

## 1. UNITES DE MESURE

### 1.1 Pression

Selon la pression de référence, la terminologie suivante est utilisée :

- . Pression absolue : mesure par rapport au vide
- . Pression relative : mesure par rapport à la pression atmosphérique
- . Pression différentielle : mesure de la différence entre 2 pressions

L'unité de mesure de pression dans le Système International est le Pascal (Pa).

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ Newton}}{1 \text{ m}^2}$$

L'unité généralement utilisée est le bar ou le mbar : 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa, 1 mbar = 100 Pa

Le PSI est également utilisé : 1 psi =  $\frac{1 \text{ livre}}{1 \text{ pouce}^2}$

Tableau des correspondances entre les unités de mesure

Sortie Entrée	Pa N/m <sup>2</sup>	bar	mbar ou hPa	psi lbf/in <sup>2</sup>	atm	kg/cm <sup>2</sup>	cm CE ou g/cm <sup>2</sup>	mm Hg	in Hg
<b>1 Pascal</b>	1	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-2</sup>	0,1451.10 <sup>-3</sup>	0,9869.10 <sup>-5</sup>	1,02.10 <sup>-5</sup>	1,02.10 <sup>-2</sup>	0,75.10 <sup>-2</sup>	0,2953.10 <sup>-3</sup>
<b>1 bar</b>	10 <sup>5</sup>	1	1000	14,51	0,9869	1,02	1020	750	29,53
<b>1 mbar = 1 hPa</b>	100	10 <sup>-3</sup>	1	0,01451	0,9689.10 <sup>-3</sup>	1,02.10 <sup>-3</sup>	1,02	0,75	0,02953
<b>1 psi</b>	6895	6,895.10 <sup>-2</sup>	68,947	1	0,068	0,0703	70,3	51,75	2,036
<b>1 atmosphère</b>	1,013.10 <sup>5</sup>	1,013	1013	14,7	1	1,033	1033	760	29,95
<b>1 Kg/cm<sup>2</sup></b>	0,980.10 <sup>5</sup>	0,98	980	14,22	0,968	1	1000	735	28,96
<b>1 cm CE=1 g/cm<sup>2</sup></b>	98	0,980.10 <sup>-3</sup>	0,98	0,01422	0,968.10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	0,735	0,02896
<b>1 mm Hg</b>	133,3	0,1333.10 <sup>-2</sup>	1,333	0,01934	1,315.10 <sup>-3</sup>	1,36.10 <sup>-3</sup>	1,36	1	0,03937
<b>1 inch Hg</b>	3386	3,386.10 <sup>-2</sup>	33,86	0,491	0,03345	0,03453	34,53	25,4	1

### 1.2 Température

L'unité de mesure de température dans le Système International est le Kelvin (K), défini par le point triple de l'eau pure qui est à 273,16 °K.

Le point de congélation de l'eau est à 273,15°K. 0°K est la température la plus basse pouvant théoriquement être atteinte.

L'unité utilisée pour la mesure de température est le Celcius (°C). 0°C est le point de congélation de l'eau pure, 100°C le point d'ébullition.

$$t \text{ K} = t^{\circ}\text{C} + 273,15$$

Le degré Fahrenheit (°F) est utilisé dans les pays anglo-saxons. La conversion °F en °C est la suivante :

$$t^{\circ}\text{C} = 5/9 \times (t^{\circ}\text{F} - 32)$$

### 1.3 Humidité

L'humidité est la teneur en eau d'une matière. Comme toute autre matière, l'air ne peut absorber qu'une quantité limitée d'eau. Cette quantité est appelée humidité de saturation. Le point de rosée est la température à laquelle la vapeur d'eau commence à se condenser. Au-dessus du seuil de saturation, l'eau en excès retombe sous forme de fines gouttelettes ou forme de la buée. La quantité d'eau absorbée lors de la saturation varie en fonction de la température de l'air. Plus la température est élevée, plus la quantité d'eau absorbée est importante.

L'humidité absolue (en g/m<sup>3</sup>) est le nombre de grammes de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube.

L'humidité relative en % (%HR) est le rapport entre l'humidité absolue et l'humidité de saturation.

## 2. MANOMETRES, SEPARATEURS, ACCESSOIRES

### 2.1 Principe de fonctionnement

#### 2.1.1 Manomètres métalliques

Suivant la valeur de la pression mesurée, différents organes moteurs sont utilisés.

##### Tube en C, pour les moyennes pressions (600 mbar à 40 bar)

L'élément de mesure est constitué d'un tube métallique de section ovale en forme de C. Une des extrémités est fermée et libre alors que l'autre extrémité est fixe et en relation avec le fluide à mesurer. Sous l'effet de la pression le tube s'ouvre et entraîne l'aiguille par l'intermédiaire d'un mécanisme amplificateur.

##### Tube hélicoïdal, pour les hautes pressions (60 bar à 3000 bar)

L'élément de mesure est constitué d'un tube métallique hélicoïdal de section circulaire. Une des extrémités est fermée et libre alors que l'autre extrémité est fixe et en relation avec le fluide à mesurer. Sous l'effet de la pression le tube s'ouvre et entraîne l'aiguille par l'intermédiaire d'un mécanisme amplificateur.

##### Capsule pour les basses pressions (16 mbar à 1000 mbar)

L'élément de mesure est constitué de deux membranes ondulées soudées sur leur circonférence, formant une capsule. Sous l'effet de la pression la capsule se déforme et entraîne l'aiguille par l'intermédiaire d'un mécanisme amplificateur.

#### 2.1.2 Manomètres à colonne de liquide

Ces manomètres sont utilisés pour les mesures de très basses pressions de gaz (0 à 6000 Pa ou 60 mbar)

La mesure est réalisée par un liquide se déplaçant dans un tube sous l'effet de la pression.

### 2.2 Normalisation et caractéristiques techniques

La norme relative aux manomètres est la EN 837-1-2-3.

#### Directive 97/23/EC des équipements sous pression

Les manomètres sont classifiés comme «accessoires sous pression» selon l'article 1 § 2.1.4. Le volume sous pression étant inférieur à 0,1 litre, l'identification CE se fait selon le groupe de fluides 1G annexe 2, diagramme 1, à partir d'une pression de service supérieure à 200 bar. Les manomètres sans marquage CE sont fabriqués selon l'article 3 § 3 «bonnes pratiques d'ingénierie».

#### 2.2.1 Etendue d'échelle, étendue de mesure

La norme utilise le terme étendue d'échelle, dénommé étendue de mesure dans le catalogue, et donne les valeurs indiquées dans les tableaux ci-après.

0	0,6 bar	0	10 bar	0	100 bar	0	600 bar
0	1 bar	0	16 bar	0	160 bar	0	1000 bar
0	1,6 bar	0	25 bar	0	250 bar	0	1600 bar
0	2,5 bar	0	40 bar	0	315 bar	0	2500 bar
0	4 bar	0	60 bar	0	400 bar	0	3000 bar
0	6 bar						

-1	0 bar	-1	5 bar
-1	0,6 bar	-1	9 bar
-1	1,5 bar	-1	15 bar
-1	3 bar	-1	24 bar

#### 2.2.2 Classe d'exactitude

Le terme classe d'exactitude remplace l'ancien terme classe de précision. La classe d'exactitude correspond à l'erreur maximale tolérée, exprimée en pourcentage de l'intervalle de mesure ou de l'étendue de mesure (EM).

Les classes d'exactitude des manomètres présentés dans ce catalogue sont : 0,25 ; 0,6 ; 1 ; 1,6 ; 2,5.

Exemple :

Pour un manomètre avec un intervalle de mesure de 0 à 10 bar et une classe d'exactitude de 1, l'erreur maximale tolérée est de  $\pm 1\% \times 10$  bar soit  $\pm 0,1$  bar sur toute l'étendue de mesure.

Pour les manomètres équipés d'une butée d'aiguille du zéro, la classe d'exactitude couvre de 10% à 100% de l'étendue de mesure. Pour les manomètres à zone libre du zéro, la classe d'exactitude couvre de 0 à 100% de l'étendue de mesure.

L'adjonction d'un équipement supplémentaire sur le manomètre modifie sa classe d'exactitude :

- aiguille suiveuse, séparateur : classe à augmenter de 0,5

- contacts électriques : classe à augmenter jusqu'à 1,5 en fonction de la position aiguille/contacts et du nombre de contacts.

#### 2.2.3 Hystérésis

L'erreur d'hystérésis ne doit pas être supérieure à la valeur absolue de l'erreur maximale tolérée.

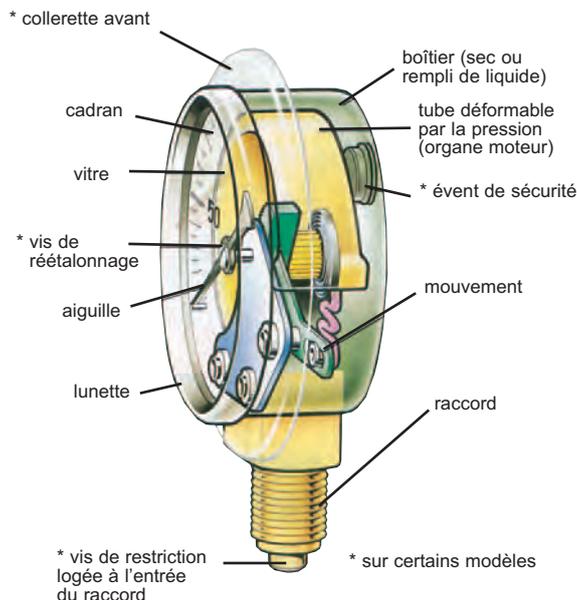
Exemple:

Pour un manomètre avec une étendue de mesure de 0 à 10 bar, et une classe d'exactitude de 1, la différence entre les pressions relevées à pression croissante et décroissante ne doit pas être supérieure à  $1\% \times 10$  bar soit 0,1 bar.

#### 2.2.4 Effet de la température

Les effets de la température ne doivent pas provoquer une variation de l'indication supérieure à la valeur suivante :  $\pm 0,04 \times (t_2 - t_1) \%$  EM

$t_1$ = température de référence (20°C)     $t_2$ = température ambiante en °C



Symbole figurant sur le cadran du manomètre



## 2.2.5 Surpressions admissibles

Les manomètres doivent résister pendant une courte période aux surpressions indiquées ci-après :

	surpression admissible
EM ≤ 100 bar	25% de EM
100 bar < EM ≤ 600 bar	15% de EM
600 bar < EM ≤ 1600 bar	10% de EM
Manomètres à capsule	10 fois l'étendue de mesure

## 2.2.6 Cadran, chiffrasion d'échelle, graduation

Les divisions et numérotations indiquées sur le cadran du manomètre sont fonction du diamètre et de la classe d'exactitude. Cette chiffrasion d'échelle, en conformité avec la norme, est donnée dans les tableaux en fin de glossaire.

Exemple :

Le manomètre Ø 63, 0 à 10 bar, classe 1,6 comporte des divisions de 0,5 bar et la numérotation : 0 2 4 6 10

## 2.3 Choix du manomètre, installation et précautions d'emploi

### 2.3.1 Choix du manomètre

La sélection du manomètre pour les applications générales s'effectue par les étapes suivantes :

- 1- Choix des matériaux déterminés par l'application. Boîtier plastique, acier ou inox. Organe moteur en laiton ou inox
- 2- Sec, à bain ou étanche, avec capillaire en fonction de l'environnement, vibrations, chocs, pulsations, surpressions, hautes températures
- 3- Diamètre du boîtier
- 4- Type de montage, type et position du raccord, interface de raccordement
- 5- Pression de service, température de service
- 6- Niveau de sécurité

Un guide de sélection a été établi et se trouve au début du chapitre manomètres.

Avant de procéder à l'installation, respecter les recommandations de la Norme EN 837-2.

Vérifier que le manomètre, conçu selon les normes EN 837-1/3, est bien adapté à l'utilisation prévue.

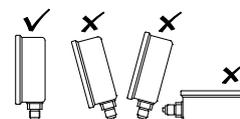
### 2.3.2 Types de montage et position du raccord

Différents types de montage sont définis par la norme, ainsi que leur codification, comme indiqué dans le tableau ci-après.

Code	Raccord vertical		Raccord central arrière			Raccord excentré arrière		
	10	11	20	22	23	30	32	33

### 2.3.3 Montage

Le manomètre doit être monté verticalement, notamment pour les manomètres basses pressions afin d'éviter des erreurs de mesure.



### Raccord cylindrique

Les raccords gaz proposés dans le catalogue sont cylindriques. L'étanchéité est réalisée en plaçant un joint plat entre l'extrémité du filetage et le fond du taraudage.

### Raccord conique

Les raccords NPT sont coniques. Il en est de même pour les raccords gaz coniques. L'étanchéité est réalisée métal sur métal, sans joint. Il est cependant recommandé d'utiliser une bande PTFE pour assurer une meilleure étanchéité.

### Fixation

Il faut serrer le raccord avec une clef plate et ne pas bloquer le manomètre en prenant appui sur le boîtier.



### 2.3.4 Capsule de mise à l'air

Pour les manomètres étanches secs ou à bain de liquide, il convient d'effectuer une mise à l'air du manomètre en soulevant la capsule ou en coupant la tétine de la capsule afin d'éviter toutes erreurs de mesure.

### 2.3.5 Robinet d'isolement

Dans toute installation, il est souhaitable de monter un robinet en amont de l'instrument de mesure de pression afin de pouvoir isoler l'instrument du circuit et de le démonter sans interrompre le fonctionnement de l'installation. Tous les robinets possèdent un système de purge.

## 2.3.6 Vibrations

Dans le cas de vibrations, il est recommandé d'utiliser un manomètre rempli d'un liquide amortisseur (en règle générale de la glycérine) afin d'augmenter la durée de vie du mécanisme.

Manomètre	Température	Liquide amortisseur
Manomètres standard	-20°C à 100°C	glycérine
Manomètres haute température	-30°C à 150°C	huile silicone
Manomètres à contacts électriques	-20°C à 70°C	huile vaseline

Si les vibrations sont très importantes, il est souhaitable de déporter le montage en interposant un capillaire entre la tuyauterie et le manomètre.

## 2.3.7 Pulsations

Afin de protéger le manomètre et en fonction de l'importance des pulsations, les solutions suivantes sont préconisées :

- Utilisation d'une vis de restriction à l'entrée pression. Cette vis est montée d'origine sur les séries 7110, 7210, 7610, 7710. Cette vis doit être enlevée dans le cas de fluides pâteux, chargés ou colmatants.
- Utilisation d'un liquide amortisseur comme pour les vibrations.
- Utilisation d'un amortisseur de pression réglable.

## 2.3.8 Surpressions

Pour protéger le manomètre de surpressions éventuelles, il convient d'utiliser un limiteur de pression.

## 2.3.9 Hautes températures

Pour les températures supérieures aux spécifications des manomètres, il convient d'utiliser les siphons pour la vapeur et les capillaires dans les autres cas afin d'abaisser la température côté manomètre.

## 2.3.10 Corrosion

Le raccord et l'organe moteur doivent être compatibles avec le fluide à mesurer, le boîtier doit également satisfaire aux conditions d'environnement. Il en résulte le choix du manomètre, boîtier plastique, acier ou inox et l'organe moteur-raccord laiton ou inox. Si le fluide n'est pas compatible, il faut utiliser un séparateur.

## 2.3.11 Événement de sécurité

Certaines séries de manomètres sont équipées d'un événement de sécurité situé à l'arrière du boîtier. En cas de rupture de l'organe de mesure, l'événement de sécurité s'ouvre dès que la surpression interne atteint 400 mbar et permet d'éviter toutes projections vers l'avant. Ce dispositif est installé sur les séries 7610, 7620, 7710, 7720, 7870, 7970. Respecter un espace minimum de 10mm entre la face arrière du boîtier et le plan immédiat qui lui succède.

## 2.3.12 Circuit oxygène

Pour l'utilisation sur des circuits d'oxygène, l'élément de mesure ainsi que les autres parties en contact avec le gaz doivent être exempts d'huile et de graisse. Un dégraissage doit être effectué et le symbole ci-joint est apposé sur le cadran du manomètre.



## 2.3.13 Les séparateurs

Un séparateur est monté lorsque les caractéristiques mécaniques du manomètre ne sont pas compatibles avec les caractéristiques du fluide à mesurer. Des impératifs de sécurité justifient également leur emploi, le séparateur jouant le rôle de barrière étanche en cas de destruction du manomètre. Plus précisément les applications sont les suivantes :

- fluides visqueux, pâteux, chargés, cristallisables, risquant d'obturer l'entrée du manomètre et/ou nécessitant des nettoyages
- fluides corrosifs non compatibles avec les matériaux du manomètre
- fluides toxiques que l'on veut éloigner ou séparer du manomètre
- application agro-alimentaires nécessitant des interfaces normalisées à membrane affleurante évitant toute fermentation et facilement nettoyables
- hautes températures ou surpressions non compatibles avec les caractéristiques techniques du manomètre

## Principe de fonctionnement du séparateur

La pression appliquée sur la membrane du séparateur se transmet au manomètre par l'intermédiaire d'huile. Un bon fonctionnement nécessite une cavité totalement absente d'air, d'où les opérations de mise au vide et de dégazage de l'huile lors de l'opération de montage. Cela implique montage et test dans les ateliers CITEC et bien entendu un non-démontage sur site du séparateur.

## 2.3.14 Démontage

Lors de démontage, s'assurer que le manomètre n'est plus soumis à la pression. Par précaution, le démonter lentement.

S'assurer que la température du corps du manomètre ne présente pas de risque de brûlure

S'assurer que les résidus du produit présent dans l'organe moteur du manomètre ne sont pas dangereux pour l'opérateur et l'environnement.

## 2.4 Maintenance

Il est nécessaire de déposer immédiatement tout manomètre dont les indications semblent anormales, puis le tester. Si il n'est plus conforme, celui-ci doit être remplacé par un appareil neuf.

Il convient de s'assurer de l'exactitude des manomètres par des vérifications périodiques.

Tout manomètre supposé avoir subi des conditions anormales d'utilisation (ex : incendie, mauvais fluide, chocs, etc...) ne doit plus être utilisé.

**La maintenance, la vérification ou le réétalonnage doivent être effectués par un personnel habilité, utilisant un équipement approprié.**

## 2.5 Etalonnage

Voir fiche étalonnage dans le chapitre manomètres.

## 7 Indice de protection

Premier chiffre : Protection contre les éléments solides		Seconde chiffre : Protection contre les liquides	
0	AUCUNE PROTECTION	0	AUCUNE PROTECTION
1	OBJETS D'UNE TAILLE SUPÉRIEURE À 50mm	1	CHUTES VERTICALES DE GOUTTES D'EAU (condensation)
2	OBJETS D'UNE TAILLE SUPÉRIEURE À 12mm	2	CHUTES DE GOUTTES D'EAU JUSQU'À 15° DE LA VERTICALE
3	OBJETS D'UNE TAILLE SUPÉRIEURE À 2,5mm	3	CHUTES DE GOUTTES D'EAU JUSQU'À 60° DE LA VERTICALE
4	OBJETS D'UNE TAILLE SUPÉRIEURE À 1,0mm	4	PROJECTIONS D'EAU DE TOUTES DIRECTIONS
5	PROTÈGE CONTRE LA POUSSIÈRE (pas de dépôt nuisible)	5	JETS D'EAU PAR LANCE TOUTES DIRECTIONS
6	ÉTANCHE À LA POUSSIÈRE	6	PROJECTION D'EAU ASSIMILABLES AUX PAQUETS DE MER
Exemple : IP65 - équipement étanche à la poussière et protégé contre les jets d'eau		7	EFFETS DE L'IMMERSION SOUS 1 M D'EAU
		8	EFFETS DE L'IMMERSION PROLONGÉE SUIVANT CONDITIONS SPÉCIFIÉES

Le degré de protection de l'enveloppe d'un matériel électrique basse et moyenne tension est défini par l'indice de protection : IP suivi de deux chiffres. Le premier chiffre est relatif à la protection contre les solides et le deuxième chiffre est relatif à la protection contre les liquides, conformément au tableau ci-contre.

## 8 Code de protection ATEX pour atmosphères explosibles

La réglementation ATEX est issue de deux directives européennes : 94/9/CE pour les équipements et 99/92/CE pour la sécurité du personnel. Conformément à la directive 99/92/CE les emplacements ATEX doivent être subdivisés en zone : 0, 1 ou 2 pour les gaz, 20, 21 ou 22 pour les poussières

Zone 0/20 : emplacement où une atmosphère explosible est présente en permanence

Zone 1/21 : emplacement où une atmosphère explosible est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal

Zone 2/22 : emplacement où une atmosphère explosible n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que de courte durée.

Une fois ces zones caractérisées, la directive impose l'utilisation de matériels spécifiques dans ces zones afin d'écartier tout risque d'explosion.

La codification du matériel s'effectue selon le tableau suivant :

Lieu d'utilisation	Groupe I	mines grisouteuses
	Groupe II	industrie de surface
Catégorie de matériel	Classe 1	risque permanent, implantable en zone 0/20 ou moins
	Classe 2	risque occasionnel, implantable en zone 1/21 ou moins
	Classe 3	risque faible probabilité et courte période, implantable en zone 1/21 ou moins
Nature de l'atmosphère	G	atmosphère explosible formée par des gaz ou des vapeurs
	D	atmosphère explosible formée par des poussières
Caractéristique de l'atmosphère explosible pour le groupe II par la nature des gaz	Groupe IIA	présence de propane, CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ...
	Groupe IIB	présence d'éthylène (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) ou d'oxyde d'éthylène
	Groupe IIC	présence d'hydrogène, sulfure de carbone, acétylène
Température maximale de surface générée par l'équipement	T1	450°C
	T2	300°C
	T3	200°C
	T4	135°C
	T5	100°C
	T6	85°C
<b>Mode de protection pour le matériel électrique en atmosphère gazeuse</b>		
Eviter la propagation de la flamme	d	enveloppe antidéflagrante
	q	remplissage
Eviter le contact entre l'atmosphère et la source d'inflammation	p	surpression
	o	immersion dans l'huile
Supprimer les sources d'inflammation	e	sécurité augmentée
	i	sécurité intrinsèque (ia : sécurité conservée même avec 2 défauts, ib : sécurité conservée même avec 1 défaut)
	m	encapsulation
	n	sans étincelle
<b>Mode de protection pour le matériel non électrique (gaz et poussières)</b>		
	fr	limitation ventilation (étouffement début de flamme)
	d	enveloppe anti déflagrante
	g	sécurité intégrée (définition de critères limites pour éviter les sources d'inflammation)
	c	sécurité par construction (pas de source d'inflammation en régime normal)
	b	contrôle de la source d'inflammation
	p	pressurisation (protection par gaz protecteur)
	k	immersion dans liquide
<b>Étanchéité du matériel pour les poussières</b>		
Zone 20	IP6X	
Zone 21	IP6X	
Zone 22	IP6X	si poussières conductrices
	IP5X	si poussières isolantes

### Exemple de marquage matériel électrique

	II	2	G	EEx	d	IIC	T6
							Température maximale de surface
							Caractéristique de l'atmosphère
							Mode de protection
							Nature de l'atmosphère
							Catégorie de matériel
							Lieu d'utilisation

### Exemple de marquage matériel mécanique

	II	2	GD	c
				Mode de protection
				Nature de l'atmosphère
				Catégorie de matériel
				Lieu d'utilisation