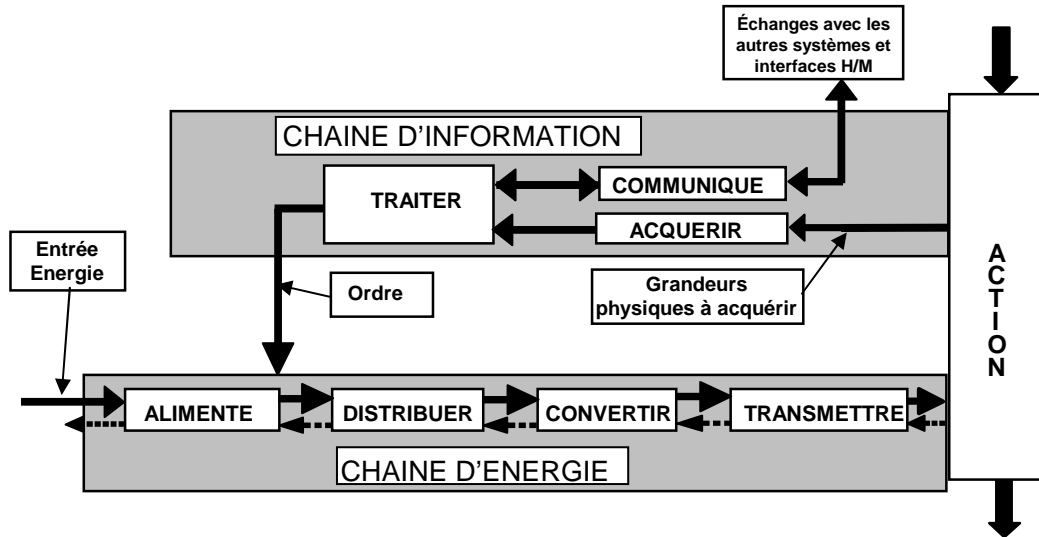


ORGANISATION GENERALE DE LA CHAINE D'INFORMATION

1 – Mise en situation :

Tout système automatisé peut se décomposer suivant la schématisation suivante avec différentes chaînes : information et énergie, l'action donnant une valeur ajoutée à la matière d'œuvre.



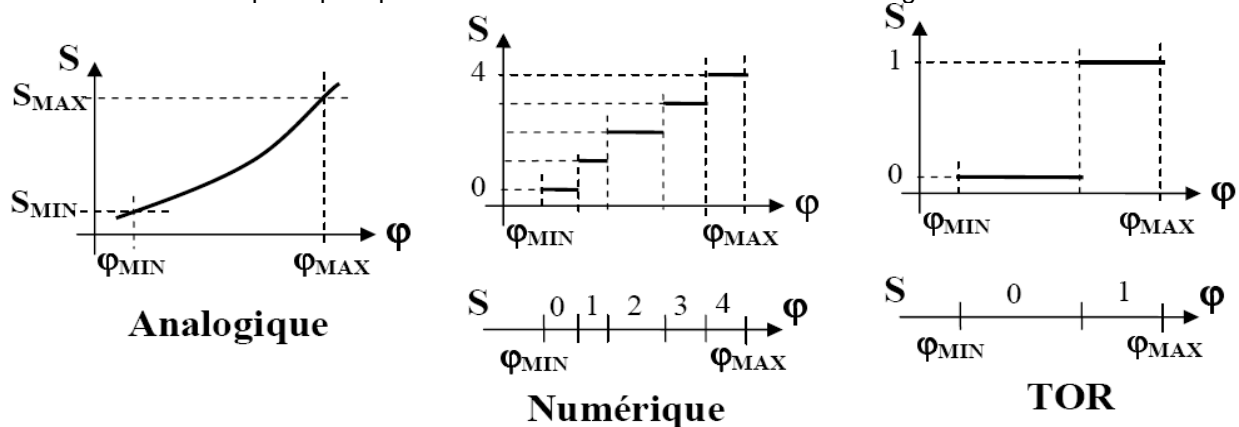
La chaîne d'énergie peut être décomposée en fonctions - **Alimenter / Distribuer / Convertir / Transmettre**- que nous avons déjà étudiées sur des systèmes.

La chaîne d'information elle, doit permettre de rendre le système plus autonome, d'assurer son contrôle et sa sécurité. Elle agit par des **ordres** sur la chaîne d'énergie et **acquière** des informations de tous types (position, accélération, pression, température, ...) grâce à des capteurs. La **transmission** et le **traitement** de l'information sont alors nécessaires, ainsi que la **communication** de résultats entre systèmes autonomes et vers l'utilisateur.

2 – ACQUERIR / LES CAPTEURS

2.1 Nature de l'information :

L'information en sortie de capteur peut prendre différentes formes en fonction de la grandeur d'entrée.



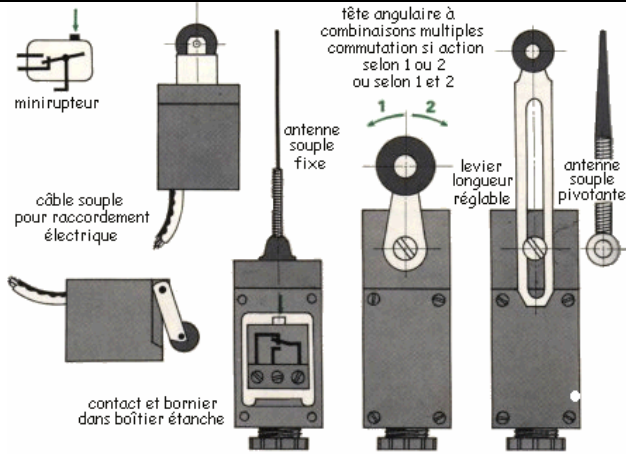
- La sortie d'un **capteur analogique** prend n'importe quelle valeur dans sa plage de fonctionnement. A chaque valeur de la grandeur physique il correspond alors une valeur en sortie sous forme électrique (résistance, tension, courant, fréquence...)
Exemple : sonde PT100 , 100 ohms à 0°C et pente de 0,4°C/V <http://www.technetea.com/PT100.html>
- La sortie d'un **capteur numérique** est un nombre ou mot binaire, l'espace entre ϕ_{MIN} et ϕ_{MAX} est découpé en tranches (quantum) qui fixent sa résolution. L'information est alors codée sous n bits.
Exemple : capteur rotatif de position absolue 12 bits ou 4096 codes par tour, quantum de $360^\circ/4096 = 0,09^\circ$
- La sortie S d'un **capteur TOR** vaut 0 ou 1, il correspond à un capteur numérique ayant deux tranches.
Exemple : capteur de position mécanique à translation, S = 0 pour course < 3 mm, S = 1 si course > 4 mm.

CI3 : LES CHEMINS DE L'INFORMATION :
Acquisition et Traitement des données, Transmission, Communication

2.2 Quelques nuances technologiques à bien comprendre

2.2.1 Capteur TOR (Tout Ou Rien) :

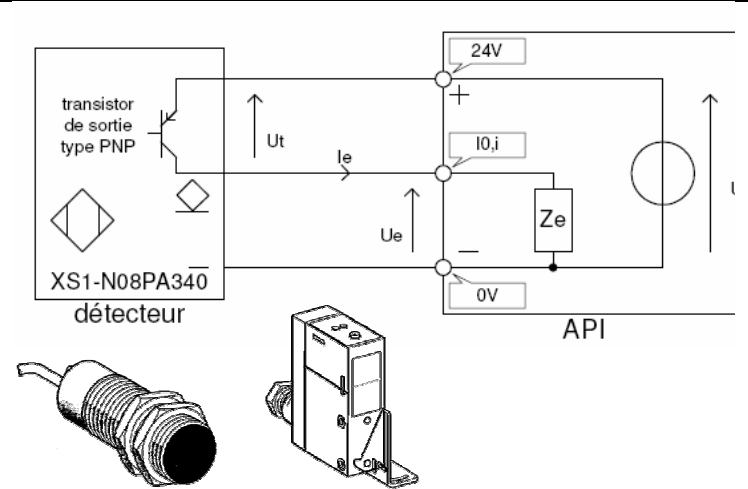
Capteur mécanique fin de course :
 Commutation d'un contact (ouverture ou fermeture)



L'information est récupérée sur un « contact sec » qui est câblé soit directement dans un schéma de commande, soit relié à une entrée d'automate.

Symbole :

Capteur de proximité inductif, capacitif, optique...
 Commutation d'un transistor. (bloqué ou saturé).



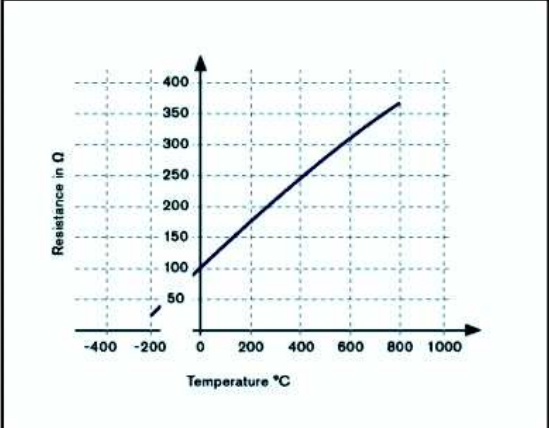
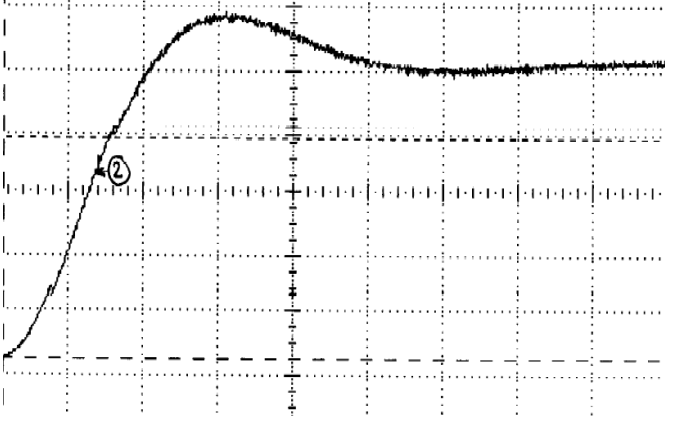
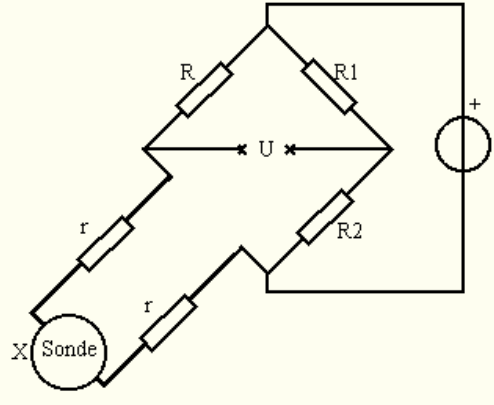
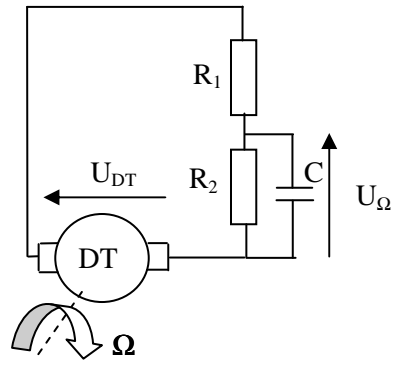


L'information correspond à un niveau de tension récupérée en sortie de transistor, qui est interprétée comme étant un 0 ou un 1 par l'entrée d'automate.

Symbole

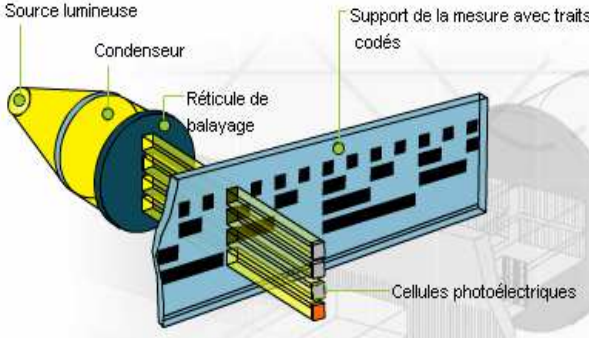
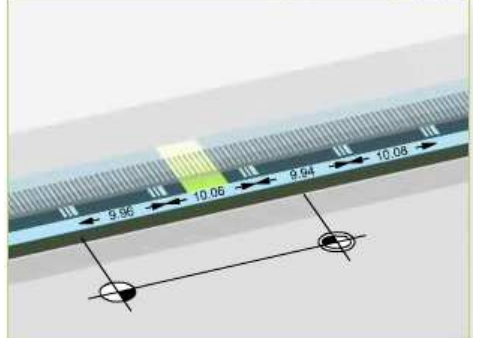
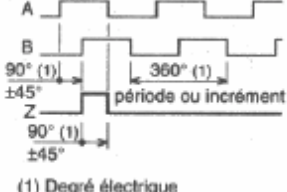

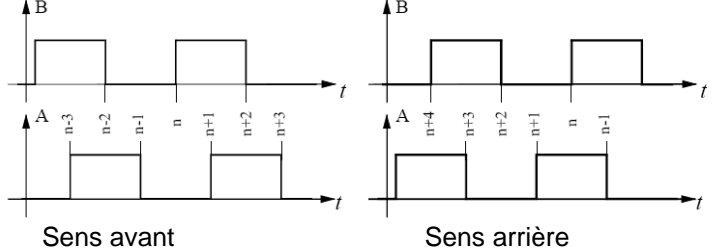
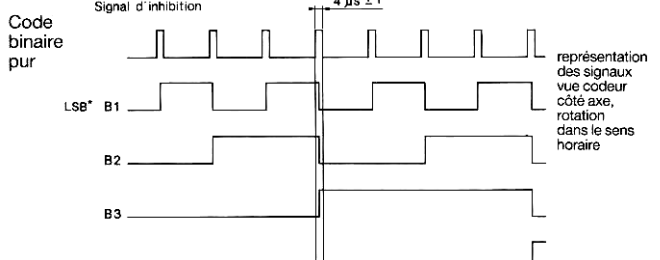
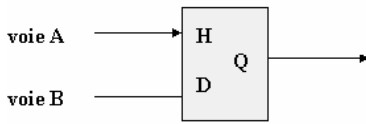
CI3 : LES CHEMINS DE L'INFORMATION :
Acquisition et Traitement des données, Transmission, Communication

2.2.2 Capteurs analogiques (exemples)

Sonde PT100 (100ohms pour T = 0°C)	Génératrice ou Dynamo tachymétrique (DT)
 <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 5px;"> $R=R_0(1+A\theta+B\theta^2)$ $A=3,907084 \cdot 10^{-3}K^{-1}$ $B=-0,578408 \cdot 10^{-6}K^{-2}$ </div>	 <p>Diamètre = 58 mm Longueur = 67 mm (+/-) Tension pour 1000tr/min = 6V Vitesse maximum : 5000 tr/min</p>
	
<p>Courbe de réponse R = f(T)</p> <ul style="list-style-type: none"> On insère la sonde dans un pont de mesure (pont de Wheatstone). Le pont est en général équilibré, c'est-à-dire que sa tension de sortie est nulle, pour une température de référence. La tension délivrée par le pont et l'ensemble des résistances du pont ont un modèle de Thévenin équivalent, qui est à prendre en compte pour la caractéristique globale du montage. Il est le plus souvent nécessaire d'amplifier la tension U issue du pont. 	<p>Tension image de la vitesse d'un moteur au démarrage</p> <ul style="list-style-type: none"> On aperçoit du bruit électrique dû à la commutation de la génératrice ou à un mauvais alignement de son arbre mécanique. Il est souvent nécessaire d'adapter le niveau de tension et de filtrer ce bruit pour son usage dans une boucle de régulation de vitesse (asservissement). La fréquence de coupure f_c du filtre passe bas, doit être ajustée de façon à éliminer le bruit, tout en conservant la plus grande fréquence du signal utile.
	
<p align="center">Montage en pont : U = f(T)</p>	<p align="center">Montage d'adaptation de tension et filtrage, $U_\Omega = f(\Omega)$</p>

CI3 : LES CHEMINS DE L'INFORMATION :
Acquisition et Traitement des données, Transmission, Communication

2.2.3 Capteurs numériques :

Codeur de position absolue	Codeur incrémental																																																																																																		
Animation sur le principe http://www.heidenhain.fr/fr_FR/principes_de_base/principes_de_mesure/	Animation sur le principe avec points de référence absolue intermédiaires http://www.heidenhain.fr/fr_FR/principes_de_base/principes_de_mesure/																																																																																																		
																																																																																																			
La lecture de la position se fait de façon optique. La position est codée sur n bits, le résultat numérique est directement obtenu.	Le réticule de mesure se déplace devant les tirets et génère des impulsions électriques. Le comptage des impulsions donne le déglacement relatif.																																																																																																		
Problème à résoudre : 1) <i>Le codage doit s'affranchir des problèmes d'aléas, un seul bit doit évoluer entre 2 codes successifs.</i>	Problème à résoudre : 1) <i>A la mise en service la position n'est pas connue de façon absolue.</i>																																																																																																		
Solution 1 : On utilise le code GRAY ou binaire réfléchi (en grisé dans le tableau).	Solution : Il faut trouver un point de référence ou point origine. Pour un codeur rotatif, il s'agit du top zéro ou voie Z qui donne une impulsion par tour. Cette information réinitialise le compteur ou est prise en charge par l'automatisme.																																																																																																		
<table border="1" data-bbox="95 996 758 1310"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nb</th> <th colspan="3">Code</th> <th colspan="5">Examen du codage</th> </tr> <tr> <th>Binaire</th> <th>Gray</th> <th>T</th> <th>5</th> <th>4</th> <th>3</th> <th>2</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>00000</td><td>00000</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>00001</td><td>00001</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>2</td><td>00010</td><td>00011</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>00011</td><td>00010</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>4</td><td>00100</td><td>00110</td><td>3</td><td></td><td></td><td>X</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>00101</td><td>00111</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>6</td><td>00110</td><td>00101</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>00111</td><td>00100</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td></tr> <tr><td>8</td><td>01000</td><td>01100</td><td>4</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nb	Code			Examen du codage					Binaire	Gray	T	5	4	3	2	1	0	00000	00000	0						1	00001	00001	1					X	2	00010	00011	2				X		3	00011	00010	1					X	4	00100	00110	3			X			5	00101	00111	1					X	6	00110	00101	2				X		7	00111	00100	1					X	8	01000	01100	4	X					
Nb		Code			Examen du codage																																																																																														
	Binaire	Gray	T	5	4	3	2	1																																																																																											
0	00000	00000	0																																																																																																
1	00001	00001	1					X																																																																																											
2	00010	00011	2				X																																																																																												
3	00011	00010	1					X																																																																																											
4	00100	00110	3			X																																																																																													
5	00101	00111	1					X																																																																																											
6	00110	00101	2				X																																																																																												
7	00111	00100	1					X																																																																																											
8	01000	01100	4	X																																																																																															
Solution 2 : Une piste supplémentaire (ci-dessous la piste extérieure) autorise la lecture du code de position seulement dans son axe (en dehors des commutations), le code binaire naturel peut alors être utilisé, il n'y aura pas d'aléa de lecture.	2) <i>On ne connaît pas le sens de déplacement pour prendre la décision de comptage ou de décomptage.</i> Solution : On génère deux signaux A et B décalés de T/4 à partir de 2 pistes décalées d'un quart de période. L'observation simultanée du front montant de la voie A et du niveau de la voie B donne une information sur le sens de rotation. Une bascule D peut être utilisée.																																																																																																		
																																																																																																			
	 <p>La sortie Q prend l'état de l'entrée D à chaque front montant (ou descendant) sur l'entrée H.</p>																																																																																																		
<p>Code binaire pur</p> <p>Signal d'inhibition</p> <p>4 μs ± 1</p> <p>représentation des signaux vue codeur côté axe, rotation dans le sens horaire</p>	<p>RESOLUTION (R = nombre de points par tour)</p> <p>Si le système de traitement utilise :</p> <ul style="list-style-type: none"> • seulement les fronts montants de la voie A, la résolution est égale au nombre de points (R = n). • les fronts descendants et montants de la voie A, la résolution est multipliée par 2 (R = 2 x n). • les fronts montants et descendants des voies A et B la résolution est multipliée par 4 (R = 4 x n). 																																																																																																		

**CI3 : LES CHEMINS DE L'INFORMATION :
Acquisition et Traitement des données, Transmission, Communication**

2.2.4 Capteur d'effort mécaniques usuels :

2.2.1 Jauges de contrainte

Animation <http://www.rdpe.com/ex/hiw-sglc.htm>

La contrainte en N.m⁻² correspond au degré de déformation d'un corps d'épreuve suite à l'application d'une force. De façon plus précise, la contrainte (ϵ) se définit comme la variation relative de longueur.

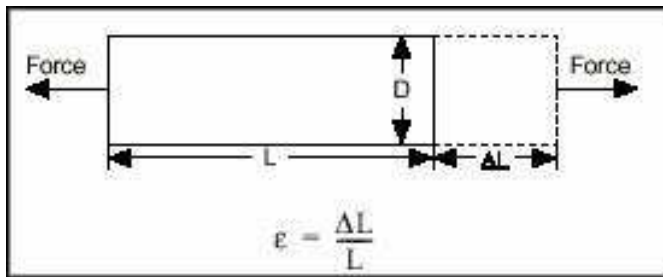
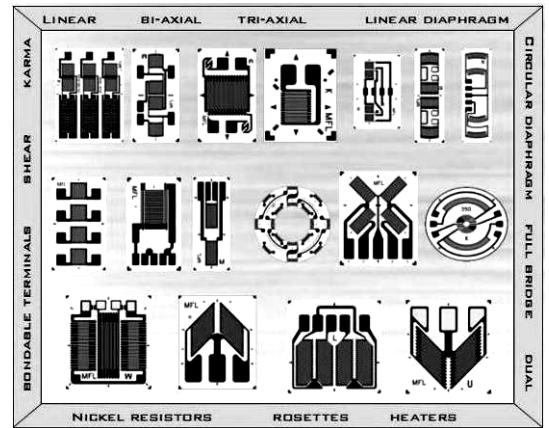


Figure 1 Allongement relatif

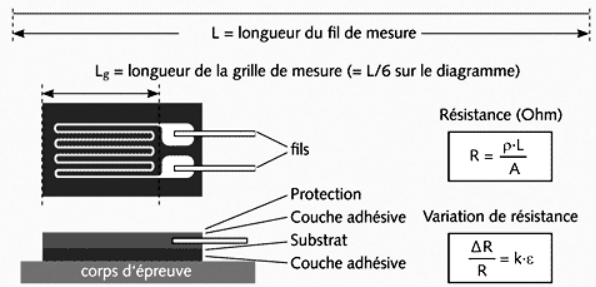


Figure 2 Jauge encollée sur le support déformé

La résistance électrique varie en fonction de la charge exercée sur le matériau. La jauge la plus courante est la jauge de contrainte métallique encollée (figure 2). Les jauges de contrainte sont proposées dans le commerce avec des valeurs de résistance nominales comprises entre 30 et 3000 Ω (120, 350 et 1000 Ω étant les valeurs les plus courantes).

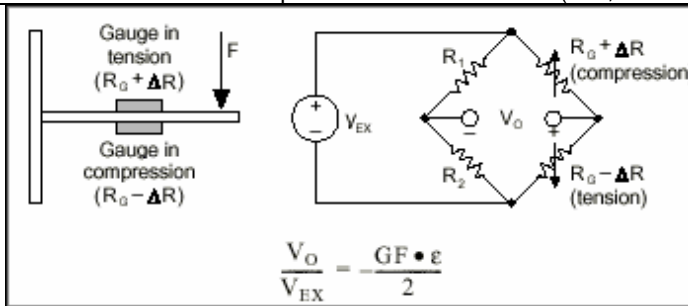


Figure 3 Montage en demi-pont

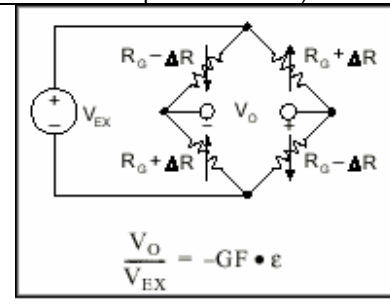


Figure 4 Montage en pont complet

En pratique, les mesures de déformation impliquent rarement des variations relatives supérieures typiquement à 10⁻⁶. Par conséquent, le fait de mesurer une déformation nécessite la mesure précise de très petites variations de la résistance. Les jauges de contrainte sont presque toujours utilisées dans une configuration en pont avec une source d'excitation de tension. Les ponts de Wheatstone, illustrés en Figure 3 et 4, se composent de quatre branches résistives avec une tension d'excitation, VEX, appliquée sur le pont.

Le montage avec 4 jauges (pont complet) permet d'augmenter la sensibilité de mesure vis-à-vis d'un montage à 2 jauges (demi-pont). Les jauges en diagonale sont sur la même face.

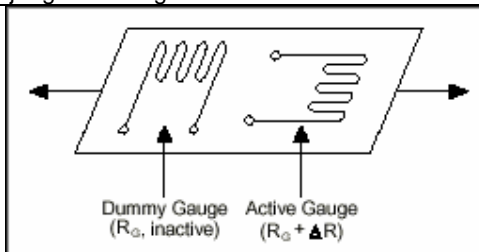


Figure 5 Orientation d'une jauge par rapport à l'effort mesuré, compensation de la température

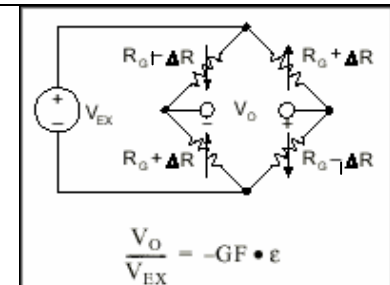


Figure 6 Compensation de la température

Le matériau de la jauge de contrainte, ainsi que le matériau du spécimen auquel la jauge est appliquée, réagit aussi aux variations de température. Il faut donc trouver une solution pour compenser ces effets parasites.

Pour la figure 5 une jauge est active (R0 + ΔR) et une seconde jauge placée transversalement à la contrainte appliquée n'est pratiquement pas affectée par celle-ci. Cependant, toute variation de température affecte les deux jauges de la même manière. Vu que les variations de température sont identiques dans les quatre jauges (2 dessus et 2 dessous), le rapport de leur résistance ne change pas, la tension V0 non plus (figure 6), et les effets de la variation de température sont réduits au strict minimum.

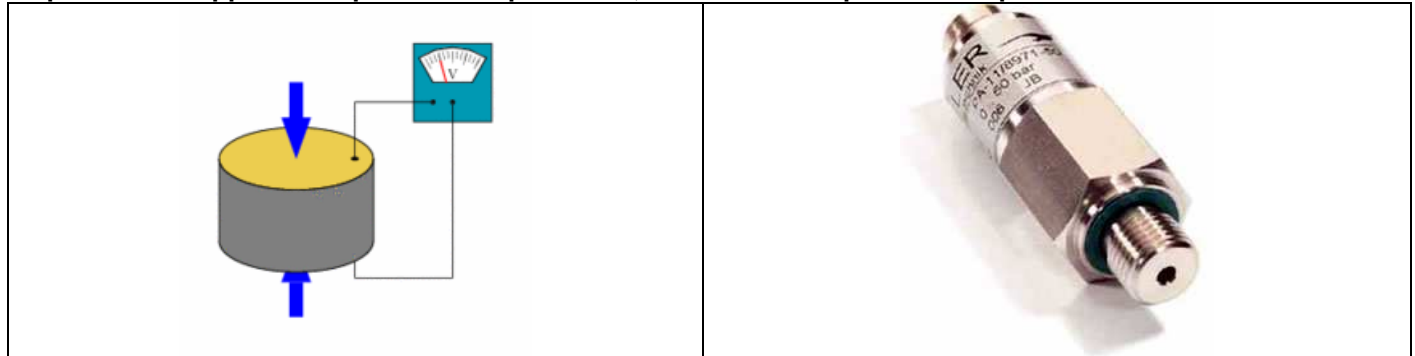
**CI3 : LES CHEMINS DE L'INFORMATION :
Acquisition et Traitement des données, Transmission, Communication**

2.2.5 Capteur piézoélectrique

Animation : <http://en.wikipedia.org/wiki/File:SchemaPiezo.gif>

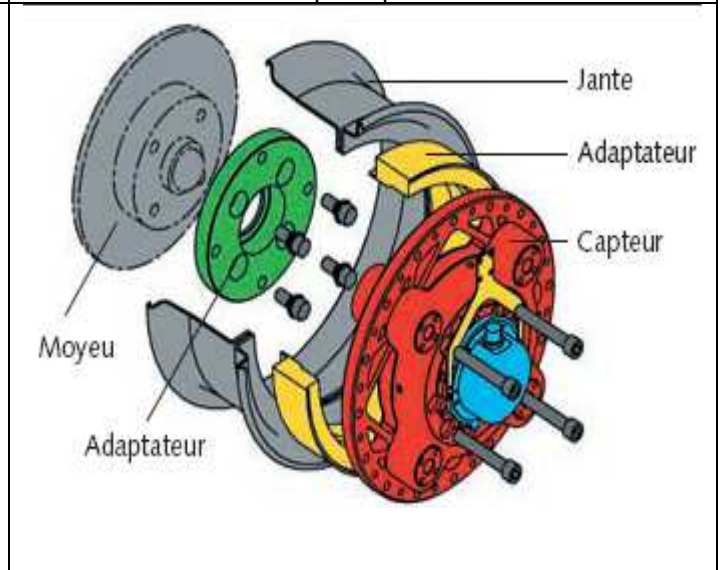
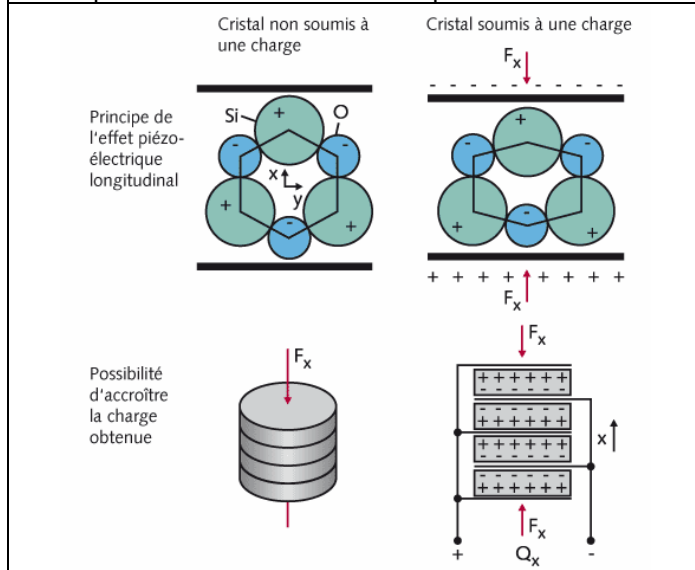
La piézoélectricité (du grec piézein presser, appuyer) est la propriété que possèdent certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique et réciproquement de se déformer lorsqu'on leur applique un champ électrique. Les deux effets sont indissociables.

Le premier est appelé effet piézoélectrique *direct* ; le second effet piézoélectrique *inverse*.



Principe de l'effet direct : force --> polarisation = tension

Capteur piézo



Des capteurs de pression piézoélectriques sont utilisés notamment pour l'automobile (pression des pneus, contrôle des paramètres moteur - pression cylindre, cliquetis -, développement de châssis), l'aéronautique (pression dans les tuyères, effort sur train d'atterrissage) ou la musique (batterie électronique).

Capteur de pression cylindre, 250 bars



Spécifications		Type 6013CA
Plage de mesure	bar	0...250
Surcharge	bar	300.0
Sensibilité	pC/bar	21
Fréquence propre	kHz	85
Linéarité	% FSO	±1
Plage de température de service	°C	-50...350
Sensibilité à l'accélération	bar/g	0.001

Capteur de pression cylindre (Kistler)
Caractéristiques



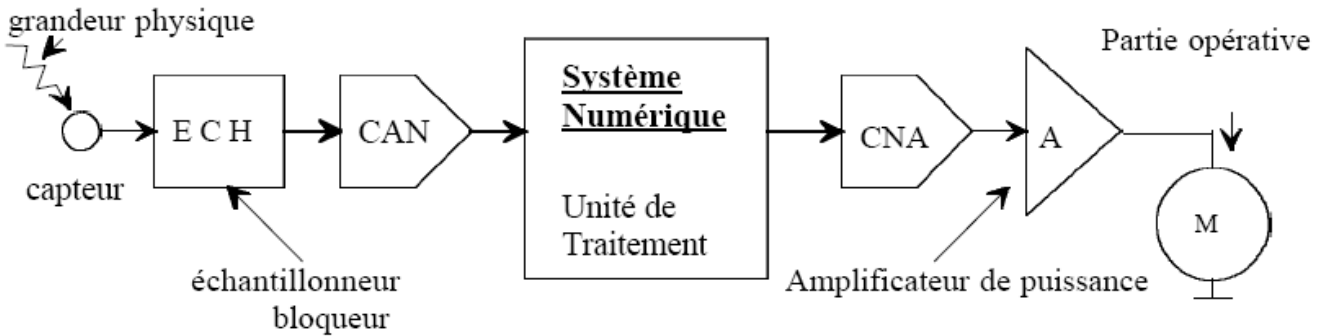
Capteur piézo utilisé en micro pour guitare (effet direct) et Haut parleur piézoélectrique (effet inverse)

De façon très simpliste on peut retenir que la charge électrique Q (Coulomb) qui apparait sur les électrodes du capteur est proportionnelle à l'effort F.

Soit $Q = k.F$ avec k de l'ordre de 10^{-10} C/N

3 Mise en forme de l'information

3.1 Numérisation de l'information analogique



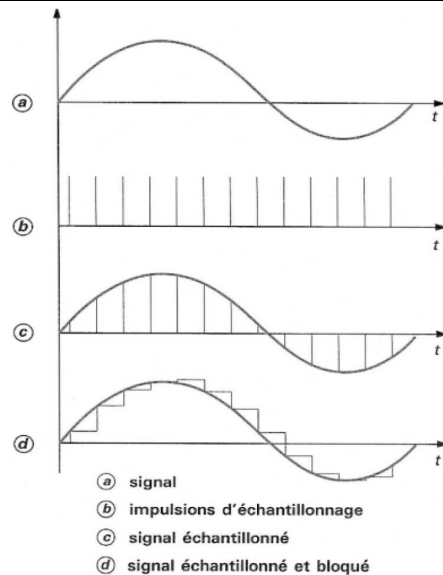
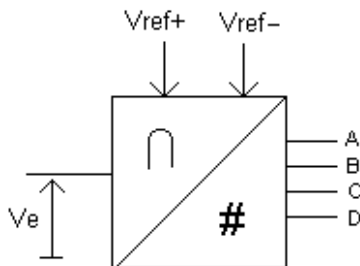
Si la sortie du capteur est analogique, le signal pour être traité par l'unité de traitement (automate par exemple) devra être numérisé, on fera alors appel à des **CAN** (convertisseurs analogiques-numériques en anglais **ADC**).

La sortie du traitement étant numérique, l'opération inverse par CNA (convertisseurs numérique-analogiques en anglais **DAC**) est souvent nécessaire pour agir sur la chaîne d'énergie.

L'échantillonneur bloqueur (**ECH**) correspond au découpage temporel ou échantillonnage du signal analogique.

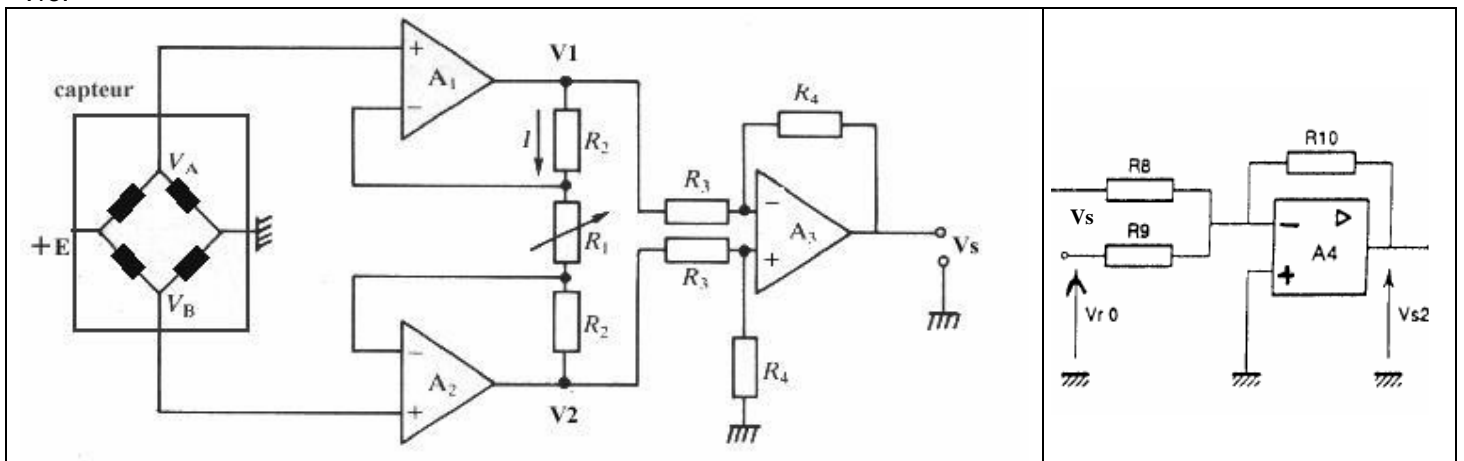
Le signal analogique continu au fil du temps devient alors en escaliers.

Ci-dessous et ci-contre la numérisation d'un signal analogique avec un CAN 4bits



3.2 Amplification, mise à l'échelle, positionnement du zéro (OFFSET).

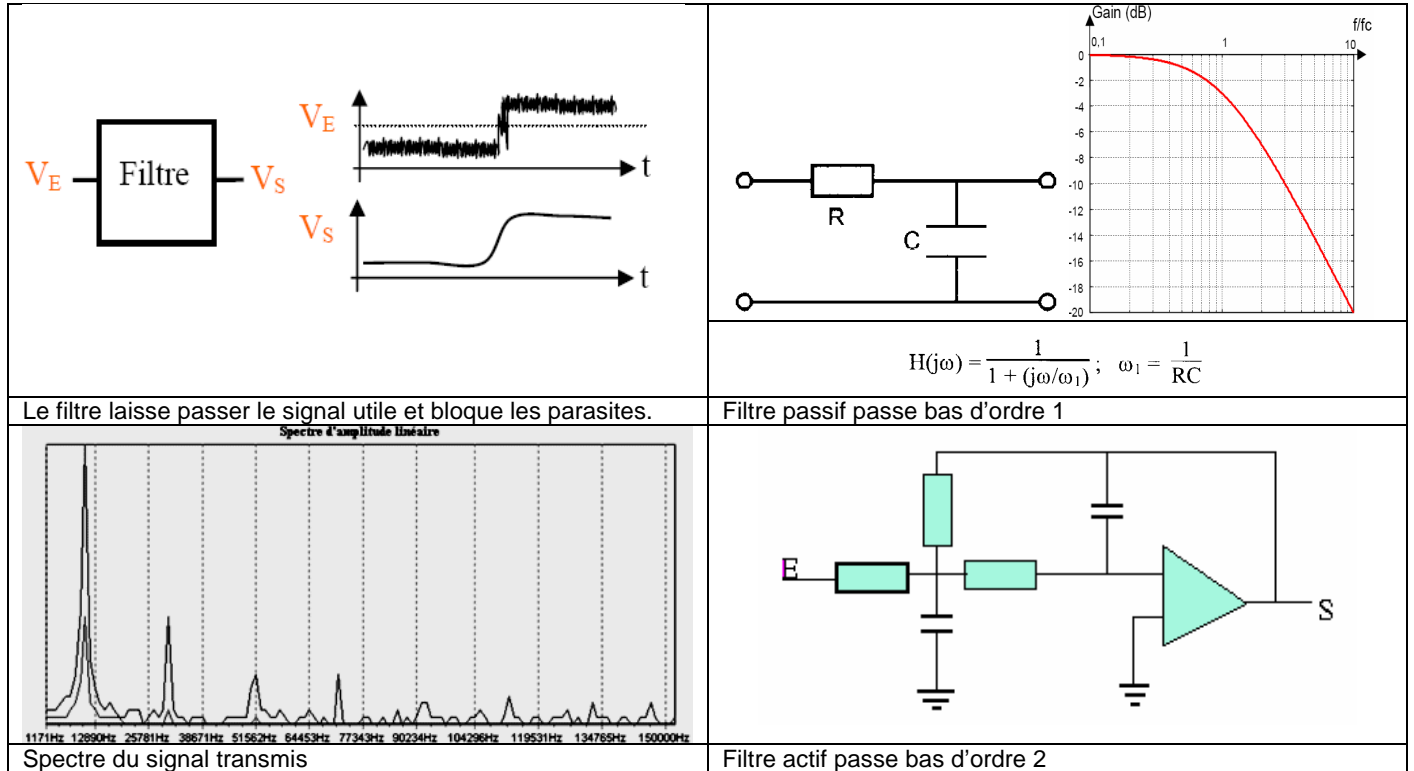
Le montage suivant est un grand classique, son impédance d'entrée est infinie et ne perturbe pas le pont de mesure. L'amplification est ajustée par R1. En raccordant le second montage, le décalage d'origine est ajusté par la tension Vro.



3.3 Filtrage

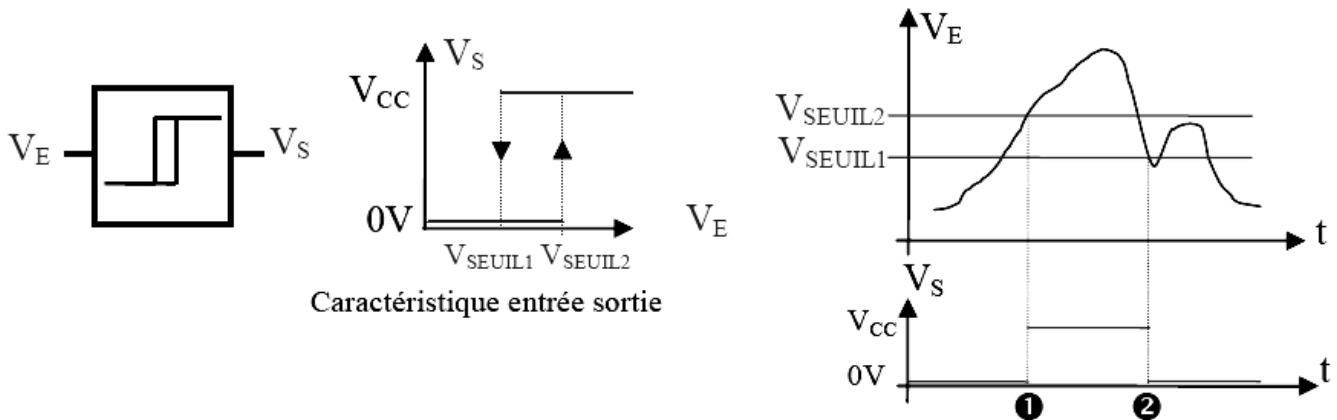
Le signal issu d'un capteur peut être perturbé par des parasites (qui peuvent venir de l'extérieur ou bien de la mesure elle-même). Ces parasites ne nous intéressent pas, on souhaite les supprimer. C'est le rôle du filtrage.

L'objectif du filtrage est de retenir dans le spectre du signal, seulement le signal utile.



3.4 Mise en forme par comparateur à hystérésis (à deux seuils)

L'objectif est de séparer la commutation d'une sortie TOR sur une valeur montante et sur une valeur descendante afin de ne pas provoquer des cycles de mise en marche et arrêt trop répétitifs sur la chaîne d'énergie.



Exemple d'emploi :

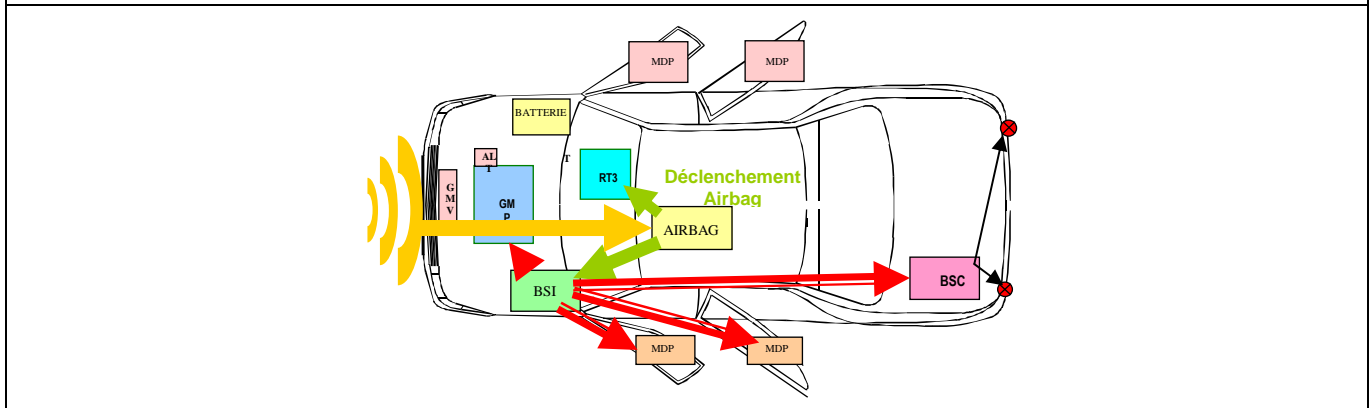
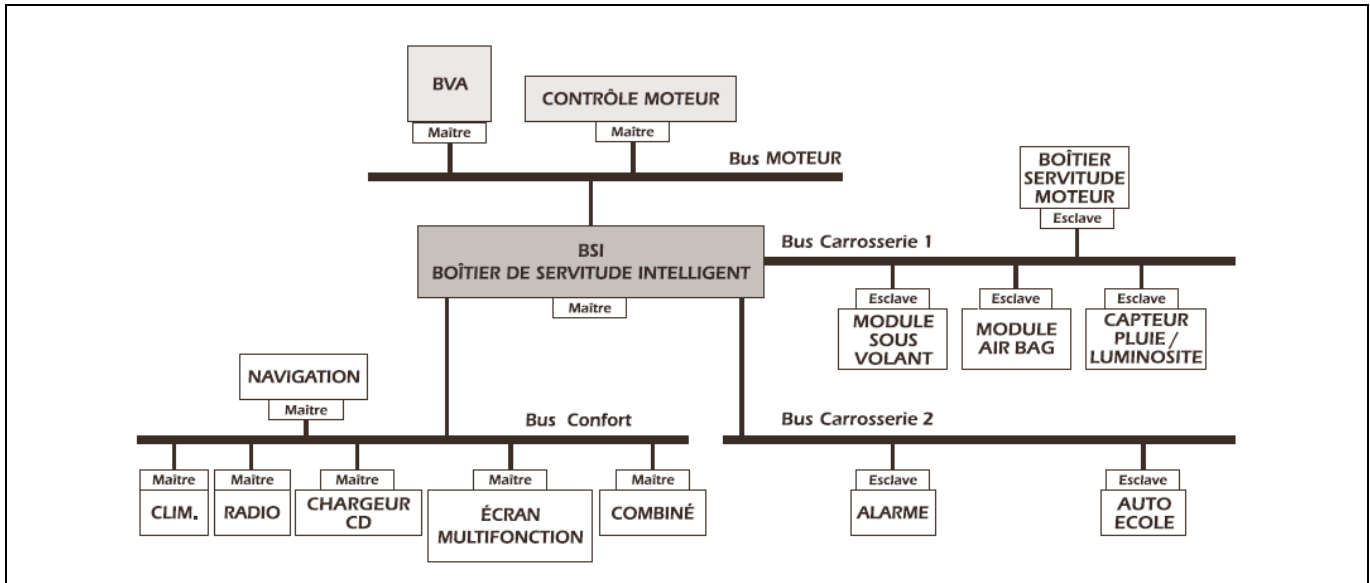
- Thermostat de régulation de chauffage (enclenchement à 18°C, arrêt à 20°C).
- Pressostat de compresseur (seuil haut à 12 bars, seuil bas à 8 bars)

CI3 : LES CHEMINS DE L'INFORMATION :
Acquisition et Traitement des données, Transmission, Communication

4 Transmission des mesures :

4.1 Exemples de transmissions :

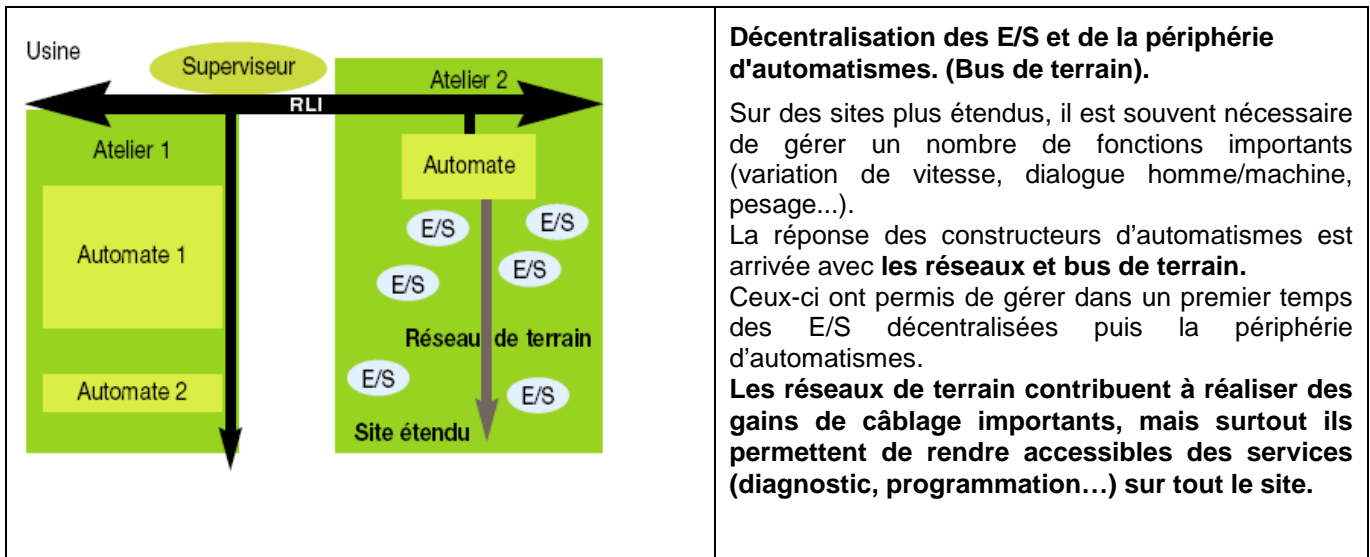
Dans une grande majorité des applications actuelles, on centralise les mesures provenant des diverses parties d'un système (**Bus CAN** automobile renseignant le calculateur moteur à partir des capteurs moteur et autre).



Choc frontal (doc PSA) : détection par accéléromètre

On diffuse l'information par le bus CAN : Coupure alimentation carburant -> décondamnation des portes -> allumage warning -> appel d'urgence GSM > localisation GPS.

Pour un processus dans une unité de production (salle de supervision et contrôle).



4.2 Principes de transmission

Pour **transporter l'information** fournie par le capteur sur quelques mètres ou centaines de kilomètres jusqu'à l'unité d'exploitation de traitement, il existe **de multiples techniques de transmission** présentant chacune des avantages spécifiques et des inconvénients (**lignes multifilaires, fibres optiques, transmission radio..**).

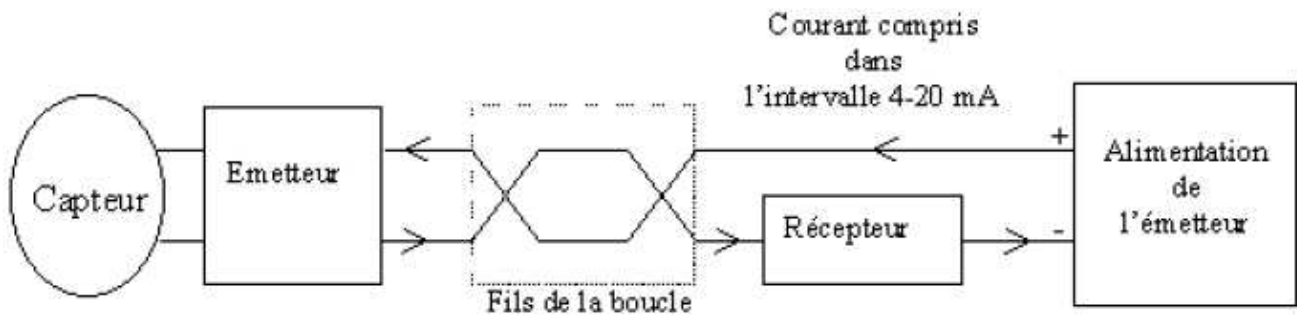
Celle retenue doit constituer le meilleur **compromis entre la fiabilité, la bande passante ou débit et le coût d'investissement**.

Pour le transmettre à distance, il va falloir en premier lieu **amplifier le signal** et, selon le mode de transmission retenu, **coder et moduler le signal (transmission par porteuse)**.

Le signal transmis est généralement bruité tout au long de la chaîne de transmission. Des parasites ou bruit viennent s'ajouter au signal utile. L'une des préoccupations principales de l'électronicien est **d'améliorer le rapport signal utile sur bruit**.

4.2.1 Liaison analogique de type boucle 4-20 mA (capteur ou sortie d'automate de type 4_20mA)

La boucle de courant 4-20 mA est un moyen de transmission permettant de transmettre un signal analogique sur une grande distance sans perte ou modification de ce signal.



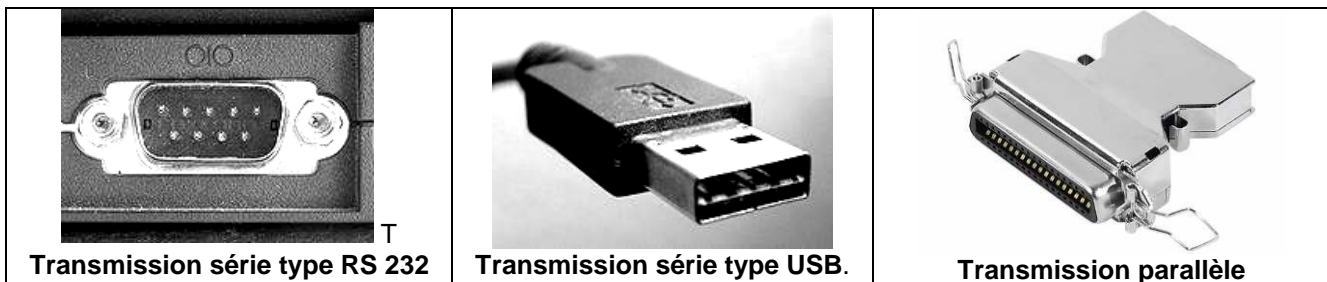
L'émetteur convertit la valeur mesurée par le capteur en un courant compris dans l'intervalle 4-20 mA.

- courant de 4 mA pour la première valeur de l'échelle de mesure du capteur
- courant de 20 mA pour la dernière mesure du capteur

Si on lit 0 mA la boucle ne fonctionne plus ou il y a une erreur dans la boucle.

Exemple : si un capteur doit mesurer une température de -40°C à 50°C, 4mA correspondra à -40°C et 20mA à 50°C.

4.2.2 Liaison numérique



La transmission série a supplanté la transmission parallèle.

On notera l'existence d'une multitude de **protocoles de transmission** qui ne facilitent pas l'interopérabilité. La transmission série via un **câble coaxial** est celle qui assure la plus grande distance de transmission.

4.2.3 Liaison optique ou optronique

Une variante de la transmission série consiste à remplacer le câble cuivre par une fibre optique ce qui accroît considérablement la vitesse de transmission qui est alors seulement limitée par la rapidité des circuits de conversion optique-électronique aux deux bouts de la fibre. On transmet des gigabits par seconde. La fibre optique supporte assez mal les chocs transversaux, mais présente un avantage fondamental sur les câbles métalliques, c'est son immunité aux parasites électromagnétiques, et symétriquement son absence d'émission électromagnétique (donc une totale confidentialité, et une grande facilité d'emploi en environnement fortement bruité : aéronautique ou automobile).

4.2.4 Liaison radio / Bluetooth / Wifi

Le coût d'un système de transmission est constitué pour l'essentiel par le câblage et par sa pose.

Il est donc intéressant de développer un procédé de **transmission sans fil, mettant en œuvre des émetteurs et récepteurs radio.**

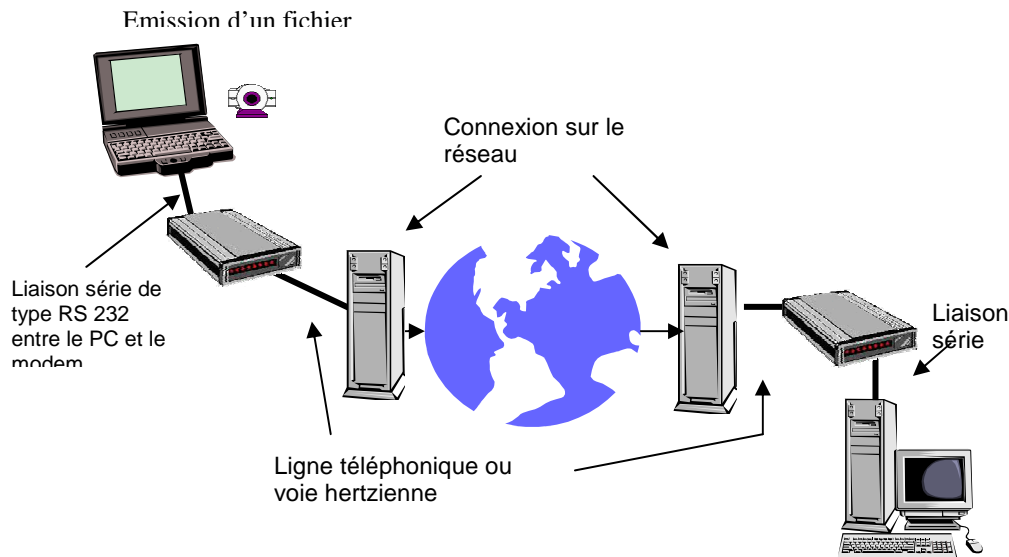
D'autre part, l'absence de fil de liaison permet une commodité d'emploi très grande (télécommande de télévision, souris et clavier de PC sans fil).

Cette solution est viable pour une liaison à grande distance (**plusieurs milliers de km par satellites**), soit au contraire pour une liaison à très courte distance (**moins de 100m Bluetooth, Wifi**).

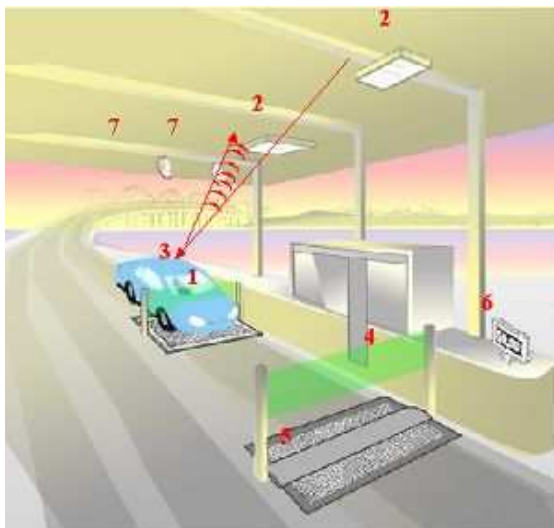
Un circuit Bluetooth comporte l'ensemble du système radio sur un circuit intégré de la taille d'un timbre poste. Sa portée est selon sa puissance (normalisée) de 10 ou 100m.

L'avantage de la liaison radio (multiplicité potentielle des récepteurs liés à un même émetteur) peut être considéré comme un inconvénient en milieu industriel sensible (confidentialité problématique et risque de brouillage).

Exemple 1 : Transmission Internet :

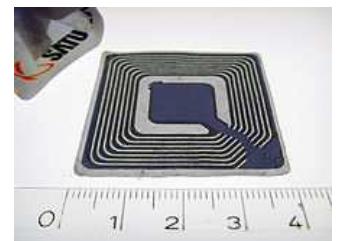


Exemple 2 : Télépéage automatique par badge RFID (Radio Frequency Identification)



Système de télépéage automatique :

Dans la voie de péage, des capteurs (1) détectent le véhicule et lisent (2) le transpondeur (3) monté sur le pare-brise (étiquette ou puce RFID).



Le "rideau de lumière" (4) compte (5) le nombre d'essieux, et le compte bancaire du propriétaire de la puce est facturé. Un panneau électronique (6) affiche le prix facturé.

Un véhicule sans transpondeur, est classé comme contrevenant ; les caméras (7) filment et mémorisent la plaque d'immatriculation pour une contravention (si la plaque est celle d'un utilisateur FasTrak enregistré, il ne paiera que le prix du péage).

**CI3 : LES CHEMINS DE L'INFORMATION :
Acquisition et Traitement des données, Transmission, Communication**

Quelques capteurs présents sur les systèmes du laboratoire CPGE.

	<p>Capteur Objet métallique à détecter</p> <p>Capacité Self</p>	
--	---	--

DIVERS SYSTEMES AUTOMATISES : Capteur de proximité inductif (Détection d'un métal par modification du **champ magnétique** devant la tête du capteur)

	<p>Capteur Objet à détecter</p> <p>Capacité Electrodes sensibles</p>	
--	--	--

DIVERS SYSTEMES AUTOMATISES : Capteur de proximité capacitif (Détection d'un isolant ou liquide par modification du **champ électrostatique** devant la tête du capteur)

<p align="center">Système barrière</p>	<p align="center">Système reflex</p>	<p align="center">Système de proximité (réflexion directe)</p>
---	---	---

DIVERS SYSTEMES AUTOMATISES : Capteurs de proximité photo électriques selon 3 principes

DAE : Potentiomètre d'angle de pivot de roue	DAE : Jauge de mesure de couple exercé sur le volant (torsion).	INDEXA : Jauge de mesure de couple exercé sur la croix de Malte (flexion).

	<p>Capteur angulaire analogique pour environnement sévère</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indice de protection IP67 • Etendue de mesure: 345° / 180° / 90°, sans butée • Composant de détection: potentiomètre de précision • Sortie analogique 0 ... 10 V, 4 ... 20 mA, potentiomètre
MAXPID : Dynamo tachymétrique mesure de vitesse du moteur	Chaine ERM Palettiseur et banderoleuse : Potentiomètre multitour de position sur un axe.