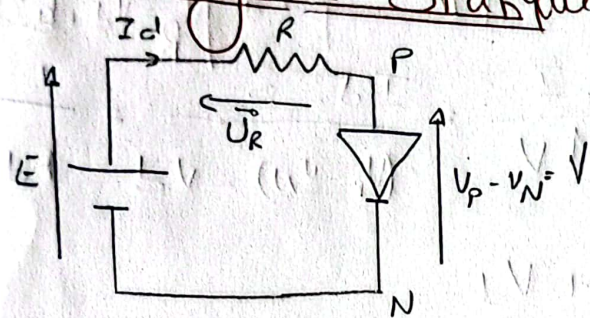


# Electronique Analogique.

## Diode de Ponge.

### (I) Regime Statique.



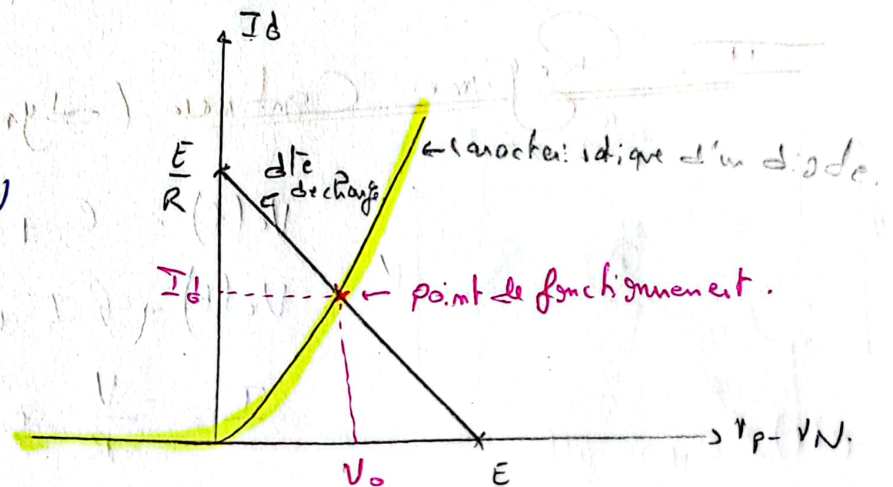
Equation de la maille.

$$E = U_R + V = R I_D + V$$

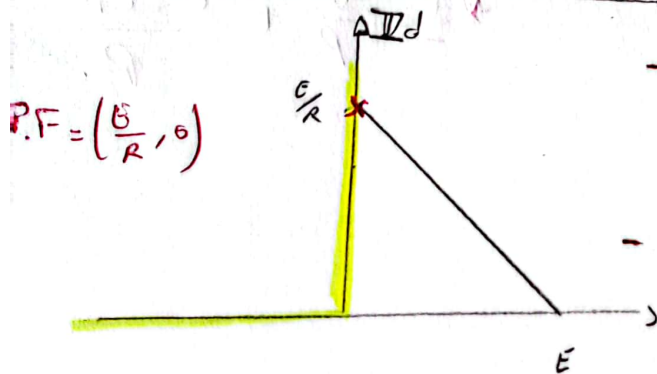
$$I_D = -\frac{V}{R} + \frac{E}{R}$$

$$\text{si } I_D = 0 \Rightarrow V = E$$

$$\text{si } V = 0 \Rightarrow I_D = \frac{E}{R}$$



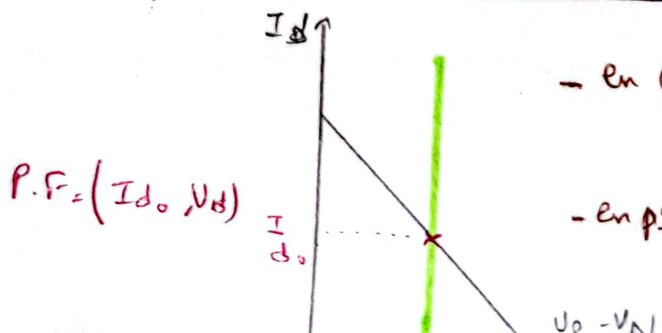
### (1) Diode Idéale sans seuil $V_d$ et sans résistance.



- en régime inverse  $V_p - V_n < 0$

- en polar. directe  $V_p - V_n > 0$

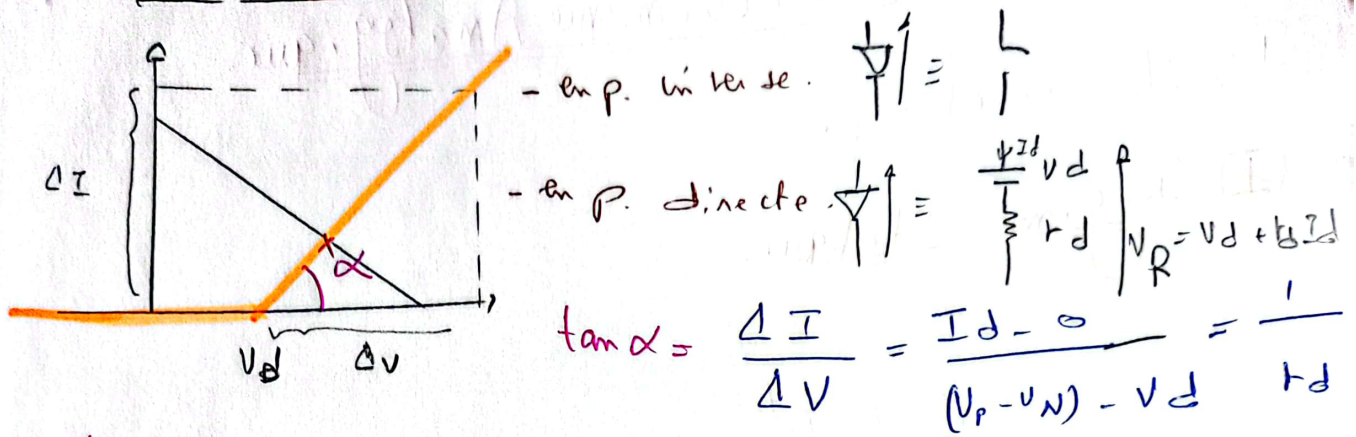
### (2) Diode avec $V_d$ (seuil) et sans résistance.



- en polar. inverse  $V_p - V_n \leq 0$

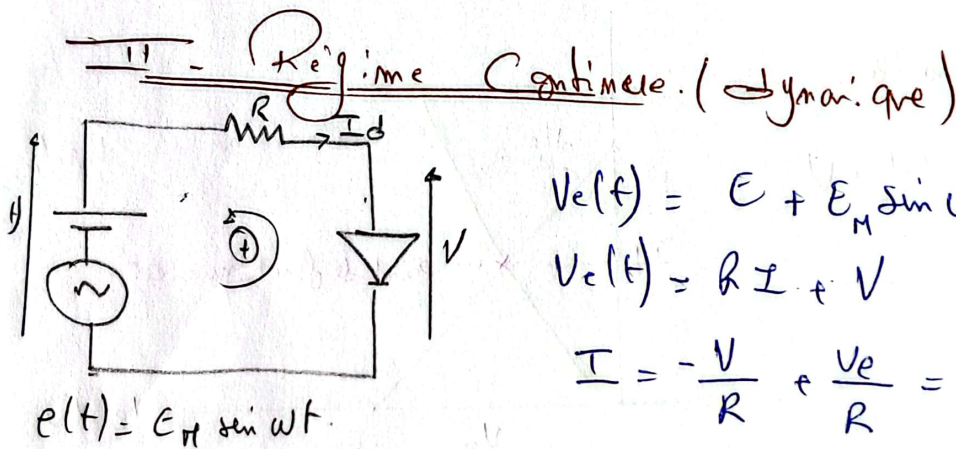
- en polar. directe  $V_d = V_p - V_n$

(3) Déterminer avec  $V_d$  et avec la résistance.



P.F. ( $I_{d0}, V_{d0}$ )

$$V_P - V_N = r_d I_d + V_d$$



$$V_e(t) = E + E_m \sin \omega t$$

$$V_e(t) = R I + V$$

$$I = -\frac{V}{R} + \frac{V_e}{R} = -\frac{V}{R} + \frac{E + E_m \sin \omega t}{R}$$

$$\sin \omega t = 0$$

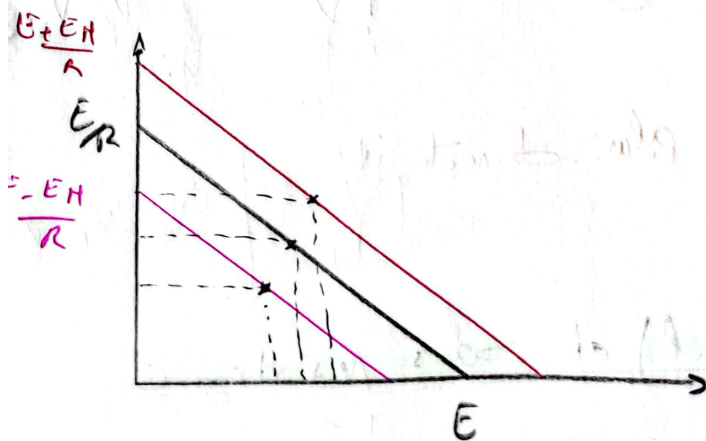
$$\sin \omega t = 1$$

$$\sin \omega t = -1$$

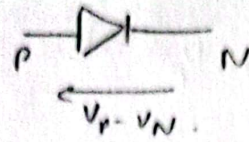
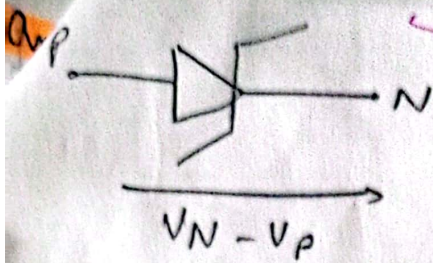
$$I = -\frac{V}{R} + \frac{E}{R}$$

$$* I = -\frac{V}{R} + \frac{E + E_m}{R}$$

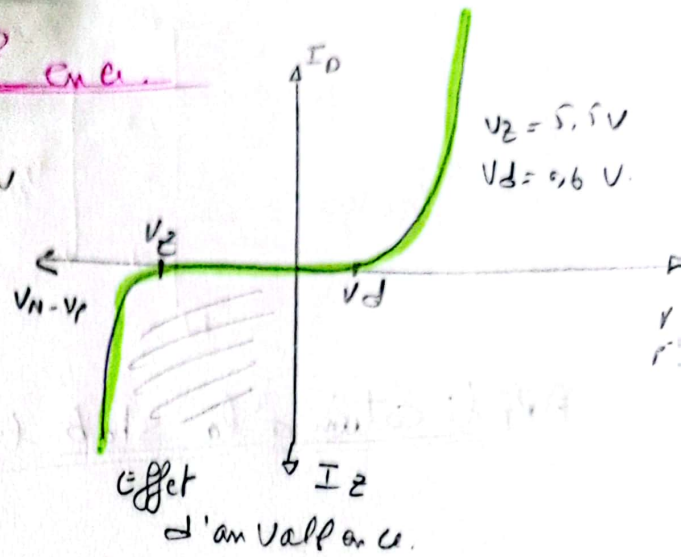
$$* I = -\frac{V}{R} + \frac{E - E_m}{R}$$







## Diode Zener



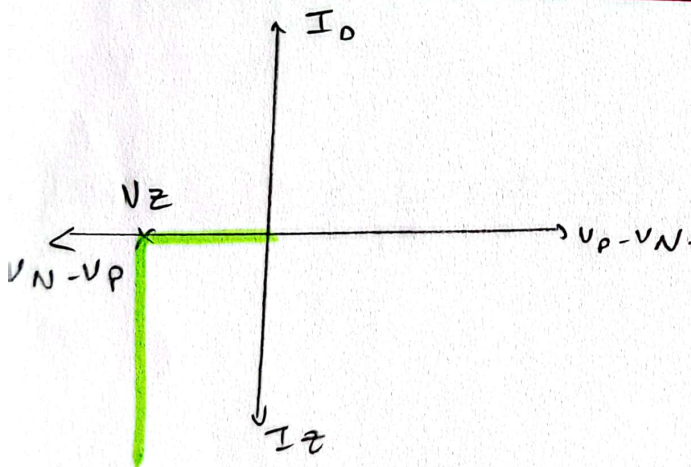
\* En polarisation directe.

$$I \approx \frac{I_+}{I_-} V_D$$

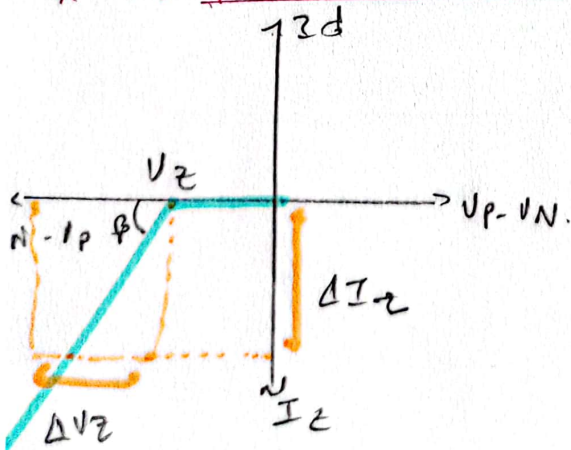
\* en polarisation inverse.

$$I_D \approx \frac{I_-}{I_+} \quad V_N - V_P = V_Z$$

\* Pour le diode Zener idéale (avec seuil)



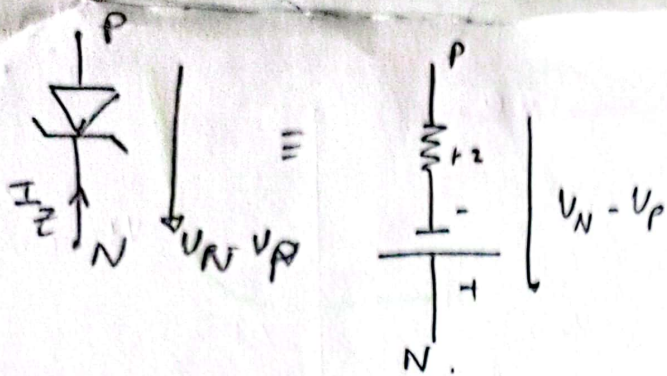
\* Pour le diode Zener avec seuil et résistance.



$$\tan \beta = \frac{\Delta I}{\Delta Z} = \frac{I_Z - 0}{(V_N - V_P) - V_Z} = \frac{1}{V_Z}$$

$$(V_N - V_P) - V_Z = I + V_Z$$

$$V_N - V_P = r_Z I_Z + V_Z$$



Application à la stabilisation de tension.



# Transistor Bipolaire

Résumé

Transistor = l'élément clé de l'électronique.

Il peut :

- \* amplifier de tension, de courant, de puissance.
- \* être utilisé comme source de courant.
- \* agir comme un interrupteur commandé
- \* essentiel pour l'électronique numérique.

transistor

transistor bipolaire

transistor à effet de champ.

\* commandé par un courant

\* commandé par une tension.

NPN

PNP (contrairement au NPN)

- N: fortement dopé constitue l'émetteur
- P: très mince faiblement dopé base.
- N: faiblement dopé collecteur

Les condensateurs :

R. continue (circuit ouvert)

R. sinusoïdale négligeable devant les résistances du circuit.

(1)

Idéalement :

L'étage d'entrée ne dépend pas de l'étage de sortie.

La relation de transistor :

$$I_C = \beta I_B, \quad \beta = \beta_{21} \text{ ou } \beta_{fe}$$

Cette relation traduit la possibilité de contrôler un courant important ( $I_C$ ) à l'aide d'un courant beaucoup plus faible ( $I_B$ ) d'où son utilisation à grande échelle en amplification.  
 $\Rightarrow$  un petit courant de  $I_B$  commande un grand courant de sortie ( $I_C$ )



$$R_{B2} = \frac{1}{\beta} \quad , \quad I_C = \beta I_B + \frac{1}{\beta} V_{CE}$$

$$= \beta I_B + R_{B2} V_{CE} = \underbrace{R_{B2} I_B + R_{B2} V_{CE}}$$

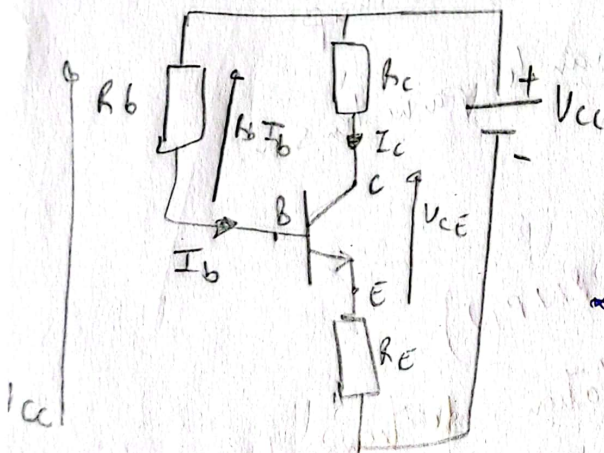
$$I_C(V_{CE}) = I_C(I_B) \left( 1 + \frac{V_{CE}}{V_A} \right)$$

↳ potential de Early

polarisation du transistor.

Le transistor doit avoir sa jonction base-émetteur polarisée en direct ce qui engendre un courant  $I_B$  et  $I_C = \beta I_B$  du collecteur.  
 ↳ l'état de transistor caractérisé — pts de fonctionnement  
 $(V_{CE}, I_C)$

\* polarisation par une résistance de base



$$V_{CC} = R_B I_B + 0,7 + R_E (I_B + I_C)$$

$$\rightarrow I_C = \beta I_B$$

$$\rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - 0,7}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

Inversement) [Si on donne le pt de fct ( $I_C, V_{CE}$ )  
 on cherche les résistances (on fixe  $V_E$ )

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}, \quad V_B = V_E + 0,7 = \dots$$

$$R_B = \frac{V_{CC} - V_B}{I_B}, \quad R_E = \frac{V_E}{I_E} = \frac{V_E}{I_C + I_B}$$

$$= \frac{V_{CC} - V_{CE} - V_E}{I_C}$$

charge.

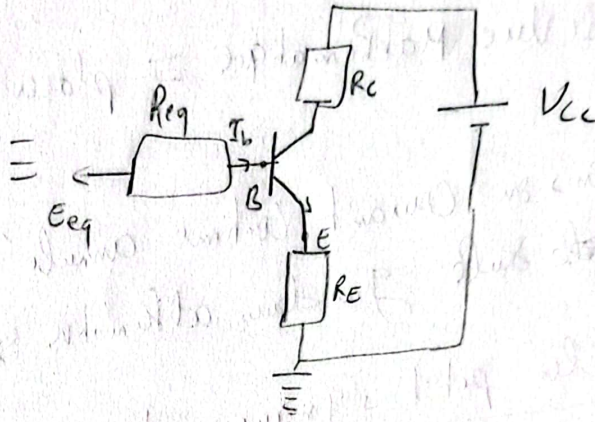
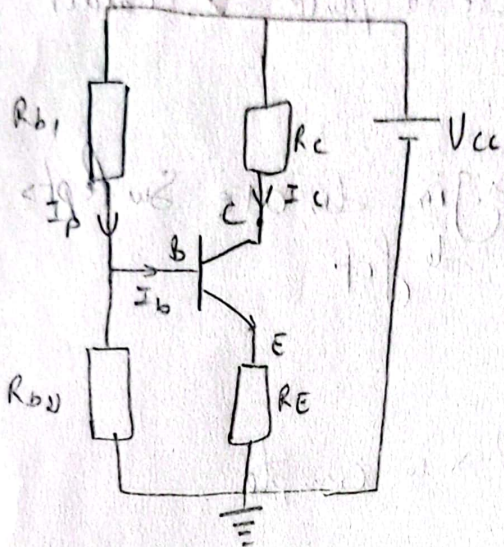
$$V_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E) I_C - R_E I_B$$

$$\text{Car } V_{CC} = V_C I_C + V_{CE} + R_E (I_B + I_C)$$

$$I_C = - \frac{1}{R_C + R_E} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$



La base polarisée par un pont consistant de deux résistances  $R_{B1}$ ,  $R_{B2}$



$$V_{eq} = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}, \quad R_{eq} = R_{B1} \parallel R_{B2}, \quad I_B \text{ est fonction de } V_{eq}$$

$$r_{be} = \beta \frac{U_T}{I_{C_{nsp}}}$$

$$g_m = \frac{I_{C_{nsp}}}{U_T} \quad (\text{mS})$$

$$r_{ce} = \frac{|U_A| + V_{CE_{nsp}}}{I_{C_{nsp}}}$$

$$V_{eq} = R_{eq} I_B + 0,7 + R_C (I_B + I_C)$$

$$\frac{I_C}{I_B} = \frac{V_{eq} - 0,7}{R_{eq} + (\beta + 1) R_E}$$

$$I_C = \beta I_B$$

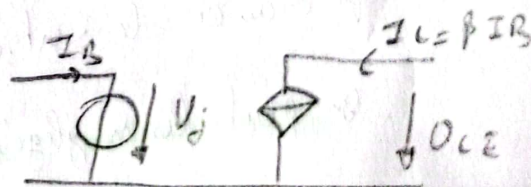
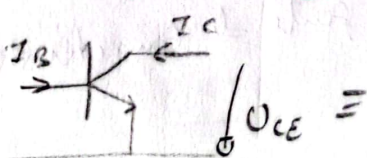
$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E) I_C - R_E I_B$$

$U_{BE}$ ,  $U_{CE}$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_E$  : Les tensions et courant de polarisation

$U_{be}$ ,  $U_{ce}$ ,  $i_c$ ,  $i_e$  : Les variations des tensions et des courant autour du point de fonctionnement.

Modèle grand signal



→ sert à calculer le point de fonctionnement



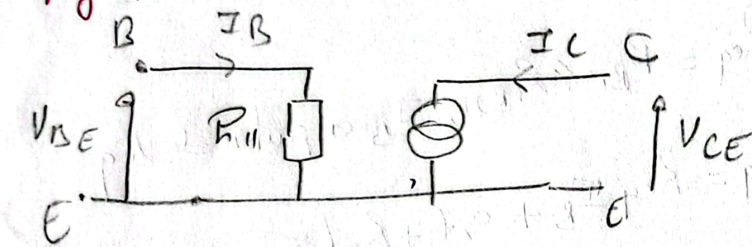
On est fixé, on peut amplifier des variations de celui-ci. Pour calculer l'effet de ces variations, on utilise un modèle petit signal qui tient compte de la pente des caractéristiques.

Point de vue Mathématique  $\equiv$  placer l'origine des axes sur le pt de fct

$\Rightarrow$  tension courant continue annulée

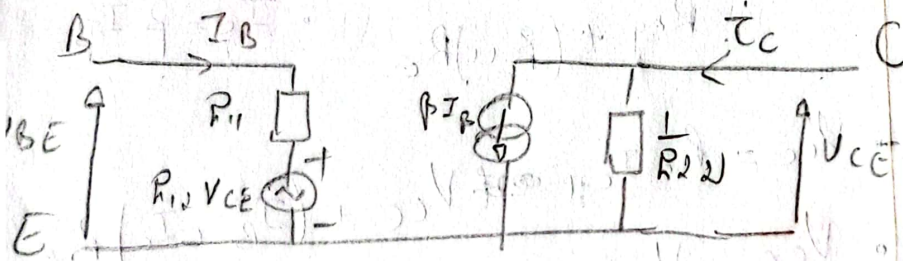
2 seule grandeurs alternatives sont prise en compte.

pour les petit signaux (dynamique)



$R_{12}$  et  $R_{22}$  très faible on les néglige.

$R_E$ : stab: fixe le pt de fct. onnement



$$\begin{cases} V_{BE} = h_{11} i_B + h_{12} V_{CE} \\ i_C = h_{21} i_B + h_{22} V_{CE} \end{cases}$$

$R_{11}$ : l'impédance d'entrée du transistor  $h_{11} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \bigg|_{V_{CE}}$

$h_{21}$ : gain de transistor  $h_{21} = \beta$

$h_{12}$ : terme de réaction interne  $h_{12} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta V_{CE}}$  sa valeur très faible

$h_{22}$ : l'impédance de sortie: pente de caractéristique: faible on peut les négliger