

## Sommaire

1. Présentation.....	1
2. Resolver.....	2
2.1. Principe.....	2
2.2. Critères de choix.....	2
2.3. Liens.....	2
3. Codeur incrémental.....	3
3.1. Principe.....	3
3.2. Critères de choix.....	3
3.3. Liens.....	3
4. Codeur absolu.....	4
4.1. Principe.....	4
4.2. Liens.....	4
5. Codeur analogique ou SinCos.....	5
5.1. Principes.....	5
6. Guide de choix – Performances et systèmes de retour.....	5
6.1. Influence de la précision d'un système de rétro-action.....	5
6.2. Importance de la résolution d'un capteur de retour.....	6
7. Guide de choix.....	6
8. Crédits et liens.....	7

## 1. Présentation

Les asservissement de vitesse et de position des moteurs (rotatifs et linéaires) sont soumis à un retour de mesure qui sera comparé à la consigne, et permettra de corriger l'écart calculé.

Les systèmes de retour peuvent être :

➤ Pour les moteurs rotatifs :	➤ Pour les moteurs linéaires :
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver</li> <li>• Codeur digital incrémental</li> <li>• Codeur analogique (SinCos)</li> <li>• Codeur absolu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Règle linéaire SinCos</li> <li>• Règle linéaire absolue</li> </ul>

Dans la mise en oeuvre d'un système d'entraînement, il s'agira de sélectionner le codeur le mieux adapté à l'application, selon des critères de précision et de coût.

## 2. Resolver

### 2.1. Principe

Un transformateur, dont le primaire P0 est sur le stator et le secondaire S0 sur le rotor, est alimenté par une tension alternative de fréquence proche de 10 kHz, appelée porteuse.

Un autre enroulement rotorique P1 reçoit son alimentation par le secondaire S0 du transformateur précédent. Il produit un champ tournant qui induit dans deux enroulements secondaires S1 et S2 placés au stator et décalés de 90°, deux tensions dont la combinaison permet de déterminer la position du rotor.

Le décodeur (inclus dans le variateur), par l'évaluation de l'arc-tangente des 2 signaux accède à la position angulaire de l'arbre moteur.

L'intérêt de ce capteur réside dans sa robustesse et sa grande fiabilité, du fait qu'il n'y a pas de contacts glissants. Sa précision est de l'ordre de 15 minutes d'angle.

### 2.2. Critères de choix

➤ Avantages :

- Robuste de par sa conception
- Résistance à la chaleur, aux radiations ...

➤ Limites :

- Résolution sur position dépend de la résolution du CAN (12 ou 16 bits) ; typiquement 12 bits pour 4096 points/ tr
- La vitesse étant dérivée de la position, une erreur de quantification sur le calcul de celle-ci entraîne un bruit sur le calcul de la vitesse. Ce bruit passe par la boucle de vitesse, qui, si elle a un gain élevé, va se répercuter au courant du moteur.
- Un éventuel filtre du second ordre peut améliorer la résolution de la position, mais limite alors la bande passante de la boucle d'asservissement vitesse/position.
- Erreur globale du positionnement : 15 arcmin (due au montage mécanique du resolver+ erreur conversion)

### 2.3. Liens

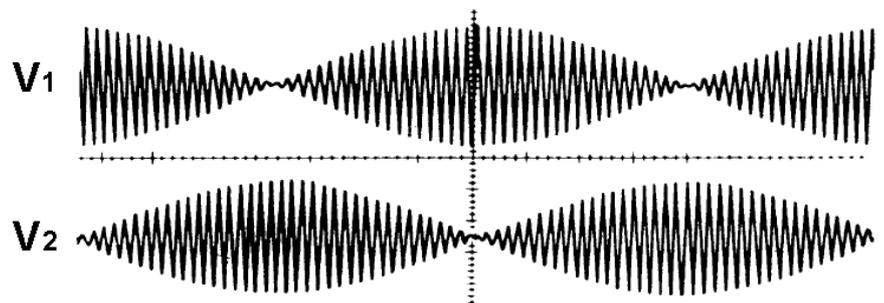
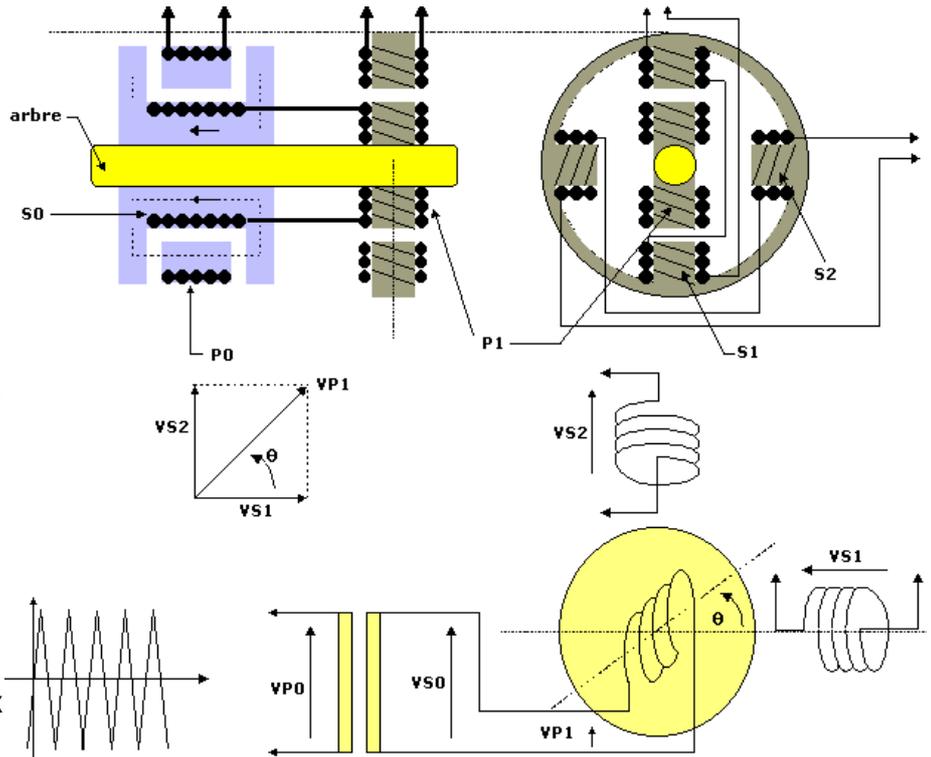
<http://aviatechno.free.fr/trans/resolver.php>

<http://stielec.ac-aix-marseille.fr/cours/abati/synch.htm#resolv>

➤ En anglais :

<http://data.bolton.ac.uk/mind/paderborn/sensors/resolver/resolver.html>

[http://www.controlsciences.com/resolver\\_application\\_data.shtml](http://www.controlsciences.com/resolver_application_data.shtml)



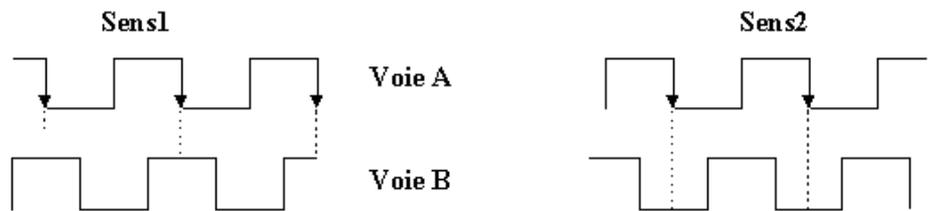
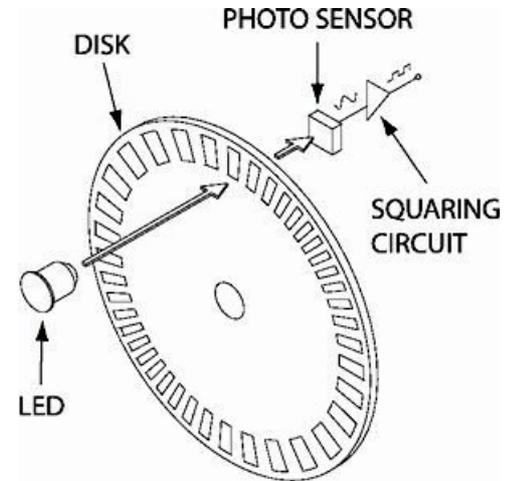
### 3. Codeur incrémental

#### 3.1. Principe

La lumière émise par une diode électroluminescente passe à travers un disque en rotation solidaire de l'axe du moteur comportant des marques fixes transparentes ou opaques.

Le signal délivré se présente alors comme une succession d'impulsions (en fait un signal carré), dont la périodicité est représentative de la vitesse.

1 codeur 1024 lignes donne 4096 points par tour



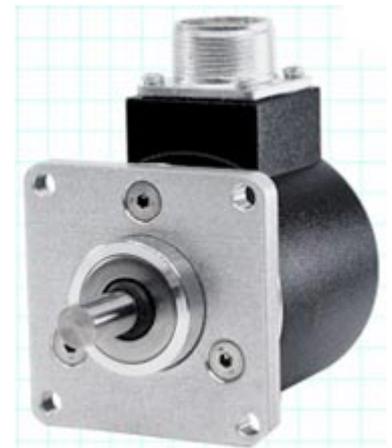
#### 3.2. Critères de choix

➤ Avantages :

- Erreur de mesure faible : typiquement proportionnel à la résolution du codeur, soit 2,16 arcmin pour un codeur 10000 pts/ tr.

➤ Inconvénients :

- Pas de connaissance de la position absolue du moteur dans le tour. (Nécessité de pistes de commutation, ou Top Zéro)
- Limitation de la résolution du codeur par la fréquence d'entrée du variateur et l'implantation mécanique sur le disque.



#### 3.3. Liens

<http://sitelec.free.fr/cours/abati/captvit.htm>

<http://www.planete-sciences.org/robot/coupe2004/equipes/94/page3.htm>

[http://www.geea.org/article.php3?id\\_article=144](http://www.geea.org/article.php3?id_article=144)

[http://ak-industries.com/fr/produits/lineaires/cable/incremental\\_principe.htm](http://ak-industries.com/fr/produits/lineaires/cable/incremental_principe.htm)

➤ En anglais :

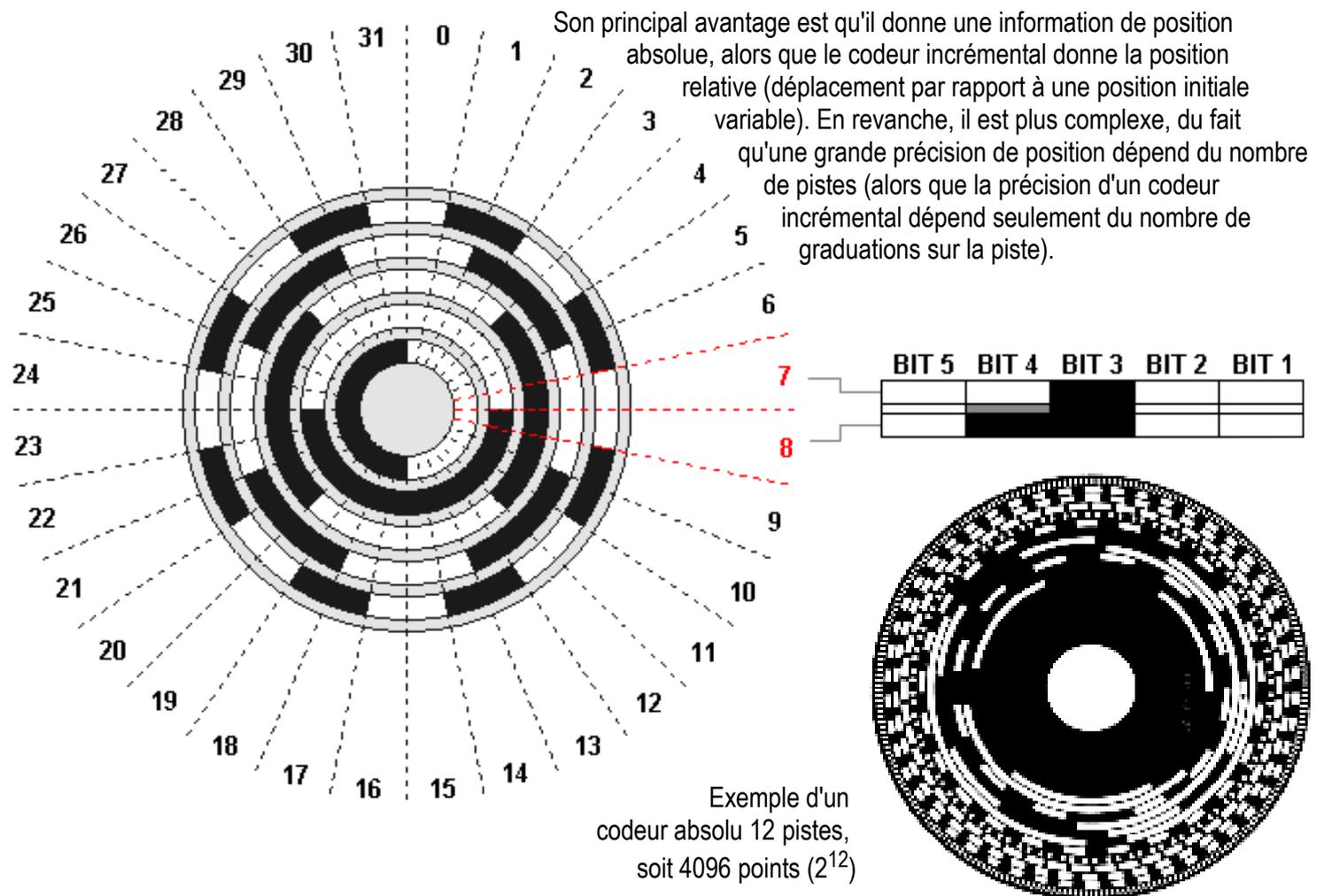
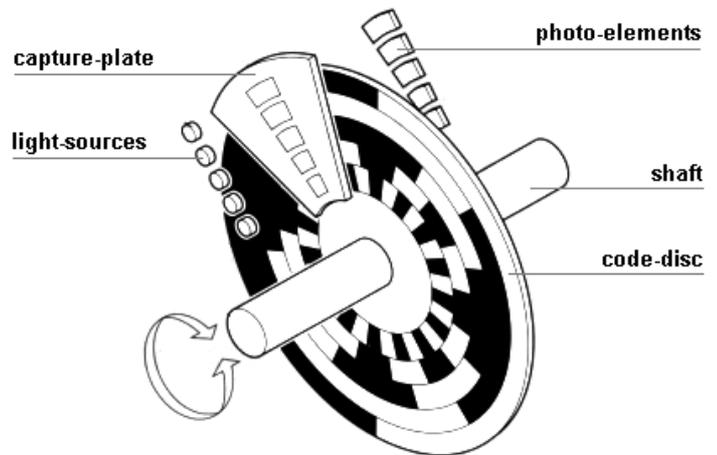
<http://www.clwtr.com/Accu-Coder-Encoders-How-To.htm>

## 4. Codeur absolu

### 4.1. Principe

Un disque est divisé en pistes. Chaque piste comporte une alternance de secteurs réfléchissants et absorbants. Comme pour le codeur incrémental, un émetteur-récepteur par piste fournit les informations. Le nombre de pistes fixe le nombre de positions discrètes pouvant être définies :

- 1 piste = 2 positions, 2 pistes = 4 positions, 3 pistes = 8 positions, ...
- n pistes =  $2^n$  positions.



### 4.2. Liens

<http://sitelec.free.fr/cours/abati/captvit.htm>

<http://data.bolton.ac.uk/mind/paderborn/sensors/absolute-coder/absolute-coder.html>



## 5. Codeur analogique ou SinCos

### 5.1. Principes

Identique au codeur incrémental, mais les pistes A et B délivrent des sinus / cosinus. L'électronique calcule alors (idem principe résoudre) la position à l'intérieur d'une période de la résolution de base.

Cette technique est appelée interpolation fine de la position.

Ex : Codeur Sin/Cos de 1024 lignes et interpolation de 256. On a :  $1024 \times 4 \times 256 = 1\,048\,576$  points/tour

Avantages : Le codeur SinCos permet une précision accrue et des gains plus élevés.

## 6. Guide de choix – Performances et systèmes de retour

Les paramètres principaux d'un système de rétro-action affectant les performances globales du système sont :

- **Précision**
- **Résolution**
- **Position absolue ou relative**
- **Le temps de réponse** (retard de la mesure)
- Linéarité
- Sensibilité au bruit électrique (perturbations électromagnétiques)
- Gamme de température
- Sensibilité aux chocs mécaniques
- Nombre de connexions nécessaires

### 6.1. Influence de la précision d'un système de rétro-action

Une imprécision au niveau du capteur se traduit directement au niveau de la position du moteur. La vitesse étant dérivée de la position, cela engendre une imprécision au niveau de la vitesse provoquant des fluctuations de couple au niveau du moteur.

Limitation des gains : plus les gains des boucles d'asservissement sont élevées, plus le servo-système va suivre les erreurs dues au capteur.

Nota : La précision finale du mouvement est fonction de la précision mécanique, du capteur de retour et des gains des boucles.

La précision d'un capteur de position a de multiples composantes :

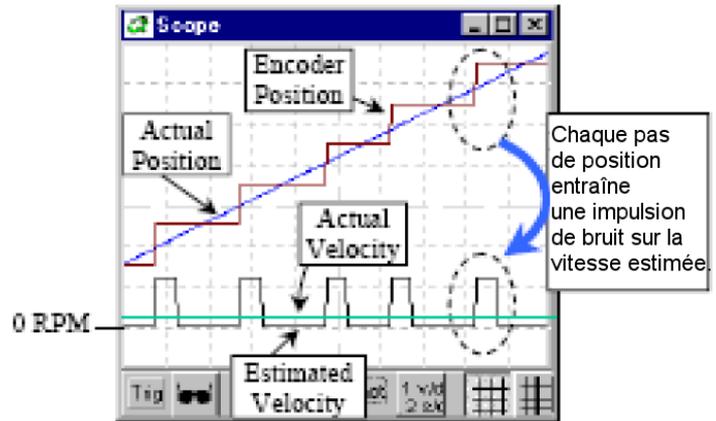
- La valeur donnée par le fabricant
  - Le montage mécanique du capteur
  - L'erreur due au convertisseur Analogique / Digital
  - 1 LSB d'erreur due au systèmes digitaux
- Valeurs typiques :
- 5 à 20 arcmin pour un résoudre
  - 3 arcmin pour un codeur incrémental type 1024 lignes/tr
  - Moins de 1 arcmin

pour les codeurs analogiques type SinCos

### 6.2. Importance de la résolution d'un capteur de retour

- Résolution = distance ou arcmin pour 1 bit codeur
- Exemple : resolver16 bits : Résolution =  $360 \text{ deg} / 65536$  soit 1,3 arcmin  
(Typiquement 15 fois plus petite que la précision )

- La résolution est surtout importante pour la boucle de vitesse.
- La vitesse est obtenue par dérivation de la position.
- Une résolution trop faible entraîne un calcul erroné de la vitesse



La 2<sup>ème</sup> conséquence d'une faible résolution est une tendance oscillatoire à vitesse nulle (mode vitesse ou mode position)

Par nature, la vitesse est interprétée uniquement quand le capteur de position a suffisamment bougé pour signaler un changement. Par exemple, pour 1 codeur 4096 points, cela donne 5 Arcmin avant que le codeur ne signale un changement de position.

Pendant ces 5 Arcmin, les boucles de vitesse et de position sont en boucle ouverte. Le moteur peut déraper dans un sens, jusqu'à ce que la vitesse soit détectée, puis corrigée en forçant le courant dans le moteur pour qu'il retourne en position.

La boucle détecte alors un mouvement incorrect dans ce sens, et change le courant : d'où oscillation.

- Gain élevé+ résolution faible : phénomène accentué
- Résolution élevée : phénomène amoindri

## 7. Guide de choix

Type	Avantage	Inconvénient	Application
Resolver	Position absolue Robustes, environnements difficiles Large plage de température	Précision relative	Robotique Machine-outils Entraînements directs
Codeur incrémental	Précision, coût	Position relative, nécessite Top Zéro Alignement magnétique à la mise sous tension Limité en fréquence	
Codeur absolu	Position absolue	Onéreux Nombre de connexions élevé Risque de défaillance	
Codeur SinCos	Résolution très élevée Précision, temps de réponse et bande passante		

## 8. Crédits et liens

- Merci à Patrick ABATI, académie Aix-Marseille, pour ses cours sur les codeurs

<http://stielec.ac-aix-marseille.fr/cours/abati/synch.htm>

- <http://www.mesures.com/archives/765solcapteursbrushless.pdf>

➤ <http://files.iai.heig-vd.ch/Enseignement/Supports de cours/Systèmes électromécaniques/Systèmes électromécanique s I - Cours/Chap10 - Codeurs optiques de mesure de position.pdf>

➤ <http://files.iai.heig-vd.ch/Enseignement/Supports de cours/Systèmes électromécaniques/Systèmes électromécanique s I - Cours/Chap09 - Capteurs inductifs de position.pdf>