

WEBINAIRE : LE SYSTEME DE MESURAGE DE VOS CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

RENCONTRE THEMATIQUE ASSURE

Jeudi 9 juin 2022 à 10h30

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL



Systèmes de Management de l'Energie et ses mesures

- **Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME) IND-UT 134**
 - Exemple 1 : Industrie de la céramique « rouge »
 - Exemple 2 : Distillerie du Cognac avec PRO-SMen
 - Informations complémentaires
- **La métrologie des capteurs**
 1. Qu'entend-on par Indicateurs de Performance Energétique IPE?
 2. Comment calculer les indicateurs de performance énergétique de vos procédés ?
 - Air comprimé
 - Combustion fioul
 - Combustion gaz
 - Vapeur
 - Air chaud
 - Eau chaude
 3. Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?
 - Température
 - Pression
 - Compteur d'énergie
- **Intégration d'un réseau de capteurs sur un site industriel**
 1. Communication du signal : profibus, modbus rs485, modbus tcp, ...
 2. Stockage des données brutes, analyse des données et mise en forme des données
- **Exemple de supervision d'une ligne : SME « séchage et cuisson de la céramique avec valorisation de chaleur fatale »**

Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME)

IND-UT 134

- Calcul du montant des kWh cumac de la fiche **IND-UT 134**

5. Montant de certificats en kWh cumac

Montant en kWh cumac par kW		Mode de fonctionnement du site industriel	Coefficient multiplicateur		Puissance nominale P en kW		Facteur correctif F
29,4	X	1x8h, avec ou sans arrêt le week-end	1		P	X	F
		2x8h, avec ou sans arrêt le week-end	2,2				
		3x8h avec arrêt le week-end	3				
		3x8h sans arrêt le week-end	4,2				

P est la puissance nominale (en kW) de l'ensemble des équipements faisant l'objet d'un suivi d'un indicateur de performance énergétique (IPE). Ainsi, lorsque la mesure est effectuée sur un ensemble d'équipements, la puissance nominale P à considérer est la somme des puissances nominales des équipements instrumentés. La puissance nominale est la puissance indiquée sur la plaque du ou des équipements ou à défaut celle indiquée sur un document issu du fabricant. Pour un équipement thermodynamique, la puissance à considérer est la puissance électrique nominale.

Le facteur correctif F est lié à la durée du contrat de location du logiciel de gestion énergétique. Il est déterminé en se référant au tableau ci-dessous. En cas d'achat ou d'abonnement d'une durée supérieure à 6 ans, le facteur correctif à prendre en compte est égal à 5,45.

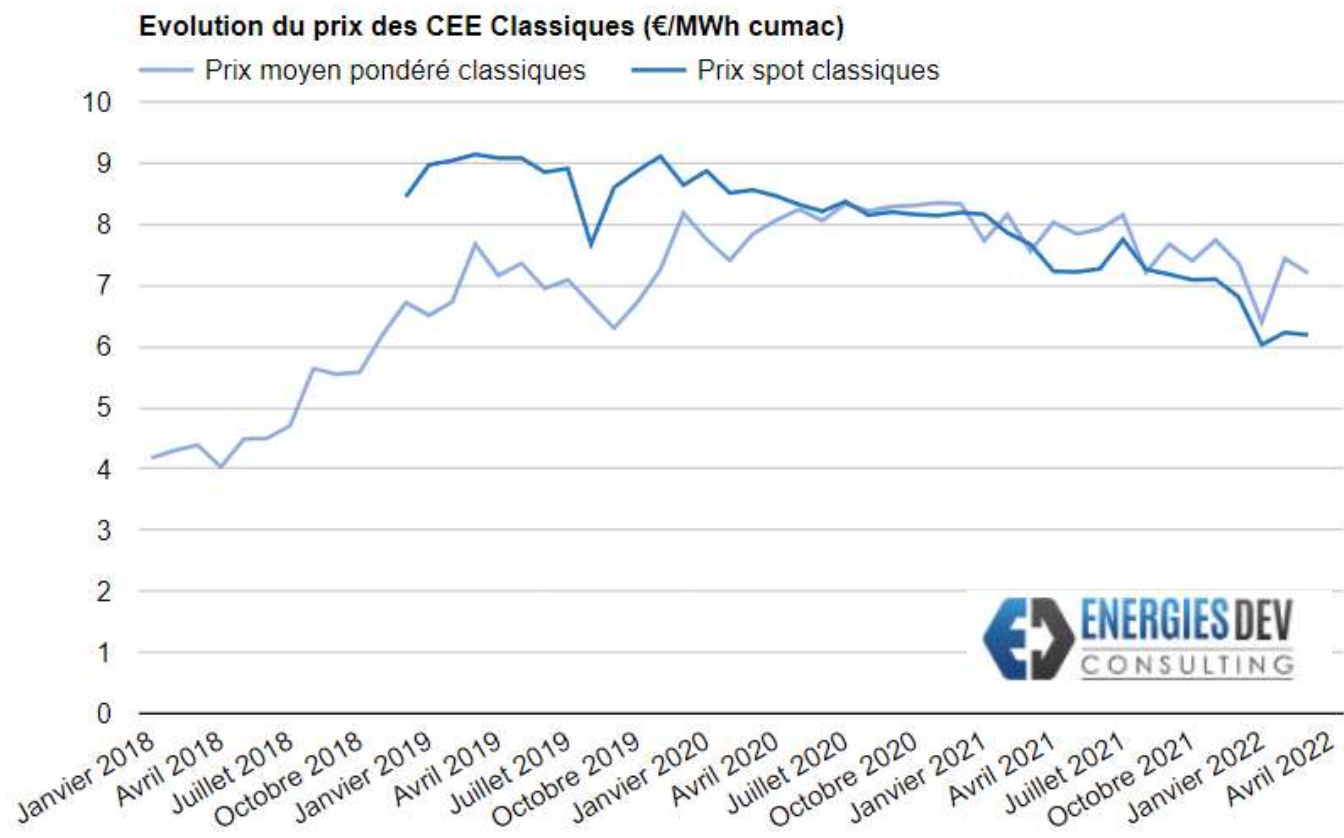
Facteur correctif F	
Durée du contrat (années)	Valeur du facteur correctif
1	1
2	1,96
3	2,89
4	3,78
5	4,63
6	5,45

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME)

IND-UT 134



2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

 assure
MAÎTRISONS NOS ÉNERGIES

Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME)

IND-UT 134

- Exemple 1 : Industrie de la céramique « rouge »

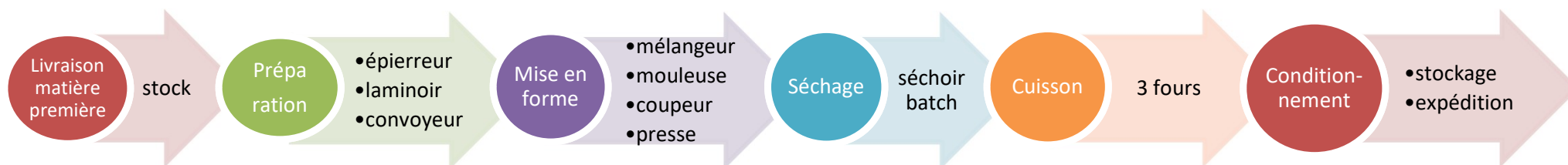


2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

Exemple 1 : Industrie de la céramique « rouge »

Processus de fabrication en 6 étapes



Etapes du processus	Livraison	Préparation	Mise en forme	Séchage	Cuisson	Conditionnement	Total
Mode de fonctionnement	1 fois/semaine	8h/jour	8h/jour	24h/24 7/7	24h/24 7/7	24h/24 7/7	
Puissance nominale en kW	0	30	150	450	2632	0	
MWh cumac	0	4.8	24	302.8	1 771.2	0	2102.8

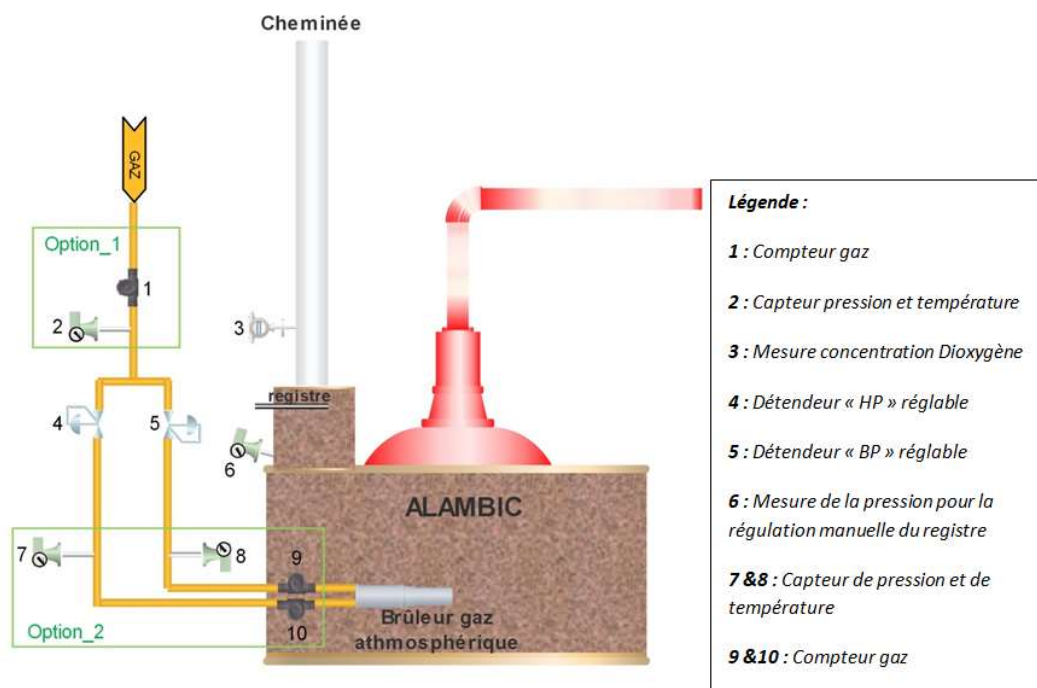
En 2020, le montant des CEE était de 16 800€

Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME)

IND-UT 134

Exemple 2 : Distillerie du Cognac avec PRO-Smen

1/ Instrumentation des Alambics



X 10



Nom des consommateurs	Lieu de mesure	Caractéristiques électriques
Groupe froid	Atelier	Protection tri 40A
Aérotherme	Atelier	Protection tri 40A
Pompage J.Y	Atelier	Protection tri 63A
Chargeur voiture électrique	Atelier	Protection tri 40A
Pompe géothermique 60m ³ /h	Armoire extérieure	Variateur de fréquence 11kW
Pompe géothermique 12m ³ /h	Armoire extérieure	Variateur de fréquence 5.5kW

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME)

IND-UT 134

Exemple 2 : Distillerie du Cognac avec PRO-Smen

Note de calcul :

Temps de retour sur investissement sur la base de données économiques spécifiques

Investissement :

Le montant retenu pour cette note de calcul est celui présent dans l'offre ci-avant : **69 400€ HT**

Aides :

Il existe différentes aides.

La première concerne une aide de l'ADEME qui prend en charge de 50% à 70% (70% pour les TPE) du montant d'une étude préalable aux investissements. L'étude ne peut pas être réalisée par la personne morale en charge de l'intégration du système SME, car elle serait en position de juge et partie. Avec une étude d'un montant de 20 000€, le montant de serait de **14 000€**

La deuxième n'est pas cumulable à la première. Il s'agit d'une prime (PRO SMEn) forfaitaire égale à 20% des dépenses énergétiques annuelles dans la limite de **40 000€** proposée par l'ATEE. Il faut démarrer la démarche avant le 30 juin 2022. Cette prime est envisageable si la société est certifiée ISO_50001 avant le 01/10/2022

Le montant des CEE auquel la distillerie serait éligible est de l'ordre de **5 000 à 7 000€**.

Economies d'énergie :

La mise en place d'un Système de Management de l'Energie se rentabilise par les économies d'énergie qu'il permet de réaliser en quelques années. Avec le retour d'expérience des industriels, l'ADEME, annonce qu'avec un SME les économies réalisées sont de l'ordre de 5 à 15% et ce grâce à la maîtrise fines des procédés énergivores.

Ce qui donnerait chez vous (avec des hypothèses très conservatrices) :

- 900€/tonne de propane soit **225k€** de propane/an pour 250T pour les années : 2022, 2023 et 2024.
- 1600€/tonne après 2024
- Pour 5% d'économie/an cela représente : **11 250€/an de 2022 à 2024**
- Pour 10% d'économie/an cela représente : **22 500€/an de 2022 à 2024**
- Pour 15% d'économie/an cela représente : **33 750k€/an de 2022 à 2024**

Ici, la hausse du coût de l'énergie n'est considérée qu'à partir de 2024

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

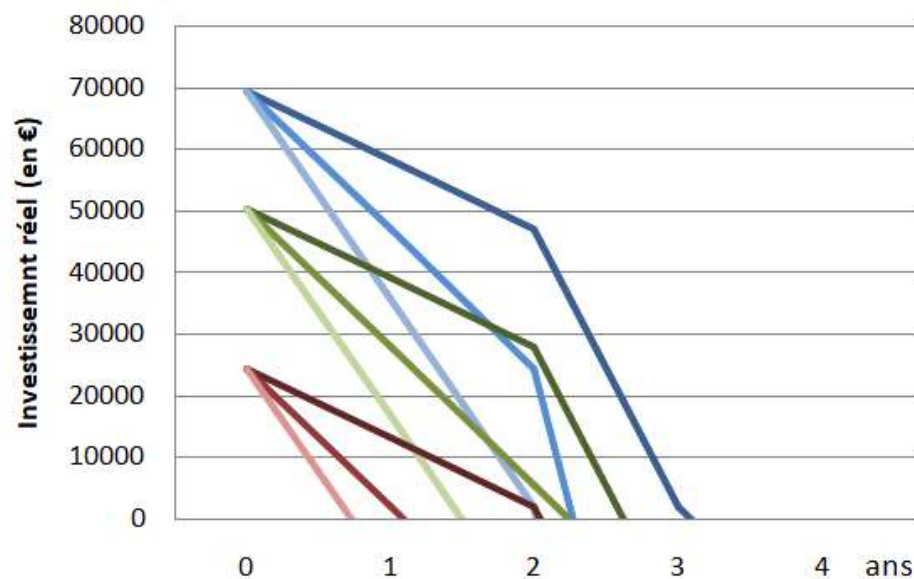
Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME)

IND-UT 134

Exemple 2 : Distillerie du Cognac avec PRO-Smen

Investissement réel	Sans Aide	Aide Etude	Pro SMEN	CEE => 5k€	Economie d'énergie		
					5%	10%	15%
69 400	*				*		
69 400	*					*	
69 400	*						*
50 400		*		*	*		
50 400		*		*		*	
50 400		*		*			*
24 400			*	*	*		
24 400			*	*		*	
24 400			*	*			*

Temps de retour sur investissement



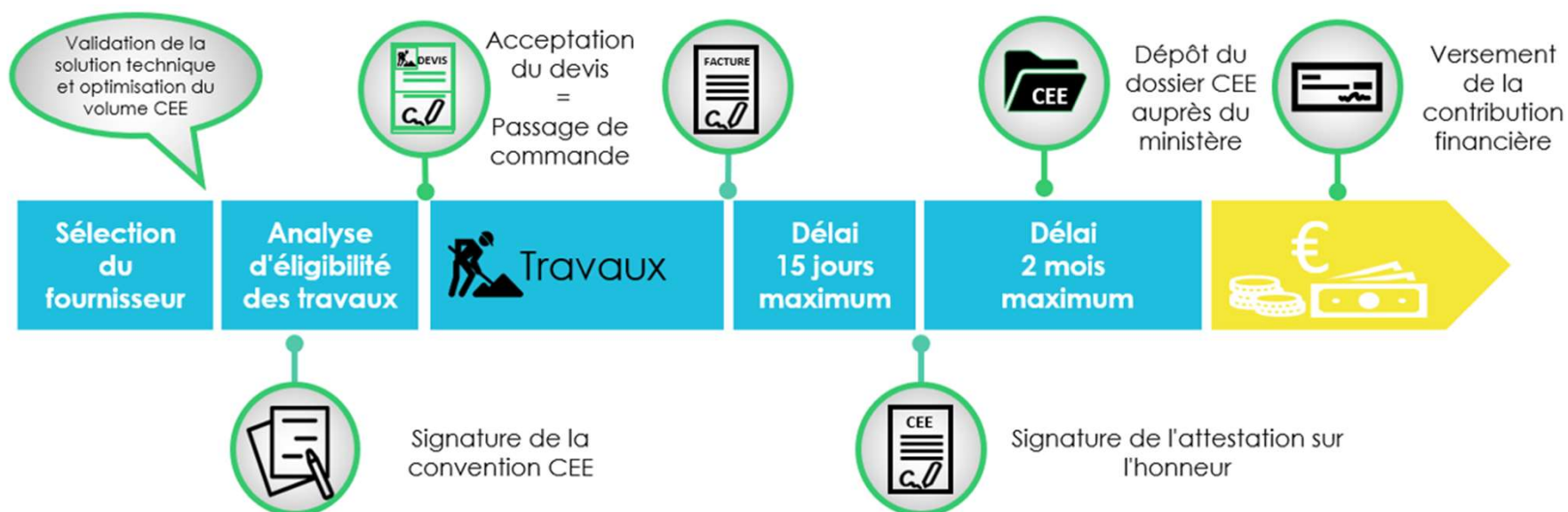
2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME)

IND-UT 134

- Informations relatives aux CEE



<https://enerwork.fr/>

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

Les CEE relatifs au Système de Management de l'Energie (SME)

IND-UT 134

- Informations relatives à la PRO-SMen



Quels objectifs ?

- Accélérer le déploiement de la norme ISO 50001 dans les entreprises et les collectivités
- Valoriser les démarches vertueuses d'économies d'énergie



Quel montant ?

- Plafonnée à **40 000 €**
- Égale à **20 %** des dépenses énergétiques annuelles des sites certifiés

Qui peut bénéficier du dispositif ?



PME



Grandes entreprises



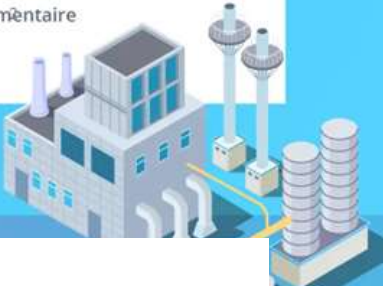
Établissements publics



Bailleurs sociaux

Avantages d'être certifié ISO 50001

- ★ Développer une culture de la performance énergétique
- ★ Avoir une vision globale de sa consommation énergétique
- ★ Gagner en compétitivité
- ★ Réduire l'empreinte environnementale
- ★ Être exempté d'audit énergétique
- ★ Anticiper sur l'évolution réglementaire





2EA
ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL



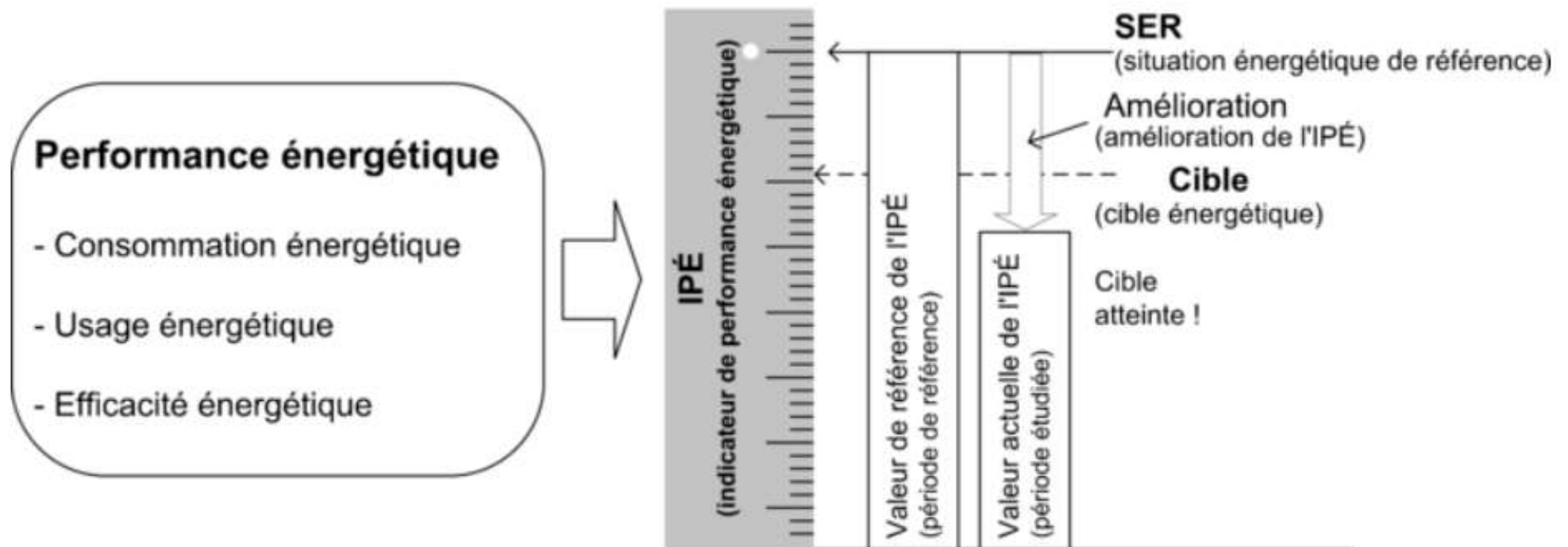
assure
MAÎTRISONS NOS ÉNERGIES

11

La métrologie des capteurs

1/ Qu'entend-on par Indicateurs de Performance Energétique IPE?

Figure 1 — Relation entre la performance énergétique, les IPÉ, les SER et les cibles énergétiques



<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:50006:ed-1:v1:fr>

La métrologie des capteurs

1/ Qu'entend-on par Indicateurs de Performance Energétique IPE?

Procédé industriel thermique ou électrique	Rendement (kWh/Unité de production)
Production et/ou distribution de chaleur	Rendement spécifique de chauffage (%)
Production et/ou distribution d'air comprimé	Consommation d'énergie spécifique (Wh/Nm ³)
Production et/ou distribution de froid	COP (kWh _{frigo} /kWh _{elec})
Autres systèmes motorisés*	Rendement (%)

Fiche standard CEE : IND-UT-134 , page 2

La métrologie des capteurs

2/ Comment calculer les indicateurs de performance énergétique de vos procédés?

Prenons le cas de l'exemple n°1 « Industrie de la céramique »



1. IPE des fours de cuisson
2. IPE des séchoirs

La métrologie des capteurs

1 .IPE des fours de cuisson : ***kWh/type de tuile***

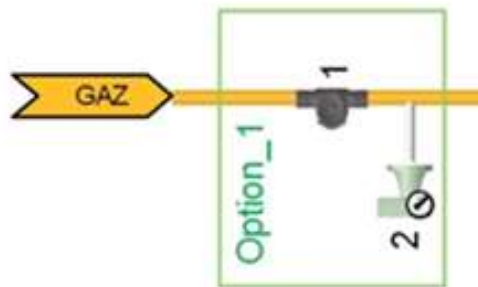
Il y a deux données d'entrée :

-la **productivité** : nombre de tuiles d'une référence produite sur un intervalle de temps donné (ex : **20 000 FA01/semaine**)



-la **consommation de carburant** : relevé des consommations par intervalle de temps **kWh/semaine**

Le PCI s'exprime en kWh/Nm³ et doit être multiplié par le volume normal de gaz naturel [Nm³] pour obtenir la quantité d'énergie consommée E[kWh]. Le volume normal de gaz naturel ne s'obtient pas directement en lisant le compteur de la chaudière, mais doit être corrigé en fonction de la pression [bar] et de la température [°C] avec la formule suivante :



$$\text{Volume de gaz (Nm}^3\text{)} = \text{Volume de gaz (m}^3\text{)} * \left(\frac{P_{\text{gaz}} + 1.013}{1.013} \right) * \left(\frac{273.15}{273.15 + T_{\text{gaz}}} \right)$$

$$\text{Energie (kWh)} = \text{Volume de gaz (Nm}^3\text{)} * \text{PCI}_{\text{gaz}} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{Nm}^3} \right)$$

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

La métrologie des capteurs

2. IPE des séchoirs : *kWh/type de tuile*

Il y a trois données d'entrée :

-la **productivité** : nombre de tuiles d'une référence produite sur un intervalle de temps donné (ex : **20 000 FA01/semaine**)

-la **consommation de carburant** : relevé des consommations par intervalle de temps **kWh/semaine**

-l'**apport d'air chaud** : relevé des consommations par intervalle de temps **kWh/semaine**



La métrologie des capteurs

- l'apport d'air chaud : relevé des consommations par intervalle de temps kWh/semaine

$$h = 1,006 \cdot \eta + [0,622 \cdot (p_v / (P_{atm} - p_v))] \cdot (2\,501 + 1,83 \cdot \eta) \text{ en kJ/kg air sec}$$

$$\text{avec } p_v = \varphi \cdot p_{vs} = \varphi \cdot 10^{2,7877 + (7,625 \cdot \eta) / (241,6 + \eta)}$$

où,

$$p_{vs} = 10^{2,7877 + (7,625 \cdot \eta) / (241,6 + \eta)}$$

- φ est l'humidité relative
- η la température

soit

$$\text{Energie air chaud (kWh)} = \text{Vitesse} \cdot \text{Section} \cdot \rho_{\text{air sec}} \cdot (h_{\text{air chaud}} - h_{\text{air ambient}}) \cdot t$$



La métrologie des capteurs

2/ Comment calculer les indicateurs de performance énergétique de vos procédés?

Pour ces deux IPE, il faut mesurer :



Procédés	IPE	Température	Pression	Vitesse	Hygrométrie	Débit volumique ou volume de gaz
Fours	kWh/type de tuile	Température du gaz	Pression de distribution du gaz			Compteur volumétrique
Séchoir	kWh/type de tuile	Température du gaz Température de l'air chaud Température de l'air ambiant	Pression de distribution du gaz Éventuellement pression de distribution de l'air chaud	Vitesse de l'air chaud dans les conduites	Humidité relative de l'air chaud dans les conduites (ici, quasi sec) Humidité relative de l'air ambiant	Compteur volumétrique

La métrologie des capteurs

2/ Comment calculer les indicateurs de performance énergétique de vos procédés?

Voici quelques exemples avec les mesures associées à effectuer:

Procédés	IPE	Température	Pression	Vitesse/ Débit	Hygrométrie	Consommation électrique	Consommation énergies fossiles
Groupe Froid (réseau eau froide)	Rendement génération de froid (COP)	T° départ eau froide T° retour eau froide		Débit réseau eau froide		Puissance électrique absorbée	
Compresseur	Conso spécifique		Pression de service	Débit volumique réseau air comprimé		Puissance électrique absorbée	
Préparation d'eau chaude sanitaire	Rendement énergétique	T° départ eau chaude sanitaire				Puissance électrique absorbée (si effet joules ou PAC)	Compteur volumétrique (si gaz en Nm3) (si Fioul en L) (si solide en kg)
Echangeur (sans changement d'état des fluides)	Rendement énergétique	T° entrée primaire T° sortie primaire T° entrée secondaire T° sortie secondaire	Mesure pression primaire ou secondaire si fluide compressible	Débit volumique primaire Débit volumique secondaire			
Réchauffeur /humidificateur d'air électrique	Rendement énergétique	T° entrée d'air T° sortie d'air		Débit volumique de l'air dans le réchauffeur	(%Hr) entrée d'air (%Hr) sortie d'air	Puissance électrique absorbée	

La métrologie des capteurs

3/ Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?

- Il faut d'abord connaître l'environnement du lieu de la mesure et le niveau de protection nécessaire du capteur.



GAZ / VAPEURS	ZONE 0 <i>1000 heures/an</i>	Atmosphère explosive présente en permanence ou pendant de longues périodes, en fonctionnement normal =danger permanent, de longue durée ou fréquent
	ZONE 1 <i>Entre 10 et 1000 heures/an ou plus</i>	Atmosphère explosive présente occasionnellement, en fonctionnement normal =danger occasionnel
	ZONE 2 <i>Moins de 10 heures/an</i>	Atmosphère explosive présente accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou pendant de courtes durées =danger rare ou de courte durée
POUSSIÈRES	ZONE 20 <i>1000 heures/an</i>	Atmosphère explosive présente en permanence ou pendant de longues périodes, en fonctionnement normal =danger permanent, de longue durée ou fréquent
	ZONE 21 <i>Entre 10 et 1000 heures/an ou plus</i>	Atmosphère explosive présente occasionnellement, en fonctionnement normal =danger occasionnel
	ZONE 22 <i>Moins de 10 heures/an</i>	Atmosphère explosive présente accidentellement, en cas de dysfonctionnement ou pendant de courtes durées =danger rare ou de courte durée

2EA

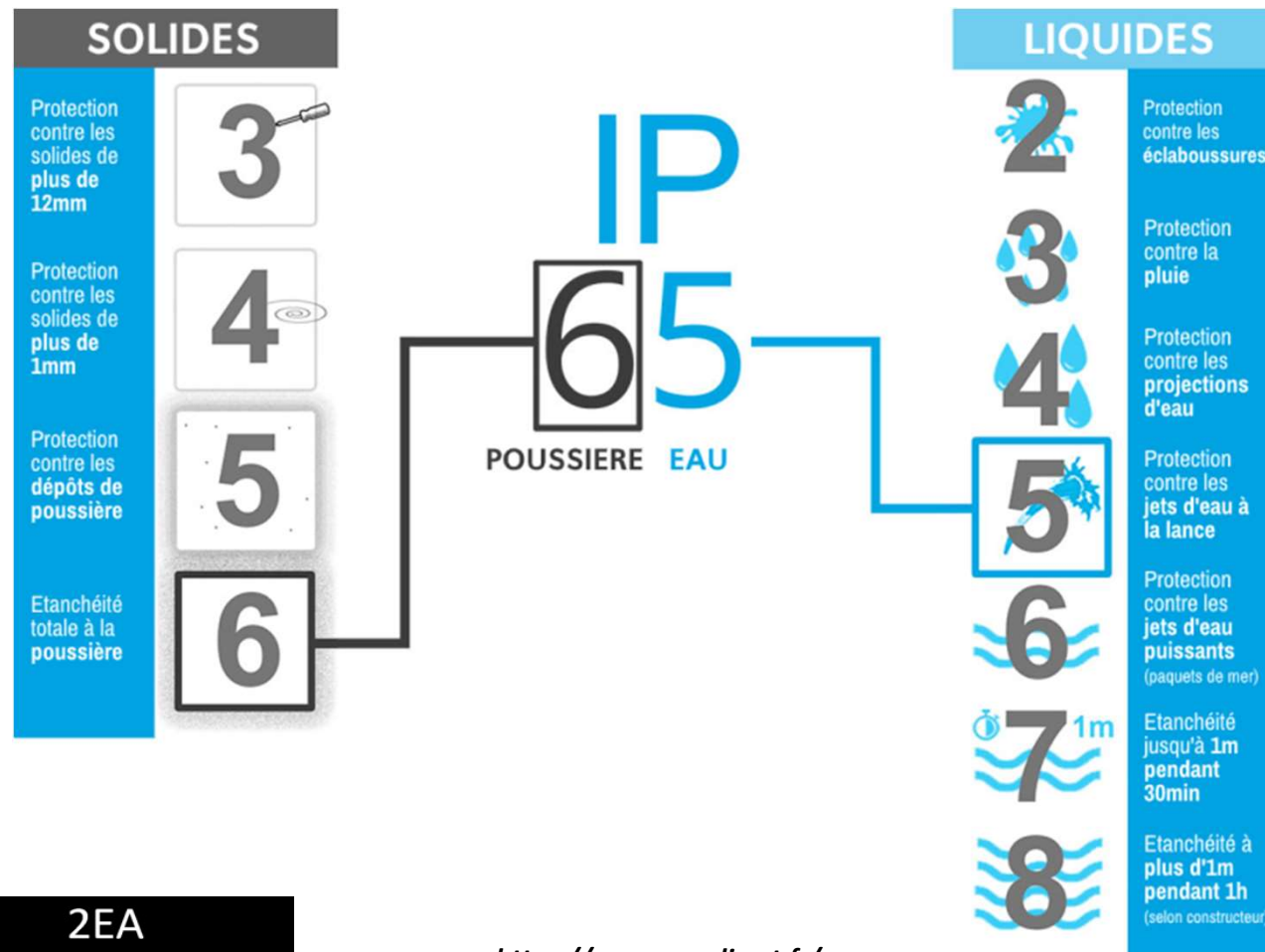
ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

<https://zone-atex.fr/>

La métrologie des capteurs

3/ Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?

- Il faut d'abord connaître l'environnement du lieu de la mesure et le niveau de protection nécessaire du capteur.



L'indice de Protection (IP) est un standard international mis en place par la Commission Electrotechnique Internationale (IEC). Il se compose de 2 chiffres et renseigne l'utilisateur sur le niveau d'étanchéité de son appareil

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

<https://www.onedirect.fr/>

La métrologie des capteurs

3/ Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?

- Il est nécessaire de connaître ou maîtriser la température d'utilisation et/ou de stockage du capteur

TEMPÉRATURE D'UTILISATION

Min	-10.00 °C
Max	50.00 °C

- Un environnement corrosif ou abrasif obligera un traitement particulier du capteur



TEMPÉRATURE DE STOCKAGE

Min	-10.00 °C
Max	70.00 °C

Kimo : CP 210-R

- Il faut connaître la qualité et la nature du capteur

Passif ou actif?	résolution	précision	Temps de réponse	Étendue de la mesure	Dérive	Type de signal de sortie
Passif : variation d'impédance (restif, capacitif ou inductif) Actif: le signal de sortie (tension ou courant) est généré par un convertisseur	C'est le plus petit changement de valeur du signal mesurable	En % de l'étendue de la mesure ou en valeur absolue	C'est le temps de stabilisation du signal. Il est donné pour un niveau de précision atteint: 1% , 3%, 5%...	Plage maximale mesurable par le capteur	En température : Sensibilité du capteur aux variations de température Hystérésis : Déviation de la courbe du signal de la phase montante à la phase descendante	Analogique : 40-20ma ; 0-10V ou autre •Digital : lecture d'un registre mémoire, ou codage numérique sur une trame

La métrologie des capteurs

3/ Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?

- Les capteurs de températures

Fonctionnalités	Thermocouple	RTD	Thermistance
Gamme de température	Excellente de -210 °C à 1760 °C	Très bonne de -240 °C à 650 °C	Bonne de -40 °C à 250 °C
Linéarité	Acceptable	Bonne	Faible
Sensibilité	Basse	Moyenne	Très élevée
Temps de réponse	Moyen à rapide	Moyen	Moyen à rapide
Stabilité	Acceptable	Bonne	Faible
Précision	Moyen	Élevée	Moyenne
Susceptibilité à l'auto-échauffement	Non	Oui, minimale	Oui, élevée
Durabilité	Excellente	Bonne	Faible
Coût	Le plus faible	Élevé	Basse
Exigences pour le conditionnement des signaux	Compensation de soudure froide Amplification Détection de thermocouple ouvert Mise à l'échelle	Excitation Correction de la résistance de fil Mise à l'échelle	Excitation Mise à l'échelle

<https://www.ni.com/fr>

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

La métrologie des capteurs

3/ Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?

- Les capteurs de pression « différentielle »

PRESSION DIFFERENTIELLE

Plage de mesure
(selon version)

PST11 : -100 à +100 Pa
PST12 : -1000 à +1000 Pa
PST13 : -10000 à +100000 Pa
PST14 : -500 à +500 mbar
PST15 : -2000 à +2000 mbar

Unités

Electrovanne d'auto-calibration (seulement sur PST-11)
PST11-PST12-PST13 : Pa, mmH2O, inWG, mmHG, daPa, kPa, hPa, mbar
PST14-PST15 : mbar, inWG, mmHG, PSI, mmH2O, daPa, hPa, kPa

Précision

PST11 : $\pm 1\%$ de la lecture ± 2 Pa
PST12 : $\pm 1.5\%$ de la lecture ± 3 Pa
PST13 : $\pm 1.5\%$ de la lecture ± 30 Pa
PST14 & PST15 : $\pm 1.5\%$ de la lecture ± 3 mbar

Temps de réponse

T63=0.3 sec.

Résolution

PST11-PST12-PST13 : 1 Pa, 0.1 mmH2O, 0.01 mbar, 0.01 inWG, 0.01 mmHG, 0.1 daPa, 0.001 kPa (0.01 kPa pour le CP113), 0.01 hPa
PST14-PST15 : 1 mbar, 0.1 inWG, 1 mmHG, 1 mmH2O, 1 hPa, 10 daPa, 0.1 kPa, 0.1 PSI



Avantages de la mesure de pression :

- la mesure peut être déportée de l'appareil car il n'y a pas de circulation de fluide donc pas de perte de charge.
- Il est possible d'intégrer la mesure avec une chambre, afin de s'affranchir des faibles variations.

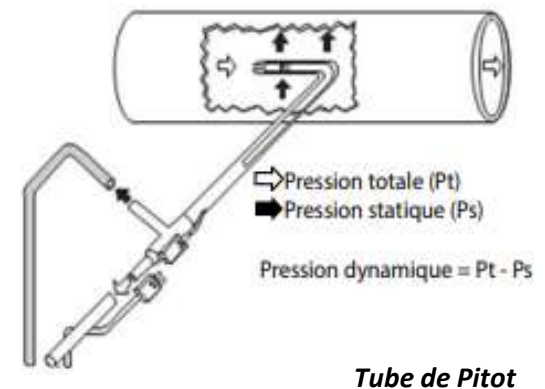
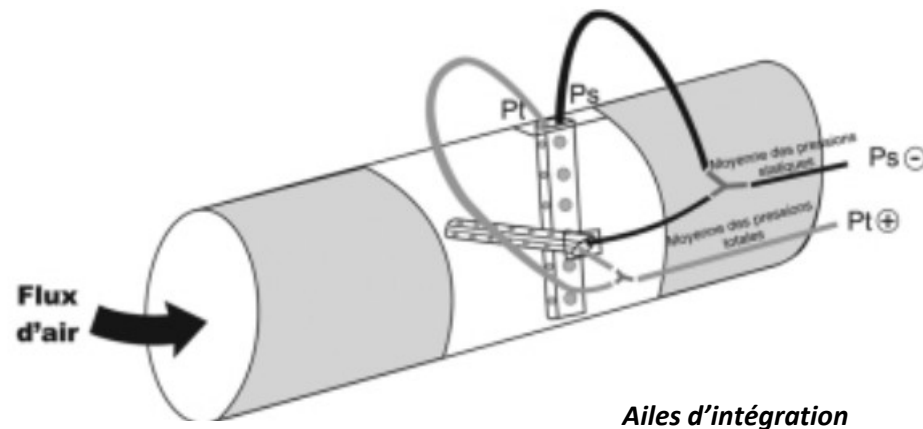
2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL

La métrologie des capteurs

3/ Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?

- Avec les capteurs de pression différentielle, il est possible de mesurer :
 1. La pression différentielle liée à l'encrassement d'un filtre.
 2. La pression statique dans un conduit de cheminée afin d'assurer la qualité de la combustion avec une mesure de pression « différentielle » avec l'atmosphère.
 3. Vitesse ou débit de fluide.



La métrologie des capteurs

3/ Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?

- Les capteurs de pression statique:

Les capteurs de pression statique réalisent une mesure ponctuelle.

Ils ne sont pas dépendant des variations de la pression atmosphérique.

Ils sont utilisés pour des mesures de vide. Ils sont particulièrement adaptés pour des mesures de pression élevées > 10bars.

Ils intègrent parfois un capteur de température



La métrologie des capteurs

3/ Comment choisir la technologie des capteurs adaptée à vos procédés?

- Les compteurs d'énergie



Compteur Gaz à soufflet



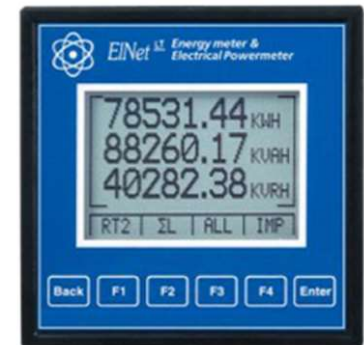
Compteur Gaz à turbine
ou quantomètre



Compteur fioul



Compteur énergie
thermique

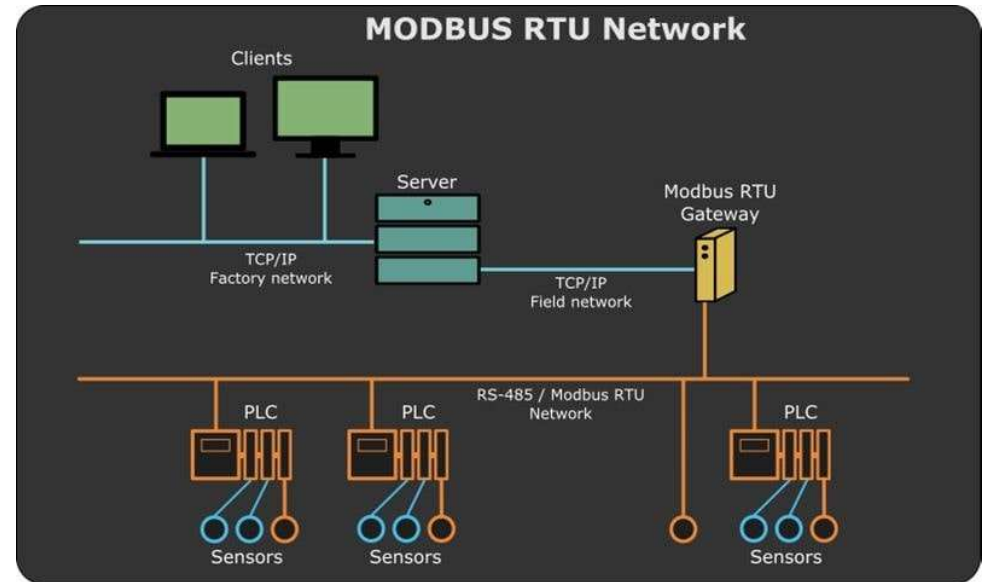
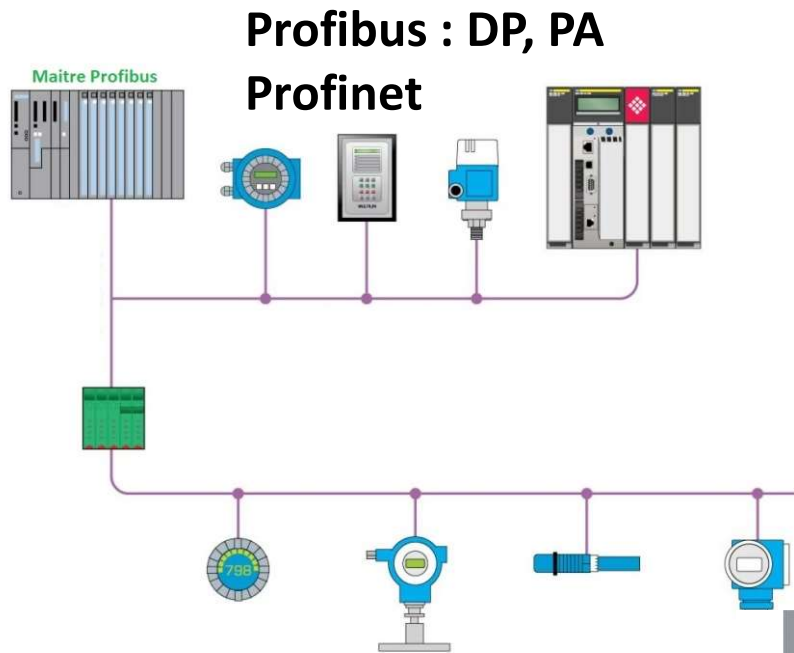


Compteur énergie électrique
(Wattmètre)
Mesure de l'intensité électrique
via des tores ou
transformateurs d'intensité

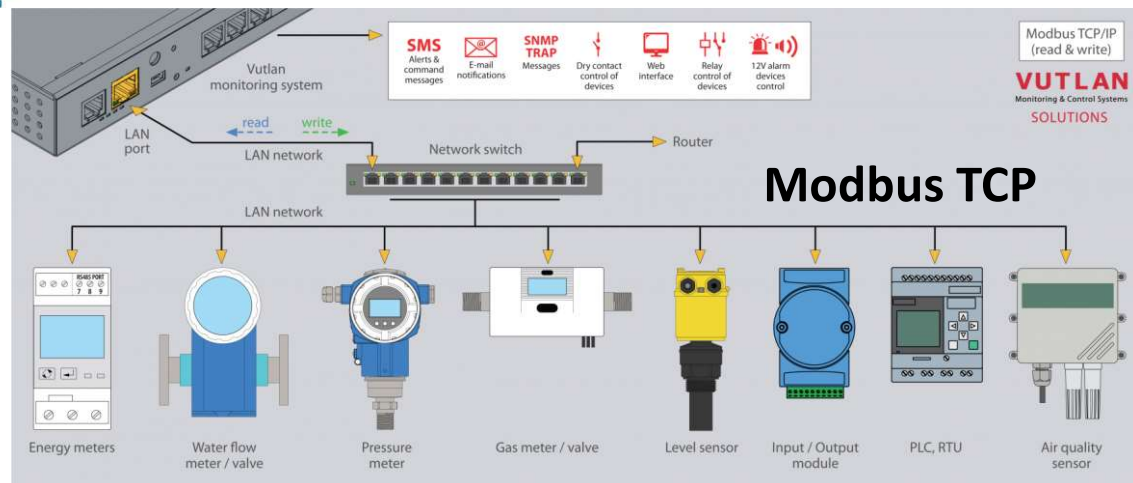


Intégration d'un réseau de capteurs sur un site industriel

1. Communication du signal : M-bus, profibus, modbus rs485, modbus tcp, ...

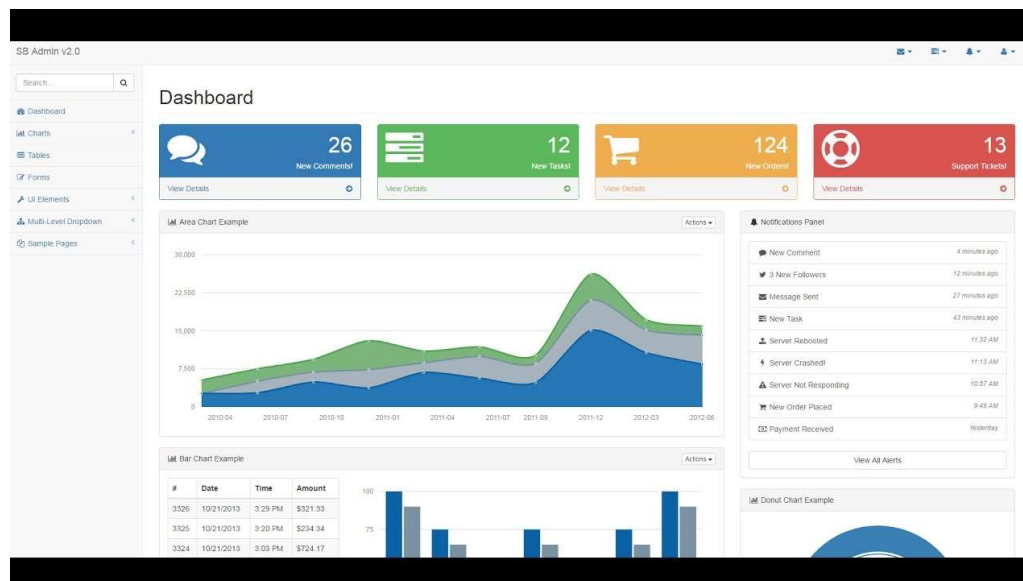
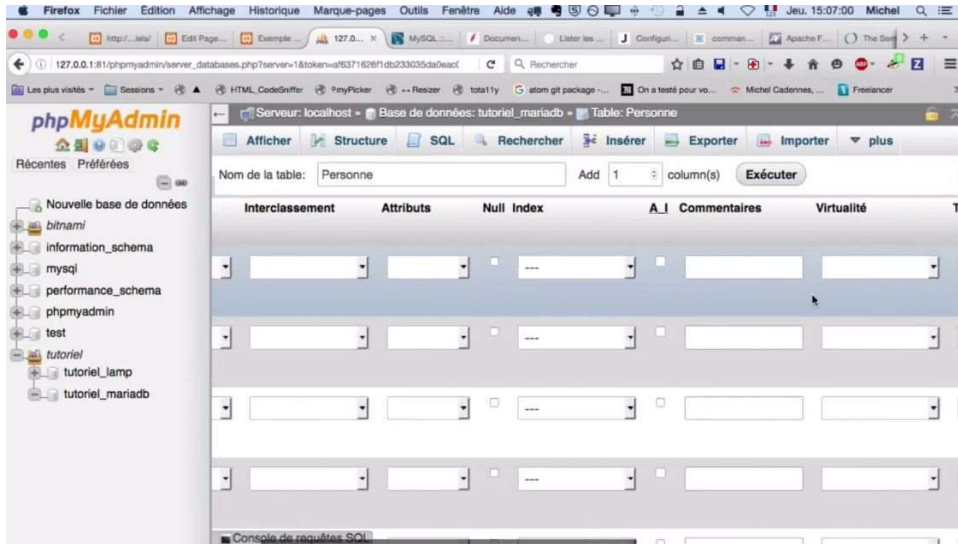


M-Bus

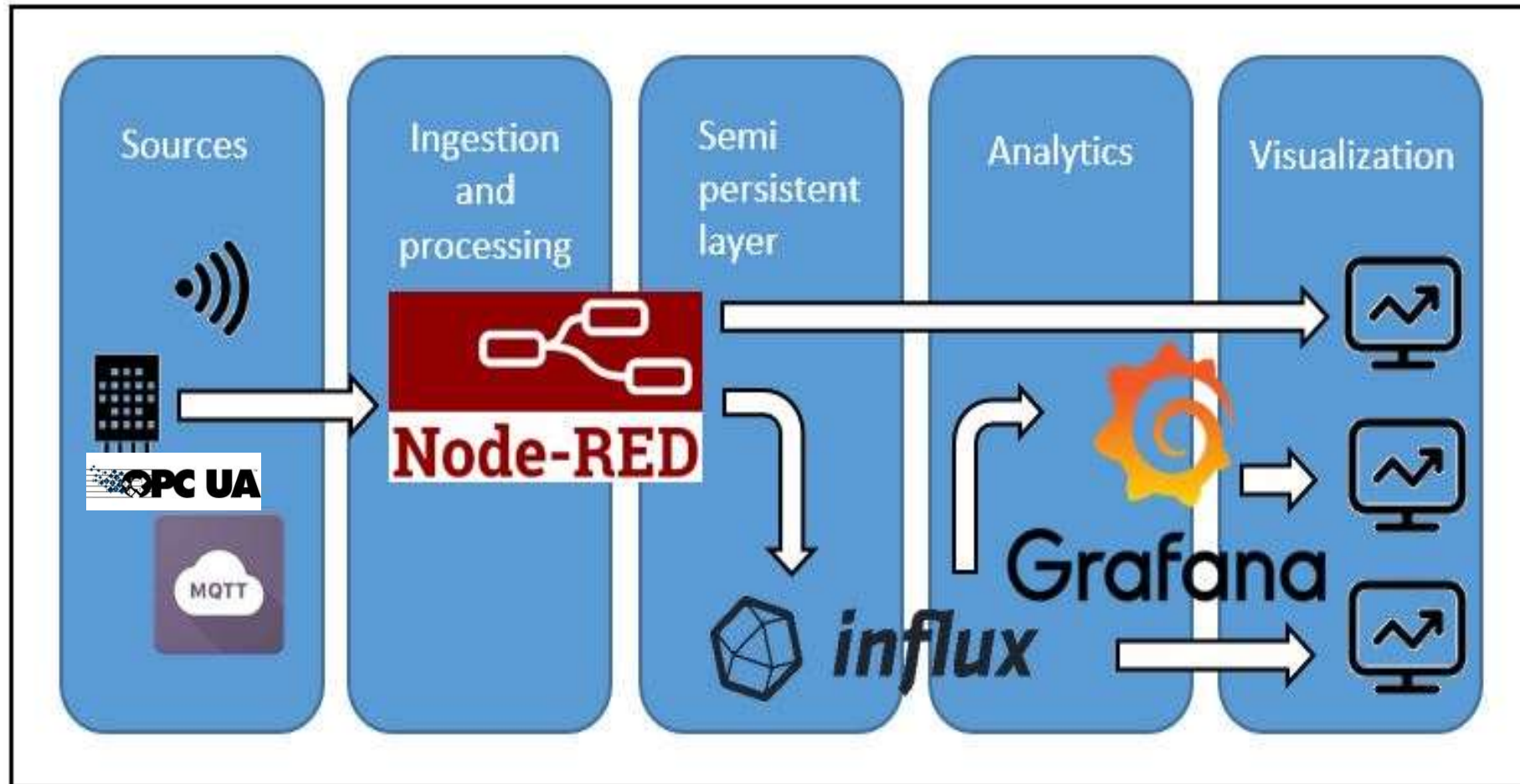


Intégration d'un réseau de capteurs sur un site industriel

2. Stockage des données brutes, analyse des données et mise en forme des données



Exemple de supervision d'une ligne : SME « séchage et cuisson de la céramique avec valorisation de chaleur fatale »



WEBINAIRE : LE SYSTEME DE MESURAGE DE VOS CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

RENCONTRE THEMATIQUE ASSURE

Jeudi 9 juin 2022 à 10h30

Merci

2EA

ENERGIE ELECTROTECHNIQUE
ET AUTOMATISME INDUSTRIEL