

Instrumentation et Mesure :

Conditionnement et traitement des signaux

Mesure et traitement des signaux de l'instrumentation dans l'industrie



ANNECCA GAETAN

Responsable service REGULATION
PAPETERIES DE CLAIREFONTAINE
gaetan.annecca@clairefontaine.eu

Mesure et traitement des signaux de l'instrumentation dans l'industrie

Cours : 6 h	TD : 8 h	TP : 16 h
Généralités Métrologie Les capteurs transmetteurs Principes de mesure Contrôle des connaissances (2h – note coefficient 2)	Incertitudes et erreurs Choix technologique Étude de process Exercices Préparation aux TP Préparation au contrôle	2 Séances de 8h : Utilisation du matériel Etude de cas avec réglages, paramétrages, et configurations via logiciel pour mise en service et visualisation des mesures.

Sources :

- « Instrumentation industrielle 3^{ème} édition » de Michel Grout aux éditions Dunod
- « Instrumentation et régulation en 30 fiches » de Patrick Prouvost aux éditions Dunod
- « Les capteurs en instrumentation industrielle » de Georges Asch aux éditions Dunod
- Sites internet des constructeurs VEGA, ABB, SIEMENS, ENDRESS & HAUSER, EMERSON

Liens utiles :

<http://www.tcdirect.fr>

<http://www.wika.fr>

<http://www.fr.endress.com>

<http://www.abb.fr>

<http://www.druck.com>

<http://www.emersonprocess.com>

<http://www.vega.fr>

<https://pia.khe.siemens.com>

Calcul d'incertitude et conformité d'un instrument de mesure

Généralités

Une 'mesure', vue par un spécialiste est issue d'un appareillage plus ou moins difficile à ajuster 'étalonner', et dont l'implantation toujours délicate, permet d'obtenir une valeur plus ou moins représentative de l'état réel de la grandeur mesurée.

Une 'mesure', vue par l'exploitant est correcte si elle indique la valeur souhaitée, elle est douteuse dans tous les autres cas.

Nous savons que la valeur indiquée représente ce qui est mesuré avec une certaine précision ($\pm 1\%$ par exemple), mais il reste toujours une certaine probabilité pour que la valeur indiquée soit totalement différente de la valeur vraie.

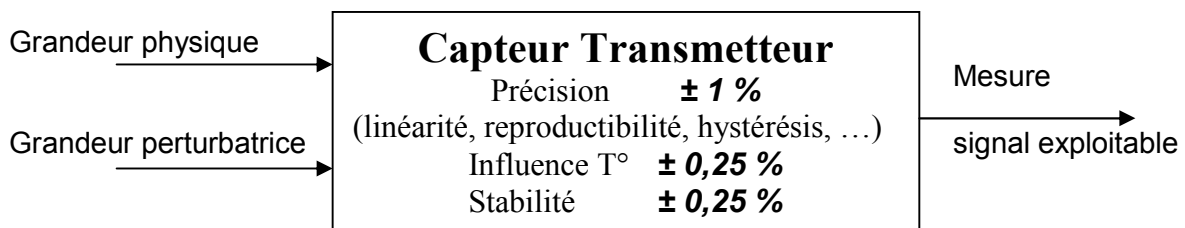
Le calcul de la 'précision' et de la probabilité pour que cette précision soit effectivement obtenue est une démarche souhaitable pour essayer de chiffrer un 'niveau de confiance en la mesure' que toute personne concernée pourrait accepter. Ce n'est pas facile.

Les utilisateurs tiennent à être 'sécurisés' par des chiffres absolus même si ceux-ci n'existent pas, et le calcul statistique dont les principes découlent de la théorie des probabilités, s'applique généralement aux séries, or industriellement, il s'agit plutôt de 'mesures ponctuelles' qui n'ont pas grand chose de commun avec la mesure répétitive du même étalon.

Vocabulaire

Quand on n'est pas sûr d'un mot, il faut se référer à la norme. Les termes les plus fréquemment utilisés sont : Sensibilité, mobilité, fidélité, justesse, linéarité, hystérésis, précision, classe de précision, erreur absolue, erreur relative, incertitude, erreur de mesure, écart de mesure, écart-type.

Application à un capteur transmetteur industriel



Pour annoncer l'exactitude d'un instrument, les constructeurs annoncent la précision relative de leur instrument. La règle est celle de l'erreur relative sur un produit, $Er = (\pm 1\%) + (\pm 0,25\%) + (\pm 0,25\%) = \pm 1,5\%$

En réalité, on pense qu'il est peu probable que les erreurs \pm s'ajoutent, et une valeur plus probable est obtenue en utilisant une loi qui se rattache à la théorie des probabilités.

Loi des moindres carrés : elle consiste à calculer la racine des carrés des 'précisions relatives'.

$$\text{« précision relative »} = \sqrt{(\pm 1\%)^2 + (\pm 1\%)^2 + (\pm 0,5\%)^2} = \pm 1,06 \%$$

Erreur de mesure ou Ecart-type

L'écart type ou écart moyen quadratique est un indice caractérisant la dispersion des résultats obtenus dans une série de mesurage de la même valeur d'une grandeur. Cet écart type est utilisé pour définir la 'précision' d'un appareil, (précision intrinsèque de l'instrument donnée par les constructeurs ou les laboratoires d'essais), c'est un indice d'écart et n'a pas d'unité. On le nommera S (sigma).

Niveau de confiance, limite de confiance

Le calcul statistique indique qu'il y a 95 % de chance pour que la valeur vraie soit comprise dans un intervalle de ± 2 fois l'écart-type, plus communément appelé 2 sigma.

Pour info, la valeur vraie se situe :

50% des cas à $\pm 0,67 \times s$

68% des cas à $\pm s$

95% des cas à $\pm 2 \times S$

98% des cas à $\pm 4 \times s$

Dans les calculs d'erreur, **l'exactitude statistique d'un instrument de mesure** est donné ou retenu pour une erreur acceptable de $\pm 2 \times s$ (sigma), cela veut dire qu'à une '**précision relative**' de $\pm 1\%$ correspond un **écart-type relatif** de $\pm 0,5\%$, et réciproquement.

Donc si un constructeur annonce une erreur de mesure ou un écart de mesure de $\pm 0,5\%$, il faut retenir que la précision intrinsèque de l'instrument est probablement de $\pm 1\%$.

Précision

La question que l'on pose le plus souvent au sujet d'un appareil de mesure est : **Quelle est sa précision ?**

C'est-à-dire : Quelle est son aptitude à donner des valeurs proches de la valeur vraie ?

Si l'on veut tenir compte de toutes les causes d'erreur, on ne peut pas répondre par un seul chiffre, il y a au moins :

La précision intrinsèque de l'appareil donnée par des essais en laboratoire pour une série de mesurages de la même grandeur dite 'étalon'.

Par exemple, si des essais ont donné un écart-type relatif (erreur de mesure) de $\pm 0,25\%$; on dira que la **précision intrinsèque** donnée par le constructeur est de **$\pm 0,5\%$** .

Les erreurs dues aux grandeurs d'influences : température, vibrations, variation de la tension d'alimentation, stabilité à long terme, etc. ...

La 'précision' est une valeur relative qui s'applique au maxi de l'étendue, elle sert à déterminer l'erreur absolue en tous points de l'étendue de mesure.

Erreur absolue = 'précision' x maxi de l'étendue, elle est la même en tout points de l'étendue.

Exemple : un transmetteur de pression d'étendue de mesure 0 à 1000 mbar, à une précision de 0,5% signifie que l'erreur absolue est de $0,5\% \times 1000$, c'est à dire ± 5 mbar.

Ainsi pour une valeur de 100 mbar, la mesure est de 100 mbar ± 5 mbar.

En erreur relative, on aura, **er = erreur absolue/valeur mesurée**, $er = 5 \text{ mbar} / 100 \text{ mbar} = 5 \%$

On peut donc annoncer que la mesure est : 100 mbar ± 5 mbar ou 100 mbar $\pm 5 \%$.

Rien à voir avec la précision intrinsèque de l'appareil donné par le constructeur qui est de 0,5%.

Cause d'erreur dans le mesurage

Voici une liste d'erreurs qui pourraient influencer les résultats d'une mesure ou d'une vérification d'un appareil.

Erreur de principe de méthode de vérification ou de mesure.

Erreur de lecture.

Erreur de mobilité.

Erreur d'hystérésis.

Erreur due aux grandeurs d'influences.

Erreur due au temps de fonctionnement. (vieillesse)

Erreur due aux conditions climatiques. (humidité, météo)

Erreur due au bruit. (champ magnétique électrique ou onde électromagnétique)

Erreur de justesse ou de précision pendant une vérification.

Lors d'une vérification d'un capteur transmetteur, nous supprimerons ces causes, sans oublier que certaines seront dépendantes de notre influence personnelle pendant les manipulations.

Présentation des travaux pratiques

Deux séances de 8h de travaux pratiques se dérouleront de la façon suivante :

Objectifs : Exploitation de l'instrumentation industrielle.

Présentation de quelques capteurs, transmetteurs, convertisseurs et afficheurs utilisés dans l'industrie. En utilisant les documents techniques et les éléments du cours, vous devez raccorder et mettre en service les différents appareils sur chaque atelier en suivant les énoncés de TP.

Cahier des charges : raccordement, réglage, paramétrage ou configuration via logiciel propriétaire des différents instruments industriels sur 4 TP de 4h contenant différents ateliers.

Les 4 TP :

- 1. Etalonnage des transmetteurs de pression analogiques
Paramétrage et vérification des transmetteurs intelligents**
- 2. Vérification des sondes de température électriques
Exploitation des sondes Pt100 et des convertisseurs**
- 3. La mesure de niveau hydrostatique**
- 4. La mesure de niveau sans contact**

Utilisation des capteurs, transmetteurs, convertisseurs et afficheurs. En utilisant les documents techniques et les éléments vus en cours et en travaux dirigés, vous devez raccorder et mettre en service les différents appareils sur chaque atelier en suivant les énoncés de TP et répondre au cahier des charges.

Manipulation : Raccordement, réglage, paramétrage ou configuration via logiciel propriétaire des différents instruments industriels. Interfaçage des signaux analogiques sur les entrées des API LOGO, certains ateliers contiennent également du diagnostic et du calcul.

Vous devez sauvegarder l'ensemble des fichiers nécessaire à la configuration des différents instruments utilisés dans les différents ateliers.

Un dossier TP capteur devra contenir des sous dossiers TP1 à TP4, chaque sous dossier devra contenir les fichiers qui lui sont associés. Une récupération des fichiers aura lieu en fin de séance.

La note de TP sera calculée de la façon suivante : moyenne des 4 notes obtenues pour chaque TP. Il y aura donc 4 notes, une par TP et chacune de ces notes sera proportionnée ainsi :

30% pour les travaux et la compréhension pendant la réalisation du TP

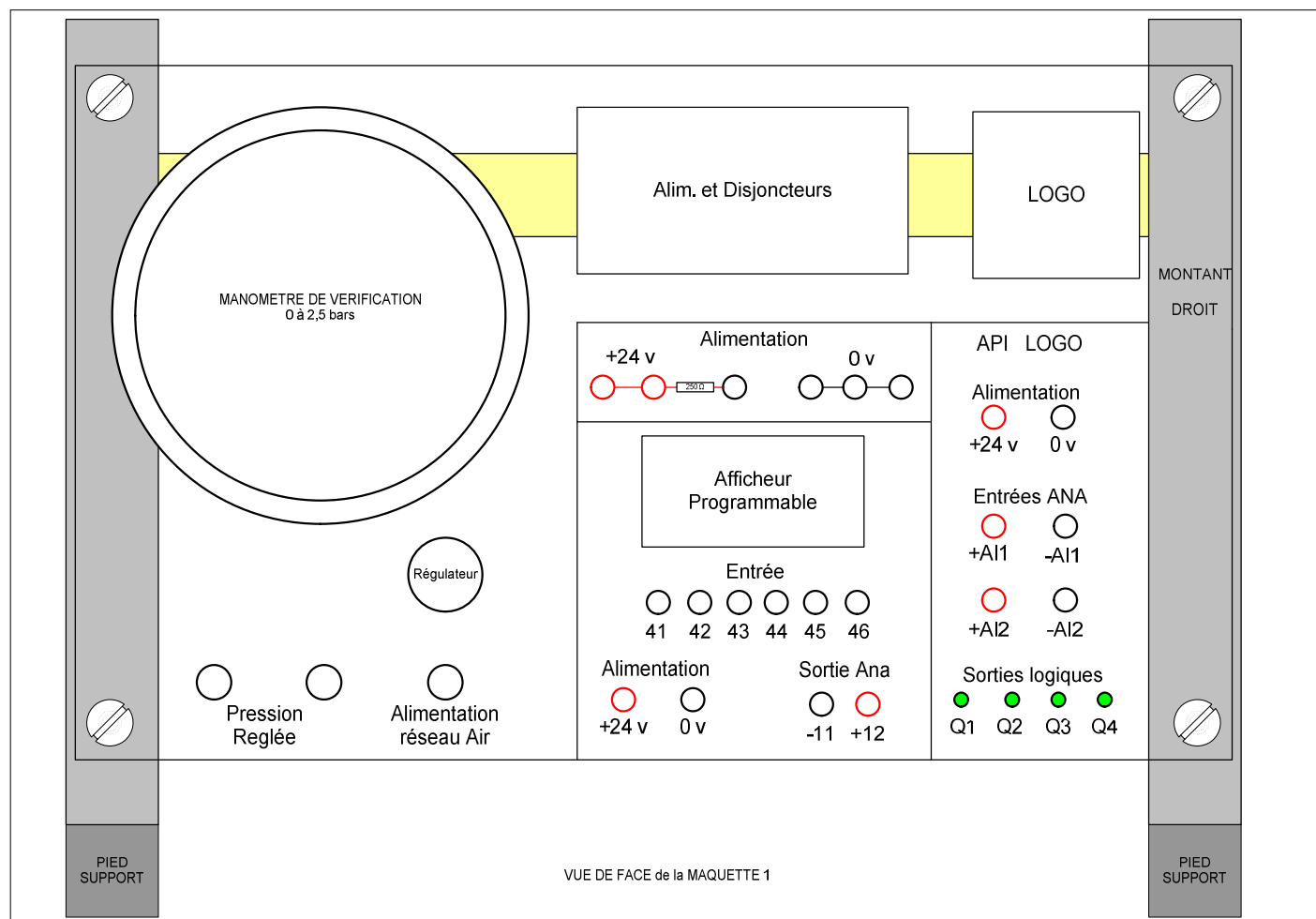
45% pour la rédaction et le contenu du rapport pré rempli à rédiger en séance de TP

25% pour la sauvegarde des fichiers et la possibilité de les réutiliser

Utilisation des maquettes de travaux pratiques

Lors des séances de travaux pratiques, des maquettes pré câblées permettent le raccordement des capteurs transmetteurs pour réaliser les manipulations.

Exemple : maquette N°1



Chaque maquette comporte 3 ou 4 parties, Alimentation – Afficheur – Convertisseur – API LOGO
Les maquettes 1 et 2 ont également une partie supplémentaire permettant le réglage d'une pression d'air comprimé pour simuler des pressions.
La partie LOGO sert uniquement dans le TP3.

Pour l'ensemble des 4 TP, des schémas de raccordement seront joint aux énoncés pour vous permettre de réaliser les branchements des différents capteurs sur les convertisseurs, afficheurs et API.

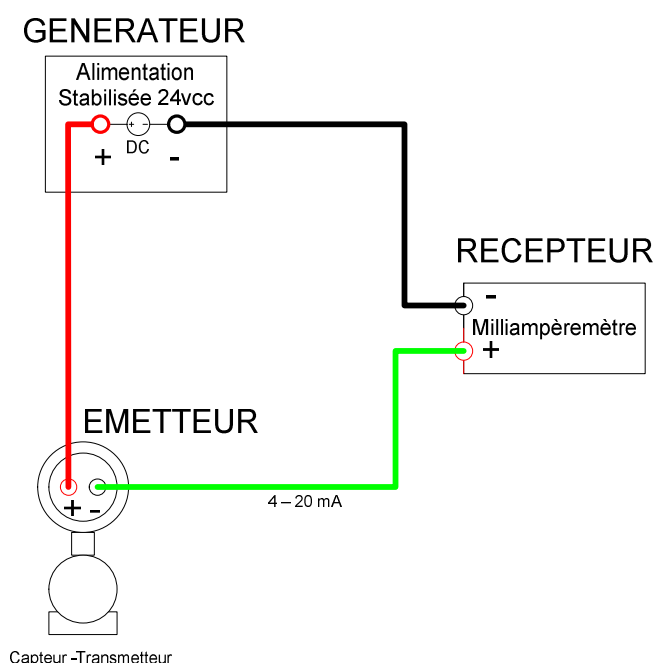
Pour chaque atelier, vous disposerez d'annexes, des documents techniques pour utiliser les différents instruments, des tables de référence pour les sondes de température, des données pour répondre aux différents énoncés, des procédures pour vous aider à réaliser la configuration des instruments via les logiciels spécifiques, des diagrammes de configuration pour les convertisseurs.

Raccordement et mise en service d'un capteur transmetteur industriel

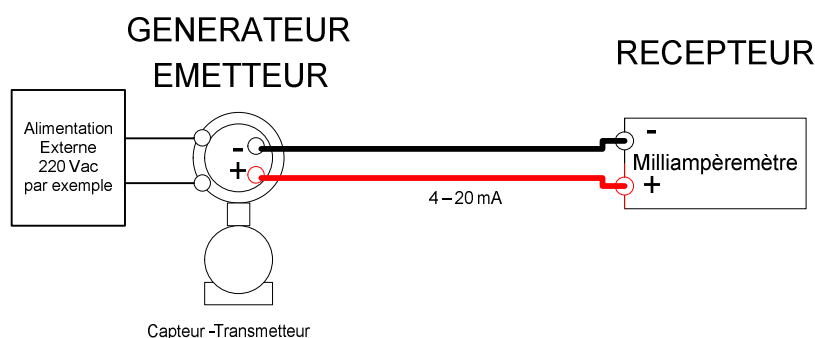
Pour créer une boucle de courant il faut au minimum un générateur, un émetteur et un récepteur.
Dans le cas des capteurs 2 fils, il faut impérativement un générateur pour alimenter la boucle de courant.
Dans le cas des capteurs 4 fils, le capteur transmetteur est aussi générateur de la boucle de courant.

Le récepteur peut être un appareil de mesure comme un milliampèremètre, mais aussi un convertisseur de signaux analogiques, un afficheur analogique, ou une entrée d'un système d'acquisition (automate, système numérique de contrôle commande, centrale d'acquisition, enregistreur, régulateur, etc.)

Raccordement d'un capteur transmetteur en technique 2 fils :
Besoin d'une alimentation externe pour générer la boucle de courant.



Raccordement d'un capteur transmetteur en technique 4 fils :
Le transmetteur génère la boucle de courant.



PROCEDURE D'ETALONNAGE d'un capteur de pression analogique

1. Déterminer l'étendue de mesure à régler sur le transmetteur (Zéro et Pleine échelle).
2. Effectuer les raccordements électriques du transmetteur.
3. Raccorder un milliampèremètre dans la boucle de courant.
4. Mettre le transmetteur sous tension.
5. Mettre la chambre de mesure à $P = P_{atm}$ et régler le signal de sortie au minimum pour effectuer **le réglage du ZÉRO**.
6. Appliquer la pression maximum de l'étendue d'échelle choisie pour effectuer **le réglage du SPAN** (gain ou pleine échelle).
7. Recommencer les étapes 5 et 6 plusieurs fois jusqu'à obtenir la meilleure précision.

Vérification du réglage du transmetteur :

1. Effectuer un relevé de mesures en 5 points de l'étendue d'échelle, de la pression de réglage et du signal de sortie du transmetteur.
2. Faire un relevé dans le sens **croissant** et **décroissant** de la pression de réglage.
3. Reporter l'ensemble des résultats dans un tableau, et tracer des courbes d'étalonnage correspondantes au signal de sortie en fonction de l'étendue de mesure.
4. Calculer la précision de votre vérification pour tous les points de mesure.
5. En déduire la précision de vérification du capteur (prendre la valeur la plus grande).
6. Annoncer la mesure avec l'incertitude que le capteur pourra donner dans l'application demandée dans le sujet du TP.

Exemple de vérification :

Dans un TP, si une application demande un point de consigne à 1,5 bar pour une mesure dont l'étendue d'échelle est de 0 à 2 bar et un signal de sortie du capteur allant de 4 à 20 mA.

Un point de mesure vous donne par exemple :

Pression réelle = **1,02** bar pour un signal = **11,97** mA

1. On recherche les mA théoriques pour une pression de 1,02 bar.

Valeur mA théorique pour 1,02 bar = $((1,02 / 2) \times 16) + 4 = 12,16$ mA.

Erreur absolue = $|12,16 - 11,97| = 0,19$ mA.

Précision relative = $0,19 / 16 = 1,19$ %.

2. On obtient le même résultat si on effectue les calculs avec les valeurs en pression.

Valeur pression théorique pour 11,97 mA = $((11,97 - 4) / 16) \times 2 = 0,99625$ bar.

Erreur absolue = $|1,02 - 0,99625| = 0,02375$ bar.

Précision relative = $0,02375 / 2 = 1,19$ %.

Pour ce point de mesure, vous pouvez dire que votre vérification a donnée une précision de **1,19** %.

Après avoir calculé les erreurs de tous les points de mesure, à la montée et à la descente, vous devez retenir l'erreur la plus grande pour votre vérification d'étalonnage.

Par exemple : Point 1, 0%, précision à la montée 0,25% ; précision à la descente 0,18%

Point 2, 25%, précision à la montée 0,34% ; précision à la descente 0,45%

Point 3, 50%, précision à la montée **1,19%** ; précision à la descente 0,88%

Point 4, 75%, précision à la montée 0,94% ; précision à la descente 0,67%

Point 5, 100%, précision à la montée 0,33% ; précision à la descente 0,33%

Donc la précision qu'il faudra retenir pour votre vérification d'étalonnage sera de : **1,19** %.

Pour finaliser le compte rendu de cette manipulation, vous pouvez annoncer la mesure que ce capteur analogique donnera lors de son utilisation sur l'application, notamment au point de consigne de 1,25 bar.

Le capteur mesurera avec : Une erreur absolue de : $1,19\% \times 2 = 0,0238$ bar soit 23,8 mbar.

Une erreur relative de : $0,0238 / 1,25 = 1,9$ %.

Vous obtiendrez une mesure au point de consigne de : 1,5 bar \pm 23,8 mbar ou \pm 1,6 %

Ce qui vous donnera une incertitude de mesure de l'ordre de 1,2 % sur la valeur réelle de la pression.

Utilisation de PACTWARE

Mettre sous tension le capteur VEGA suivant le schéma de raccordement avant de lancer le logiciel
Lancement du logiciel PACTWARE : Menu démarrer : PACTWARE 5.x : PACTWARE 5.x



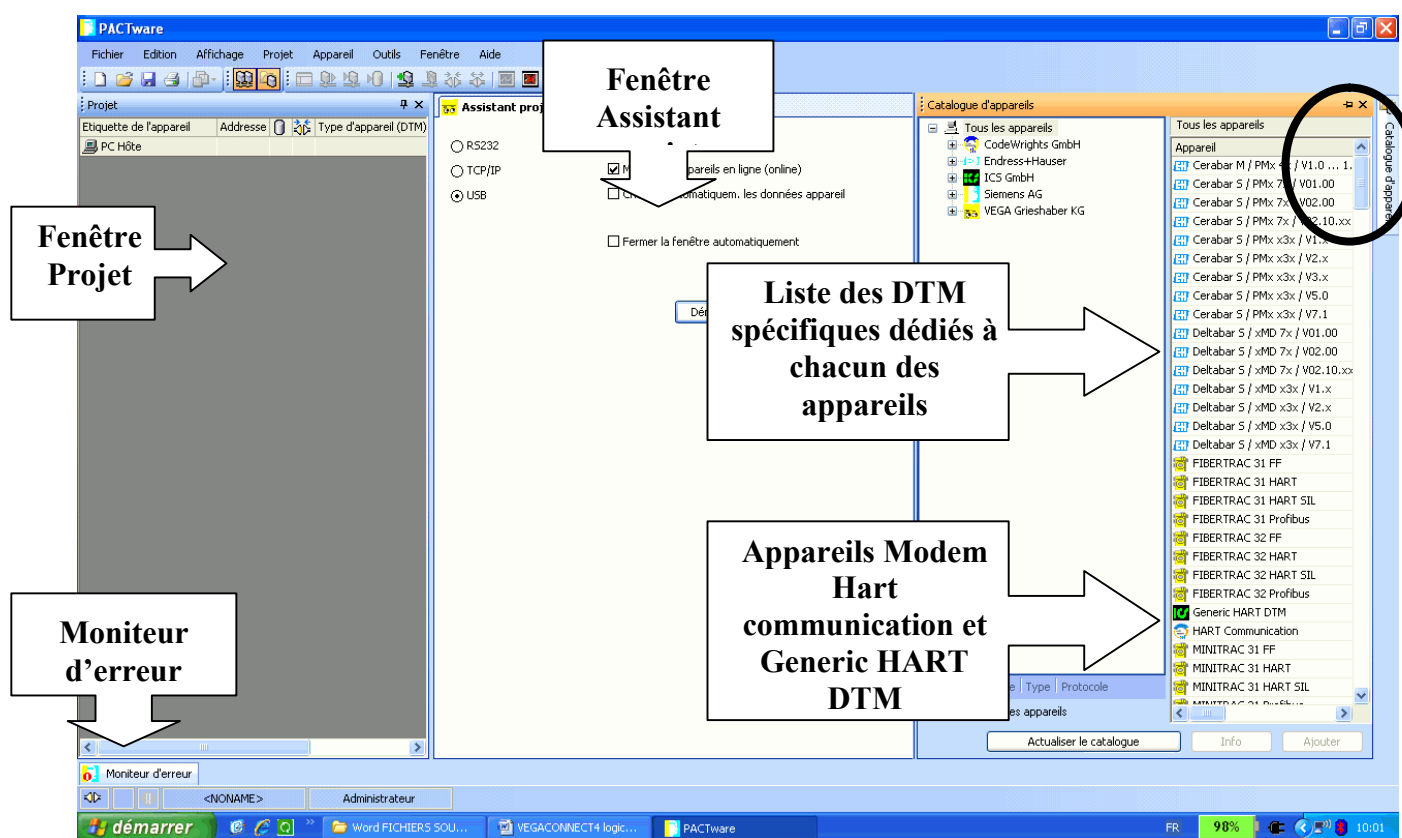
Que sont FDT, PACTware et DTM?

FDT (Filed Device Tool) : C'est un code d'interface qui assure la standardisation entre un programme cadre (PACTware) et ses drivers spécifiques (DTM) au travers de n'importe quel système hôte et via tout protocole de communication (Hart, Profibus, ...)

PACTware (Process Automation Configuration Tool) : C'est un software cadre qui fonctionne sur PC ou système de contrôle commande. Logiciel indépendant du support, du fabricant et du bus de terrain. Il communique avec tous les appareils de terrain au travers de tous les DTM approuvés.

DTM (Device Type Manager) : C'est le driver spécifique de l'appareil de terrain, il comprend toutes les informations nécessaires pour communiquer, régler et diagnostiquer l'instrument. Le DTM est mis au point et commercialisé par le fabricant de l'instrument de terrain.

Hart Modem FSK ou VEGACONNECT : C'est une interface de communication permettant de connecter un appareil de terrain Hart à un système de configuration.



A l'ouverture de PACTware, un nouveau projet doit être créé. Vous pouvez le monter manuellement ou lancer l'assistant de projet VEGA.

Si vous utilisez l'interface de communication VEGACONNECT4, l'assistant est capable d'ajouter automatiquement les appareils et d'établir les liaisons entre les appareils. En un seul clic, il est donc possible d'établir une liaison et de dialoguer en ligne avec un capteur qui sera connecté à votre PC.