2}$$

a0009705

E :	Enthalpie (quantité de chaleur)
q :	Volume de process
ρ :	Densité
T_1 :	T chaud
T_2 :	T froid
$c(T_1)$:	capacité thermique spécifique à la température 1
$c(T_2)$:	capacité thermique spécifique à la température 2
c_m	Capacité thermique spécifique moyenne

REMARQUE

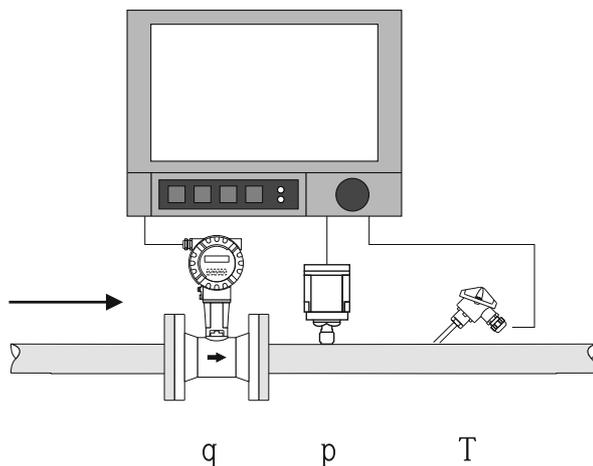
Pour d'autres fluides frigorigènes, des polynômes spécifiques pour le calcul de la quantité de chaleur peuvent être générés sur demande (moyennant paiement).

2.3 Applications sur vapeur

2.3.1 Quantité de chaleur dans la vapeur

Calcul du débit massique et de la quantité de chaleur qu'il contient à la sortie d'un générateur de vapeur ou pour des consommateurs individuels.

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



$$E = q \cdot \rho(p,T) \cdot h_D(p,T_D)$$

a0009709

E :	Enthalpie (quantité de chaleur)
q :	Volume de process
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, on peut s'abstenir de mesurer la pression ou la température. La variable d'entrée manquante est déterminée en utilisant la courbe de 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 est surveillé. Une alarme de vapeur humide est émise lorsque la température de la vapeur saturée est égale à la température du condensat. (Voir Mode défaut 3.5)

2.3.2 Différence de chaleur dans la vapeur

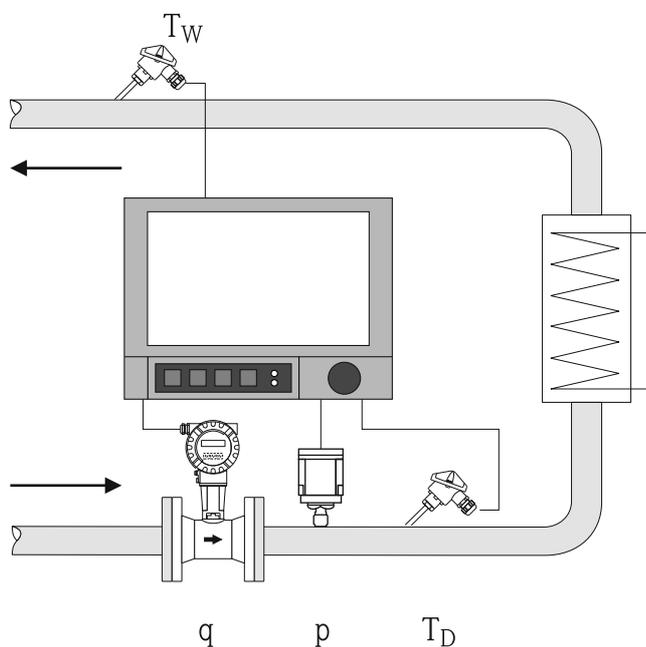
Calcul de la quantité de chaleur dégagée lors de la condensation de la vapeur dans un échangeur de chaleur.

Alternative possible : calcul de la quantité de chaleur (énergie) utilisée pour générer la vapeur.

Variables d'entrée : mesure de la pression et des températures directement en amont et en aval d'un échangeur de chaleur (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 de débit est nécessaire à la fois dans la conduite de vapeur et la conduite d'eau (p. ex. en raison de la consommation ou de pertes de vapeur), deux applications doivent être configurées, à savoir la quantité de chaleur dans la vapeur et la quantité de chaleur dans 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 3.4.1).



$$E = q \cdot \rho(p, T_D) \cdot [h_D(p, T_D) - h_W(T_W)]$$

- E : Enthalpie (quantité de chaleur)
- q : Volume de process
- 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

a0009710

3 Configuration des applications

3.1 Directives générales de programmation

1. Configurer les entrées débit, pression et température
Les entrées standard sont utilisées ici. Il est recommandé de prélever les unités de mise à l'échelle des gammes de mesure dans le tableau ci-dessous (voir 3.2).
Dans le cas contraire, des coefficients de conversion doivent être définis lors de la configuration de l'application (voir 3.2).
2. Ouvrir la voie mathématique. Activer la fonction de calcul de l'énergie ou de la masse, puis sélectionner l'application. Affecter les entrées et définir les unités. Sélectionner les unités des totalisateurs dans le menu Totalisation.
Pour les applications sur vapeur, configurer le mode défaut en cas d'alarme de vapeur humide, le cas échéant.
3. Configurer l'affichage, c'est-à-dire grouper les valeurs d'affichage et sélectionner le mode d'affichage.

3.2 Sélectionner les unités

Les unités des entrées et l'application sont sélectionnées dans le cadre de la configuration de l'application (dans la voie mathématique). S'assurer que les unités sélectionnées sont identiques aux unités ayant été utilisées pour mettre à l'échelle les entrées.

Si l'on préfère d'autres unités pour la configuration des entrées, une voie mathématique doit être sélectionnée 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.

Unités utilisées dans le pack énergie

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						
Flux de chaleur	kW	MW	kBTU/h	MBTU/h	tonne	kBTU/min	therm/min	therm/h	GJ/h
Énergie thermique	kWh	MWh	MJ	MBTU	tonh	kBTU	therm	GJ	
Débit massique	kg/h	t/h	lbs/h	tonne/h					
Masse totale	kg	t	lbs	tonne					
Enthalpie	kJ/kg	Btu/lbs							

gal = gallons liquides : 1 ft³ = 7.48051948 gal

ton (masse) = tonne (américaine) US : 1 ton = 907.18474 kg

tonne (puissance) = tonne de réfrigération (RT) : 1 tonne = 3.51685284 kW

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

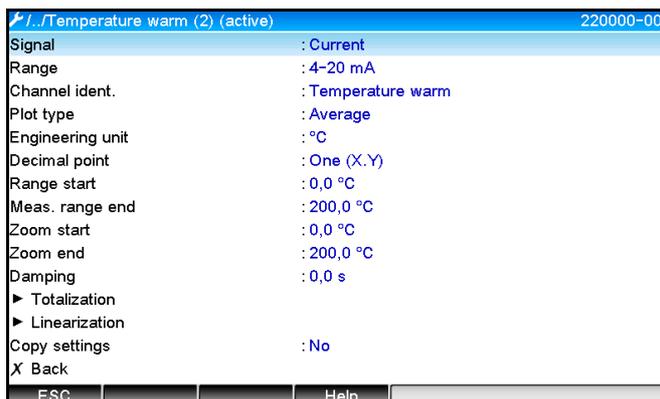
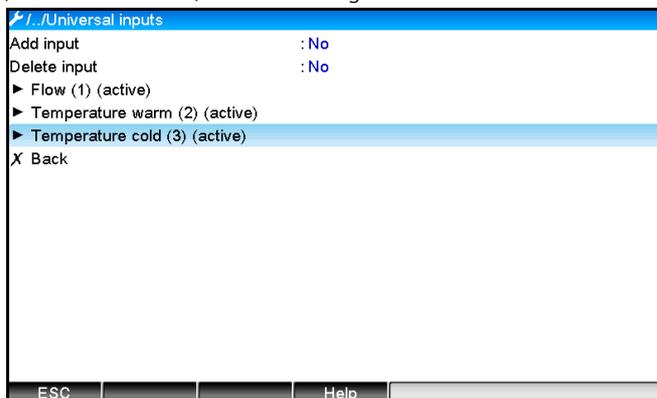
therm = therm US (basée sur BTU59 °F) : 1 therm = 105 480.4 kJ

GPM = gallons par minute

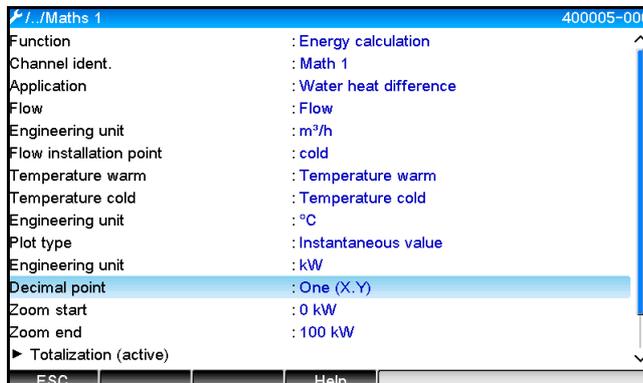
3.3 Exemples pour la mesure de l'énergie dans l'eau et dans la vapeur

3.3.1 Exemple de différence de chaleur dans l'eau

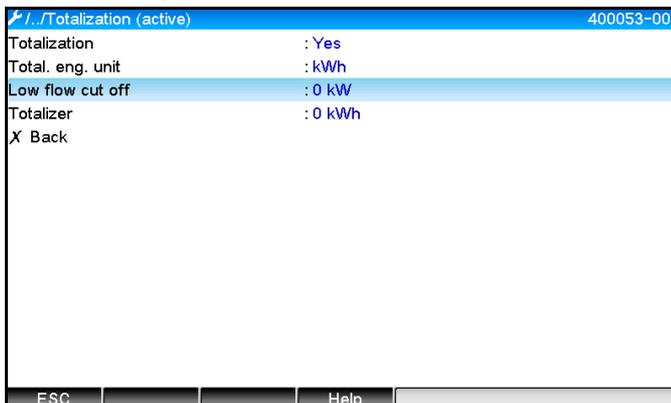
1. Configurer les entrées débit, pression et température.
Sélectionner le signal, entrer un nom pour l'identification de la voie, définir l'unité (voir Tableau 3.2) et définir la gamme de mesure.



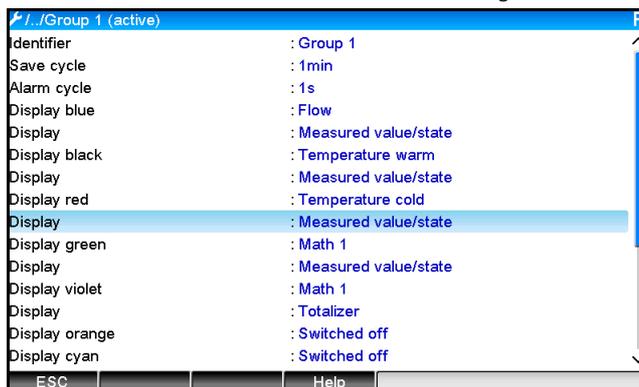
2. Configurer le calcul de l'énergie.
 - 2.1 Ouvrir la voie mathématique, sélectionner le calcul de l'énergie, affecter les capteurs et les unités, spécifier le point d'installation du capteur de débit et définir la plage de zoom.



- 2.2 Sélectionner l'unité pour les compteurs. Activer la totalisation, sélectionner l'unité et définir la valeur de seuil (débit de fuite) si nécessaire (les valeurs inférieures à la valeur de seuil ne sont pas totalisées).

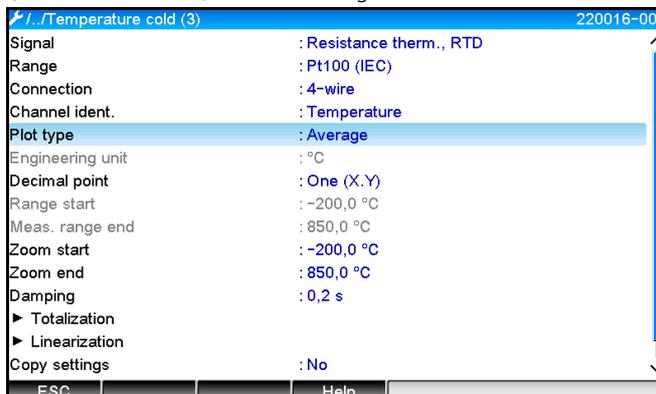


3. Configurer l'affichage. Sélectionner les valeurs et le mode d'affichage.

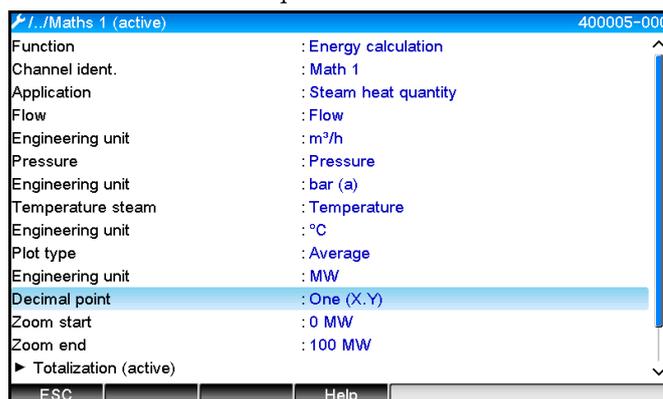


3.3.2 Exemple de quantité de chaleur / masse de la vapeur

1. Configurer les entrées débit, pression et température.
Sélectionner le signal, entrer un nom pour l'identification de la voie, définir l'unité (voir Tableau 3.2) et définir la gamme de mesure.



2. Configurer le calcul de l'énergie.
 - 2.1 Ouvrir la voie mathématique, sélectionner le calcul de l'énergie ou de la masse, affecter les capteurs et les unités.
Si l'on souhaite calculer et afficher l'énergie et la masse, il faut copier les réglages dans la voie mathématique 2 et sélectionner "Calcul de la masse".

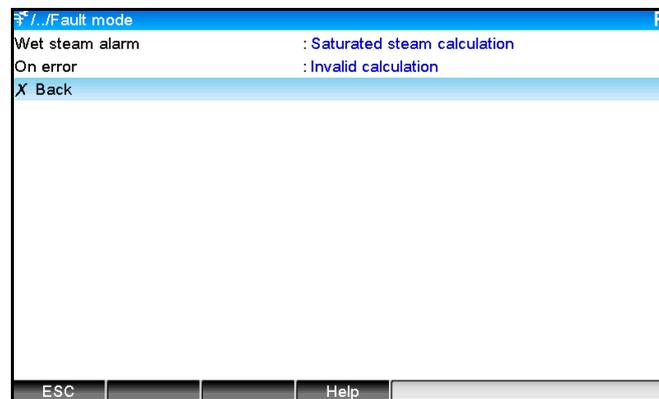


- 2.2 Sélectionner l'unité pour les compteurs.
Activer la totalisation, sélectionner l'unité et définir la valeur de seuil (débit de fuite) si nécessaire (voir l'exemple 3.2.2, n° 2.2)

2.3 Configurer le comportement pour l'alarme de vapeur humide.

(Uniquement possible si les entrées pression et température sont utilisées).

Ouvrir le menu Expert, configurer le mode défaut pour l'alarme vapeur humide (arrêt du compteur en cas d'alarme vapeur humide ou continuer le calcul avec l'état de vapeur saturée et continuer la totalisation, c'est-à-dire les compteurs continuent de fonctionner normalement. Configurer si l'alarme vapeur humide doit être signalée via un relais).



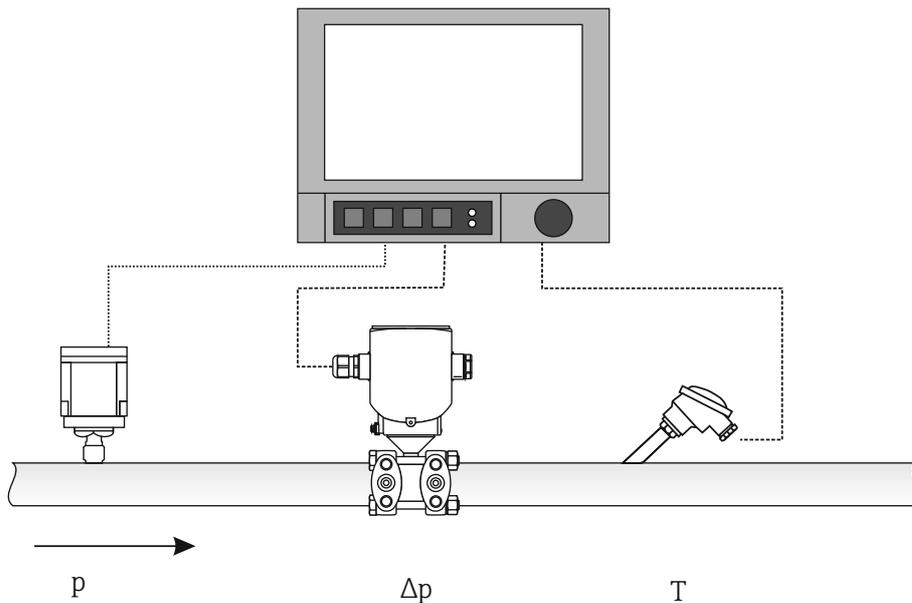
3. Configurer l'affichage.

Sélectionner les valeurs et le mode d'affichage pour l'afficheur (menu : groupes de signaux (voir l'exemple 3.2.2, n° 3))

3.3.3 Calcul du débit DP (mesure de débit basée sur la méthode de la pression différentielle)

Remarques générales

L'appareil calcule le débit à l'aide de la méthode de pression différentielle selon la norme ISO5167. Contrairement à la méthode conventionnelle de mesure de la pression différentielle, qui fournit des résultats précis uniquement dans les conditions nominales, l'appareil calcule les coefficients de l'équation de débit (coefficient de débit, vitesse du facteur d'approche, coefficient d'expansion, densité, etc.) de façon itérative et continue. Ceci garantit que le débit est calculé de façon précise, même dans des conditions fluctuantes du process, et de façon totalement indépendante des conditions nominales (température et pression dans les conditions nominales).



Équation ISO 5167 générale pour les diaphragmes, tuyères et tube Venturi :

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

A0013547

Sonde de Pitot :

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

A0013548

Gilflo, V-cone (autres débitmètres DP) :

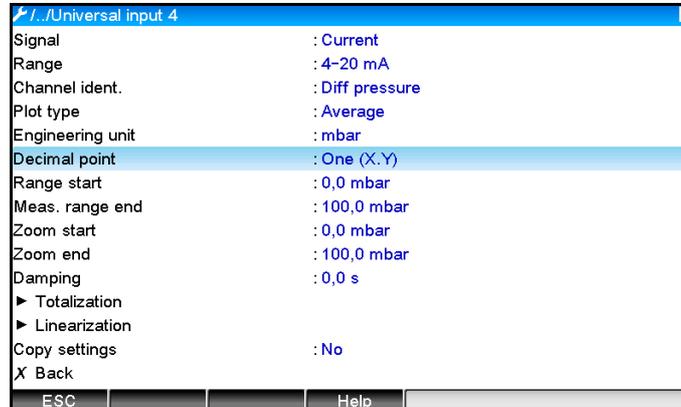
$$Qm = Qm(A) \cdot \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}}$$

A0013549

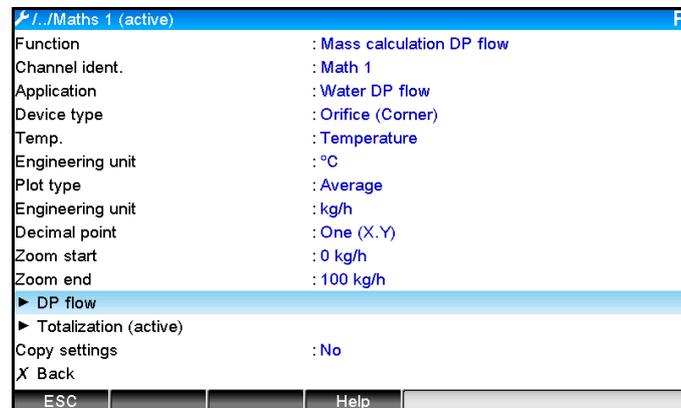
Qm	Débit massique (compensé)
k	Facteur de blocage
ρ	Densité dans les conditions de process
Δp	Pression différentielle
$QM(A)$	Débit massique dans les conditions nominales
ρ_A	Densité dans les conditions nominales
ρ_B	Densité dans les conditions de process

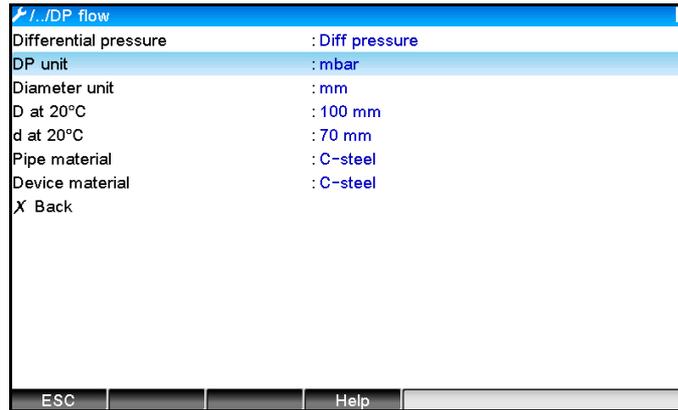
Configuration de la mesure de pression différentielle

1. Définir une entrée universelle pour le transmetteur de pression différentielle :
 - Sélectionner le signal (4-20 mA)
 - Description de la voie
 - Unité (mbar)
 - Gamme de mesure du transmetteur de pression différentielle



2. Des réglages supplémentaires sont effectués dans la voie mathématique et dans le sous-menu Débit DP :
 - Application (eau, vapeur, liquides, gaz)
 - Design et matériau du transmetteur de pression différentielle, p. ex. diaphragme, tuyère
 - Diamètre intérieur "D" de la conduite à 20 °C (68 °F)
 - Diamètre "d" du transmetteur de pression différentielle (ou facteur k pour sondes de Pitot) à 20 °C (68 °F)





Densité dans les conditions de process : pour les liquides autres que l'eau et le glycol ainsi que pour les gaz, la densité doit être déterminée dans les conditions de process. La densité peut être soit calculée dans une voie mathématique, soit déterminée en externe et transmise à l'appareil. La formule générale pour le calcul de 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 les conditions standard
p	Pression de process en bar
$p(n)$	Pression dans les conditions standard en bar (p. ex. 1,013 bar)
$T(n)$	Température en Kelvin dans les conditions standard (p. ex. 273 Kelvin)
T	Température de process en degrés Kelvin (c'est-à-dire la température en °C +273.15)

Pour les liquides, les données de densité peuvent être entrées sous forme de tableau sous "Expert/Application/Maths/Maths x/Linearization". La voie mathématique pertinente est ensuite affectée au champ "Densité".

3.4 Équilibrage (liens entre les applications)

3.4.1 Généralités

Pour équilibrer les quantités de masse ou d'énergie les unes par rapport aux autres ou pour calculer les valeurs caractéristiques, n'importe quelle voie mathématique peut être utilisée.

Exemple : Équilibrage d'un système vapeur

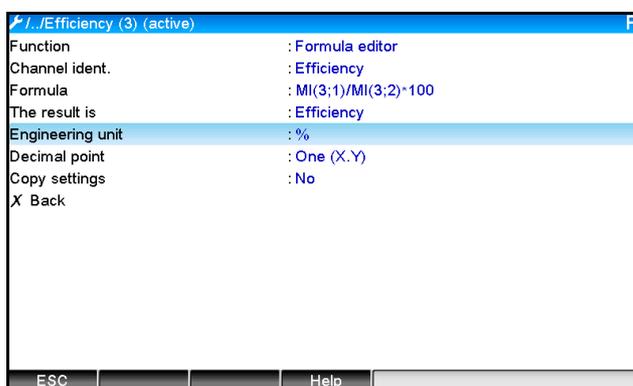
- La quantité de chaleur de la valeur générée est calculée dans la voie mathématique 1.
- La voie mathématique 2 est utilisée pour calculer l'énergie résiduelle dans le débit de condensat (quantité de chaleur dans l'eau).

Grandeur recherchée :

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

Solution :

Ouvrir la voie mathématique 3, sélectionner l'éditeur de formules et l'utiliser pour soustraire l'un de l'autre les flux d'énergie (valeurs instantanées) et totaliser (intégration). En guise d'alternative, les compteurs peuvent également être soustraits directement.



3.4.2 Surveillance de chaudières à vapeur

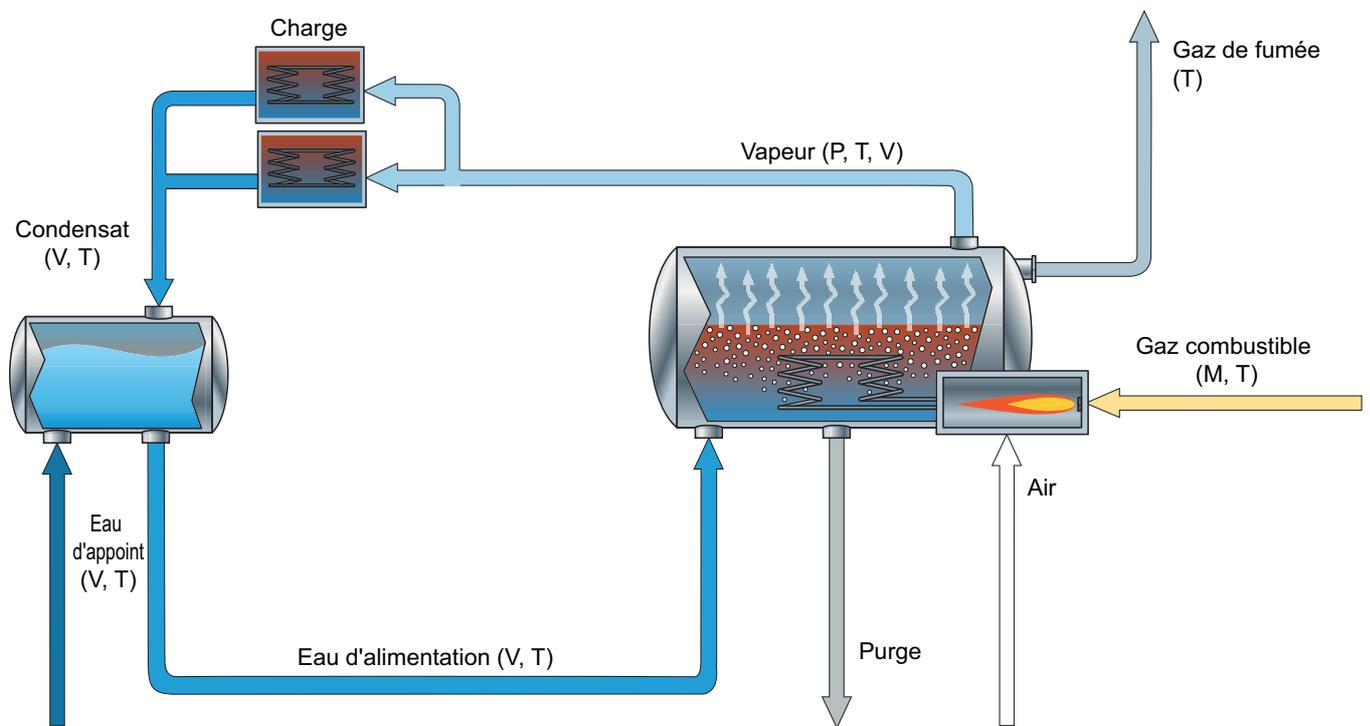
Une chaudière à vapeur est surveillée afin de garantir la sécurité de l'installation et d'optimiser les process, permettant d'économiser des coûts.

Grandeurs mesurées pour la surveillance de la sécurité de l'installation :

- Niveau
- Pression de la chaudière
- Température de la chaudière

Grandeurs 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 la purge de chaudière
- Énergie du combustible (p. ex. gaz naturel, mazout domestique)
- Énergie, teneur en oxygène et température du débit des gaz de fumée
- Débit massique de l'air de combustion (avec teneur en O_2 et température)
- Analyse chimique : pH, oxygène dissous, conductivité



Exemple : Calcul du rendement de la chaudière

- Voie mathématique 1 (M1) : quantité de chaleur de la vapeur (totalisation : compteur)
- Voie mathématique 2 (M2) : quantité de chaleur du combustible (totalisation : compteur)
- Voie mathématique 3 (M3) : rendement du combustible par rapport à la vapeur (en %)
- Voie mathématique 4 (M4) : rapport combustible/vapeur

Configuration de la voie mathématique 3 :

./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

REMARQUE

Pour calculer le rendement, les valeurs de compteur issues des voies mathématiques 1 et 2 doivent être utilisées. "Rendement" doit être sélectionné dans le paramètre "Le résultat est". Ceci garantit que les valeurs de compteur issues de l'évaluation des signaux sont utilisées automatiquement pour le calcul du rendement ; on obtient 4 valeurs de rendement (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 vapeur suivantes :

- Norme de rendement des chaudières à vapeur (calcul direct du rendement)
- Rendement des chaudières à vapeur, y compris l'évaluation des pertes individuelles (pertes dans la cheminée, purge, rayonnement)
- Équilibrage de la distribution de vapeur, mesure de fuite incluse
- Mesure de la consommation de vapeur, y compris le calcul des besoins spécifiques en vapeur par unité de production.

3.4.3 Packs solution supplémentaires pour les applications spécifiques au client

En plus des packs solution pour la vapeur, des appareils pré-réglés peuvent être commandés pour les applications spécifiques au client :

Système de refroidissement :

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

Système d'air comprimé :

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

Système de chauffage :

- Rendement de la chaudière à eau chaude
- Équilibrage de la distribution de chaleur
- Calcul de la consommation spécifique de chaleur (par unité de production)

Eaux usées :

- Consommation d'énergie spécifique en fonction de la charge des eaux usées
- Performance spécifique de l'aérateur
- Performance spécifique de la pompe
- Production spécifique de biogaz

3.5 Mode défaut

Le mode défaut peut être configuré uniquement en mode Expert.

Les paramètres du mode défaut des entrées sont décrits dans le paragraphe 6.4 du manuel de mise en service relatif à l'enregistreur graphique évolué.

Dans le cas d'une erreur, le calcul de l'énergie et de la masse est poursuivi en utilisant une valeur de remplacement, ou le calcul est incorrect.

Pour les applications sur vapeur, lorsque la température du condensat (alarme vapeur humide) est atteinte, l'état de vapeur saturée est calculé sur la base de T, et le flux de chaleur (performance) est calculé. Le comportement des compteurs peut être défini dans l'option de menu Mode défaut / Alarme vapeur humide :

- Arrêter totalisation (arrêt compteur)
- Continuer totalisation, c'est-à-dire les compteurs continuent de fonctionner (calcul de la vapeur saturée)

4 Caractéristiques techniques

	Eau	Eau/glycol	Vapeur
Gamme de mesure	0 à 350 °C (32 à 662 °F)	-40 à 350 °C (-40 à 662 °F)	
Gamme de mesure pour la vapeur surchauffée			0 à 1000 bar (0 à 14503.7 psi) 0 à 800 °C (32 à 1472 °F)
Gamme de mesure pour la vapeur saturée			0 à 165 bar (0 à 2393 psi) 0 à 373 °C (32 à 703 °F)
Différentiel de température min.	0 °C (0 °F)		
Concentration		0 à 60 % Vol	
Seuils d'erreur (entrées universelles)	3 à 20 °C (37.4 à 68°F) < 1,0 % de la gamme de mesure 20 à 250 °C (68 à 482°F) < 0,3 % de la gamme de mesure		
Cycle de calcul	500 ms		
Norme de calcul	IAPWS-IF 97	Fonctions polynomiales (Écart de mesure : 0,6 % max.)	IAPWS-IF 97

www.addresses.endress.com
