

d'eff  
symétrique  
2m

Codeur

Code gray

pas de

changements d'état

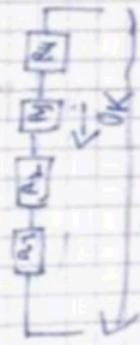
en même temps

Pont diviseur

$$VR_{\Omega} = \frac{U_{\text{pont}} \times R_{\Omega}}{R_{\text{tous résist}}}$$

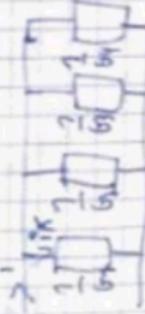
$$q = \frac{CNA}{\#n \cdot PE} = \frac{2^m - 1}{2^m}$$

diviseur de tension



$$U_K = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times U$$

diviseur de courant



$$I_K = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I$$

CNA

$$\#n \cdot PE$$

$$q = \frac{2^m - 1}{2^m}$$

BCD

85

5

1000 0101

Elec

CAN

$$\#n \cdot PE$$

$$q = \frac{2^m}{2^m}$$

Compte d'état

entry KM7=1 -> actif jusqu'à KM7=0

exit -> même chose

de KM7 -> pendant l'état

after 20s

== compare valeur

Force : F [N] Couple : C [N.m]

Masse : M [Kg] Moment d'inertie : I [Kg.m<sup>2</sup>]

Vitesse : v [m.s<sup>-1</sup>] Vitesse angulaire : ω [rad.s<sup>-1</sup>]

Energie : E=0.5.m.v<sup>2</sup> [joules] Energie : E=0.5.I. ω<sup>2</sup> [joules]

Puissance : P=F.v [W] Puissance : P=C. ω [W]

Accélération : a=F/M [m.s<sup>-2</sup>] Accélération angulaire : dω/dt=C/I [rad.s<sup>-2</sup>]

### Vocabulaire :

pelle engrenage l'ensemble constitué de deux roues dentées. On appelle la petite le pignon et la grande la roue (ou une dans le cas d'engrenages à contact intérieur).

### Diamètres primitifs :

L'engrènement de dentures assure le roulement sans glissement en I des cercles fictifs de diamètres D<sub>e</sub> et D<sub>s</sub>. Ces cercles sont appelés cercles primitifs. Ils correspondent aux diamètres des roues de friction qui assureraient le même rapport de réduction.

### Pas primitif :

Pour garantir l'engrènement, les pas primitifs respectifs des dentures du pignon et de la roue doivent être égaux. Le pas primitif correspond à la longueur de l'arc de cercle primitif compris entre deux dents consécutives tel que :

$$\text{pas} = \frac{2\pi R_e}{Z_e} = \frac{2\pi R_s}{Z_s} \text{ avec } Z_e \text{ et } Z_s \text{ nombre de dents des éléments de diamètre primitif } D_e \text{ et } D_s.$$

On en déduit alors que  $\frac{R_e}{Z_e} = \frac{R_s}{Z_s}$  mais aussi que  $\frac{D_e}{Z_e} = \frac{D_s}{Z_s}$ .

### Module :

Le module caractérise l'aptitude à l'engrènement des engrenages.

Le pignon et la roue doivent constituer un engrenage doivent

Pour une roue donnée on a  $D = m \cdot Z$  et  $\text{pas} = \pi \cdot m$ .

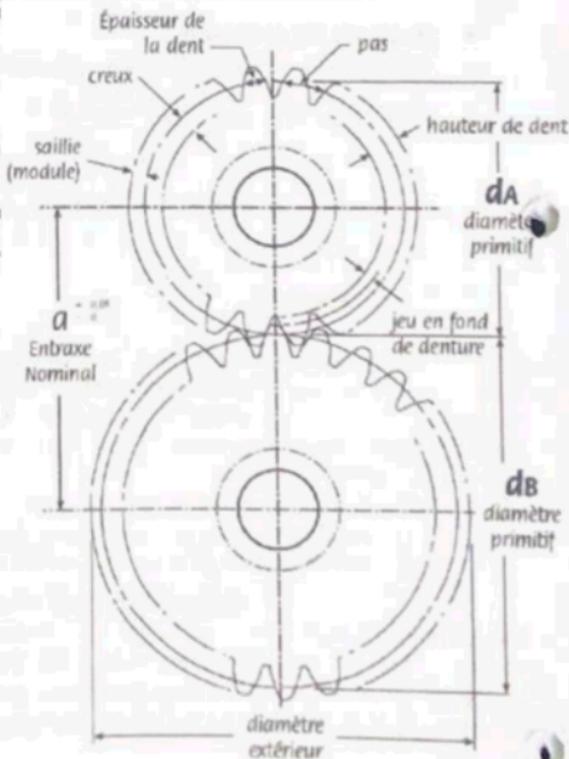


### Rapport de réduction :

La condition de roulement sans glissement au point de contact

$$\text{Soit } \vec{V}_{I, s/e} = \vec{V}_{I, s/o} - \vec{V}_{I, e/o} = -R_s \cdot \dot{\theta}_s \cdot \vec{x}_0 - R_e \cdot \dot{\theta}_e \cdot \vec{x}_0 = \vec{0} \rightarrow R_s$$

On en déduit le rapport de réduction :  $r = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{\dot{\theta}_s}{\dot{\theta}_e} = \frac{R_e}{R_s}$ .



### 5.10.1 Hypothèses

Les équations régissant les systèmes poulies courroies sont basées sur 3 hypothèses :

- La courroie est inextensible : en pratique, les courroies sont armées avec une tresse métallique.
- La courroie reste tendue: il faut prévoir un tendeur soit sur la courroie, soit prévoir un réglage sur une des deux poulies (modifier l'entraxe).
- Il y a non glissement entre la courroie et les poulies : en pratique, choisir des courroies dentées (on parle de courroie synchrone).

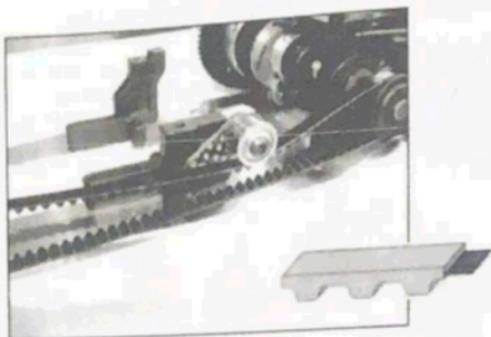


Figure : photo d'un tendeur et illustration d'une courroie dentée armée.

### 5.10.2 Rapport de transmission

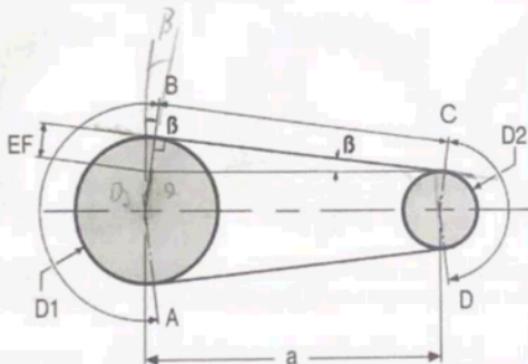
Sur la Figure représentant le schéma cinématique, voici la relation liant les couples et les vitesses de rotation :

$$\omega_2/\omega_1 = C_1/C_2 = d_1/d_2$$

avec :

- $\omega_i$  : vitesse de rotation de la pièce  $i$  par rapport au bâti 3.
- $C_i$  : couple exercé par/sur la pièce  $i$
- $d_i$  : diamètre primitif de la poulie  $i$

### 5.10.3 Longueur de la courroie



$\widehat{AB} = \text{angle } \times \text{ rayon}$   
 $= \frac{D_1}{2} (\pi + 2\beta)$   
 $\widehat{CD} = \frac{D_2}{2} (\pi - 2\beta)$   
 $e = \cos \beta (D_2 - D_1)$

### 5.10.5 Tension de pose d'une courroie et tensions pendant le fonctionnement

La tension initiale des courroies est indispensable pour garantir l'adhérence et assurer la transmission du mouvement.

La tension de pose  $T_0$  de la courroie constitue un paramètre important de la transmission du mouvement et du couple. Elle correspond à la tension qui règne dans la courroie en l'absence de couple sur les poulies motrice et réceptrice. Elle est

généralement réglée au moment de la pose de la courroie par un système mécanique. Le couple  $C$ , limite au-delà de laquelle apparaît un phénomène de glissement entre la poulie et la courroie est d'autant plus important :

- que la tension initiale de pose  $T_0$  est élevée ;
- que le coefficient d'adhérence entre la poulie et la courroie est élevé ;
- que l'angle d'enroulement  $\alpha$  de la courroie sur la poulie est important.

#### Tension de pose $T_0$

Lors de la pose, sous la tension uniforme  $T_0$  (N), l'expression de l'allongement s'écrit :

$$\Delta L = k \times L \times T_0$$

avec  
 $\Delta L$  : l'allongement de la courroie.  
 $k$  : raideur de la courroie.  
 $L$  : longueur de la courroie (mm)  
 ou encore

$$T_0 = \frac{1}{2}(T + t)$$

#### Tensions pendant le fonctionnement ( $T$ et $t$ ) :

Les tensions  $T$  et  $t$  calculées ci-dessous sont directement liées à la tension de pose notée  $T_0$ .

#### Relation couple-effort :

Sur la poulie motrice 1 (poulie menante) :  $C_1 = (T - t) \times r_1$

Sur la poulie réceptrice 2 (poulie menée) :  $C_2 = (T - t) \times r_2$

$$\text{Soit : } T - t = \frac{C_1}{r_1} = \frac{C_2}{r_2}$$

$C_1, C_2$  : couples respectifs des poulies motrice et réceptrice (N.m)  
 $T$  : tension dans le brin tendu de la courroie (N)  
 $t$  : tension dans le brin mou de la courroie (N)

→ La différence entre  $T$  et  $t$  est due à l'adhérence de la courroie sur les poulies, cette adhérence dépend du coefficient de frottement courroie/poulie et de l'angle d'enroulement minimum (en général sur la petite poulie).

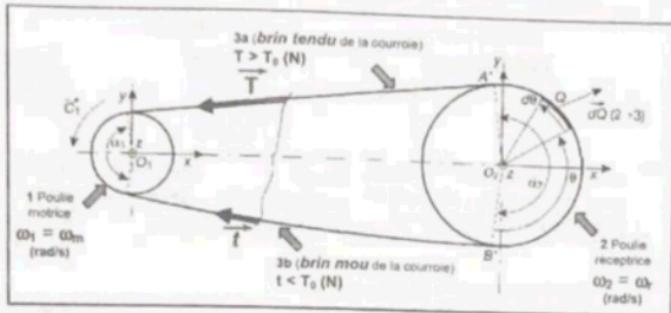
On a alors la relation :  $T = t \cdot e^{f \cdot \alpha}$

avec :  $f$  : coefficient de frottement d'adhérence et  $\alpha$  : angle d'enroulement minimum exprimé en radians.

#### Relation entre couple moteur et couple récepteur – Puissance transmise :

$$P_r = P_m = C_r \times \omega_r = C_m \times \omega_m \Rightarrow$$

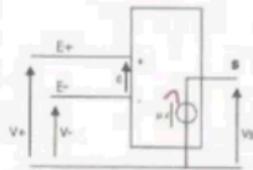
$$\frac{C_r}{C_m} = \frac{r_1}{r_2}$$



### III. Amplificateur linéaire intégré idéal → hypothèse

Un amplificateur opérationnel est dit idéal (ou parfait) s'il est caractérisé par :

- une **impédance d'entrée infinie** donc des courants d'entrée ( $i^+$  et  $i^-$ ) nuls,
- une **impédance de sortie nulle** : l'A.O. est équivalent pour la sortie à une source de tension  $V_s$  de résistance interne nulle,
- un **gain différentiel  $\mu$  infini** donc en fonctionnement linéaire  $e = v^+ - v^- = 0$
- une tension de sortie nulle en l'absence de signal d'entrée,



### IV. Démarche analytique en régime linéaire

Pour un amplificateur opérationnel, il y a deux régimes de fonctionnement possibles : **Linéaire** ou **non-linéaire (saturé)**.

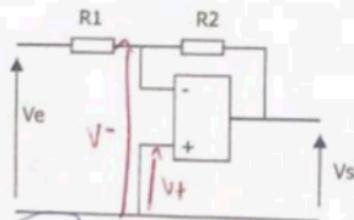
Ce chapitre a pour but de fixer une **démarche de calcul de ces circuits dans le cas où le régime de fonctionnement est dit linéaire**.

- définir le modèle de l'Aop utilisé  
S'il est considéré comme idéal, l'impédance sur ses entrées est infinie donc  $i^+ = i^- = 0$
- identifier le mode de fonctionnement  
S'il est considéré comme idéal et si la contre réaction est placée sur l'entrée inverseuse (e-), le comportement sera la plupart du temps **linéaire** ; en déduire que  $e = 0$  donc l'égalité  $V^+ = V^-$
- établir la relation entrée-sortie.  
En général, l'information est portée par un signal tension ; il faut donc trouver des relations entre les tensions, Exprimer  $V^+$  puis  $V^-$  et pour cela **écrire des relations entre les courants** (loi des nœuds) en un point particulier, enfin utiliser la propriété du régime linéaire, soit  $V^+ = V^-$  pour trouver la relation entrée-sortie.

### V. Les montages en régime linéaire

Calculer pour chaque montage la fonction réalisée

#### V.1 Montage amplificateur inverseur



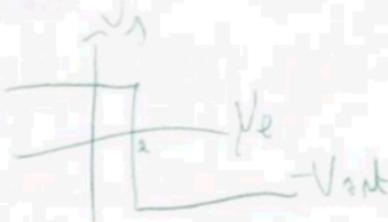
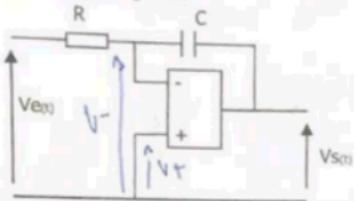
on considère que l'AO est idéal  
 $\Rightarrow$  les impédances d'entrée sont infinies  
 $\Rightarrow i^+ = i^- = 0$   
 j'observe une contre réaction négative  
 $\Rightarrow$  le régime de fonctionnement est le régime linéaire  
 $\Rightarrow e = 0 \Rightarrow V^+ = V^-$

$$V^+ = 0 \cdot V^- = \frac{V_s}{R_2} + \frac{V_s}{R_1} = 0$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 0$$

$$R_2 \frac{V_s}{R_1} + \frac{V_s}{R_2} = 0 \Rightarrow \frac{V_s}{R_2} = -\frac{V_0}{R_1} \Rightarrow V_0 = -\frac{R_2}{R_1} V_e$$

### V.6 Montage intégrateur



## VI. Démarche analytique en régime non linéaire

En général, le régime non linéaire est identifiable par l'absence de contre réaction ou par une réaction sur l'entrée non inverseuse +

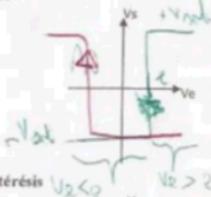
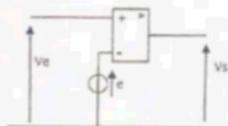
La différence fondamentale avec le régime linéaire tient au fait que la grandeur  $\varepsilon$  n'est plus une quantité très petite (voir nulle pour un Aop idéal), mais qu'elle peut prendre des valeurs comprises entre les deux bornes de la tension d'alimentation.

En régime non linéaire, la tension de sortie  $V_s$  peut prendre deux valeurs,  $+V_{sat}$  et  $-V_{sat}$ . Ces deux états sont fixés par le signe de  $\varepsilon$ ; il convient donc d'étudier le signe de  $\varepsilon$  à travers une équation et de distinguer les différents cas.

L'étude de ces circuits consiste en général à tracer la caractéristique de transfert  $V_s = f(V_e)$ ; en effet, la non linéarité introduit des discontinuités qui ne sauraient être représentées par une seule équation entre  $V_s$  et  $V_e$ .

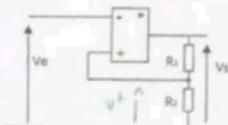
## VII. Les montages en régime non linéaire

### VII.1 Montage comparateur simple

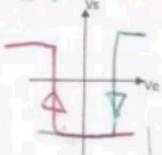


on considère l'ALI idéal  
on observe pas de CR négative  
 $\Rightarrow R_F$  est le RNL  
\* si  $V^+ > V^- \Rightarrow \varepsilon > 0 \Rightarrow V_s = +V_{sat}$   
\* si  $V^+ < V^- \Rightarrow \varepsilon < 0 \Rightarrow V_s = -V_{sat}$   
si  $V^+ = V_e$  et  $V^- = V_s$

### VII.2 Montage comparateur à hystérésis



$$V^+ = \frac{V_e R_3}{R_1 + R_3}$$



on considère l'ALI idéal  
on observe une CR positive  
 $\Rightarrow R_F$  est le RNL  
genre de hystérésis

## VI. Cas particulier des fonctions de transfert du 2<sup>nd</sup> ordre décomposables produit de 2 fonctions du 1<sup>er</sup> ordre

On se propose de décomposer en deux fonctions du 1<sup>er</sup> ordre l'expression du 2<sup>nd</sup> ordre suivante :  $1 + j2m \frac{\omega}{\omega_0} + \left(j \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2$

Pour cela on pose :  $X = j \frac{\omega}{\omega_0}$ . On obtient alors l'expression suivante :  $1 + 2mX + X^2$

On recherche alors les racines du polynôme  $P(X) = 1 + 2mX + X^2$  par la méthode de discriminant. Ce dernier s'écrit

$$\Delta = 4(m^2 - 1)$$

Lorsque l'amortissement  $m$  est supérieur à 1 les deux racines sont réelles et notées  $\omega_1, \omega_2$ .

Lorsque l'amortissement  $m$  est inférieur à 1 les deux racines sont complexes conjuguées.

Pour  $m > 1$  on peut alors écrire le polynôme  $P(x)$  sous la forme :

$$P(X) = (X - X_1)(X - X_2) \text{ avec } X_1 = -m + \sqrt{m^2 - 1} \text{ et } X_2 = -m - \sqrt{m^2 - 1}$$

Le polynôme  $P(X)$  peut aussi s'écrire :  $P(X) = X_1 X_2 \left(1 + \frac{X}{-X_1}\right) \left(1 + \frac{X}{-X_2}\right)$  or  $X_1 X_2 = 1$

$$\text{Donc } P(X) = \left(1 + \frac{X}{-X_1}\right) \left(1 + \frac{X}{-X_2}\right)$$

En repassant en  $\omega$  on obtient :

$$1 + j2m \frac{\omega}{\omega_0} + \left(j \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 = \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_0(m - \sqrt{m^2 - 1})}\right) \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_0(m + \sqrt{m^2 - 1})}\right) \text{ soit } \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_1}\right) \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_2}\right)$$

avec  $\omega_1 = \omega_0(m - \sqrt{m^2 - 1})$   
et  $\omega_2 = \omega_0(m + \sqrt{m^2 - 1})$

Pour  $m > 1$  on peut alors écrire la fonction de transfert dans le cas d'un passe bas sous la forme :

$$H(j\omega) = K \cdot \frac{1}{1 + j2m \frac{\omega}{\omega_0} + \left(j \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} = K \cdot \frac{1}{\left(1 + j \frac{\omega}{\omega_1}\right) \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_2}\right)}$$

Le tracé de Bode qui en résulte est alors obtenu à partir de 2 tracés du premier ordre. Cette décomposition permet d'obtenir une plus grande précision au niveau du tracé asymptotique (sans oublier que cela est possible si  $m > 1$ ).

