

# LES GENERATRICES A COURANT

## CONTINU

### CHAPITRE : 05

---

#### Contenu

1°-Introduction.....	68
2°-Caractéristiques usuelles.....	68
3°-Génératrice à excitation séparée.....	69
3°.1-Schéma et équations de fonctionnement.....	69
3°.2-Caractéristique à vide.....	69
3°.3-Caractéristique en charge.....	71
3°.4-Caractéristique de réglage.....	72
4°-Génératrice à excitation shunt.....	73
4°.1-schéma et équations de fonctionnement.....	73
4°.2-Problème d'amorçage.....	74
4°.3-point de fonctionnement à vide.....	75
4°.4-Caractéristique en charge.....	75
TD N° 3 : Génératrice à courant continu.....	79

---

## Les génératrices

---

### 1°-Introduction

Les machines à courant continu sont essentiellement destinés pour fonctionner en moteur ;le génératrice en tant que machine a été totalement remplacée par des dispositifs électroniques statiques réalisant la conversion alternatif-continu(Redresseurs).Cependant il est intéressant de connaitre le fonctionnement générateur et ceci, au moins, pour deux raisons :

- Pour maîtriser le fonctionnement moteur, il est intéressant d'assimiler le fonctionnement générateur.
- Lors de son fonctionnement, le moteur accouplé à sa charge, peut parfois, fonctionner en génératrice, afin de freiner cette charge .par exemple, en traction électrique et dans le cas d'un métro en descente, la vitesse va se maintenir raisonnable grâce au freinage par récupération.

Pour que le f.e.m existe, il faut deux conditions :

- La machine doit être entraînée à une vitesse de rotation  $n$ (par exemple à l'aide d'un moteur auxiliaire) ;
- L'existence d'un champ magnétisant, donc l'inducteur doit être alimenté

Au chapitre précédent, on a déjà vu qu'il existe 4 modes d'alimentation de l'inducteur (on dit aussi excitation) : excitation séparée, excitation shunt, excitation série et excitation compound.

### 2°-Caractéristiques usuelles :

Les variables de fonctionnement d'une génératrice sont :

- La vitesse de rotation  $n$
- Le courant d'excitation( $j$ )
- La tension aux bornes de l'induit  $U$
- Le courant d'induit  $I$

Il en résulte , les caractéristiques usuelles suivantes :

- Caractéristiques à vide (ou interne) :  $E_v = f(j)$  à  $n = \text{constante}$

- Caractéristiques en charge(ou externe) :  $U = f(I)$  à  $n=\text{constante}$  et  $j=\text{constant}$
- Caractéristiques de réglage :  $I = f(j)$  à  $n=\text{constante}$  et  $U=\text{constante}$

### 3°-Génératrice à excitation séparée

#### 3°.1-Schéma et équations de fonctionnement

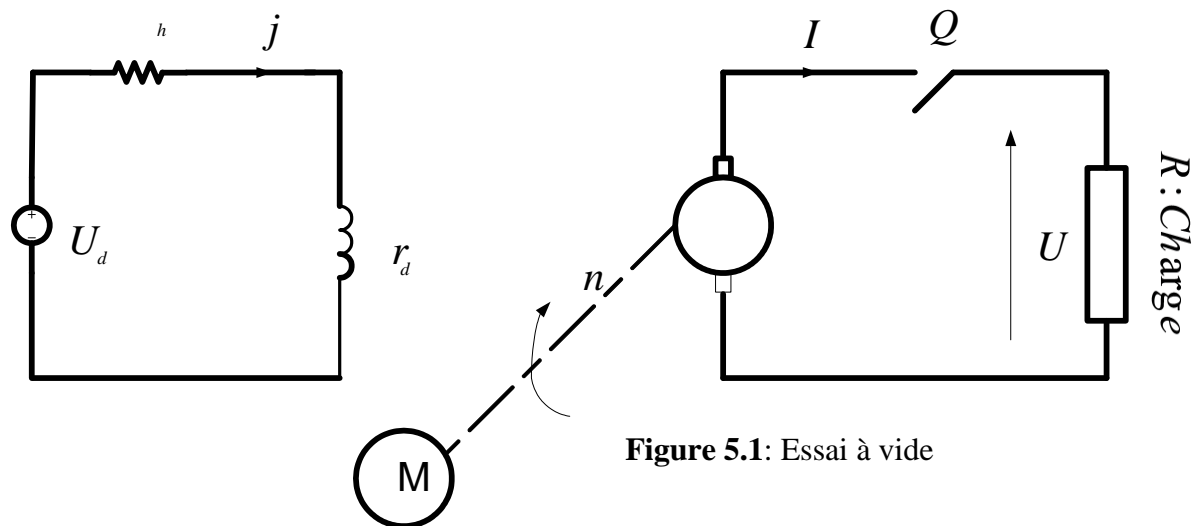


Figure 5.1: Essai à vide

$U_d$  : source d'excitation ;  $R_h$  : Rhéostat d'excitation ;  $r_d$  :résistance de l'enroulement inducteur et  $M$  :moteur d'entrainement

La loi des mailles appliquée :

- Au circuit inducteur nous donne :  $j = \frac{U_{ex}}{R_h + r_d}$  (1)

- Au circuit induit tout en considérant le modèle déjà établi au chapitre précédent, nous donne :  $U = E_v - \varepsilon(I) - R_a \cdot I$  (2)

Avec  $R_a$  : résistance totale de l'induit et  $\varepsilon(I)$ : chute de tension due à la réaction magnétique de l'induit.

#### 3°.2-Caractéristique à vide

C'est la courbe  $E_v = f(j)$  à  $n=\text{constante}$

A vide (charge isolé), on maintient la vitesse constante et on fait varier le courant d'excitation  $j$  et on relève la tension aux bornes de l'induit.

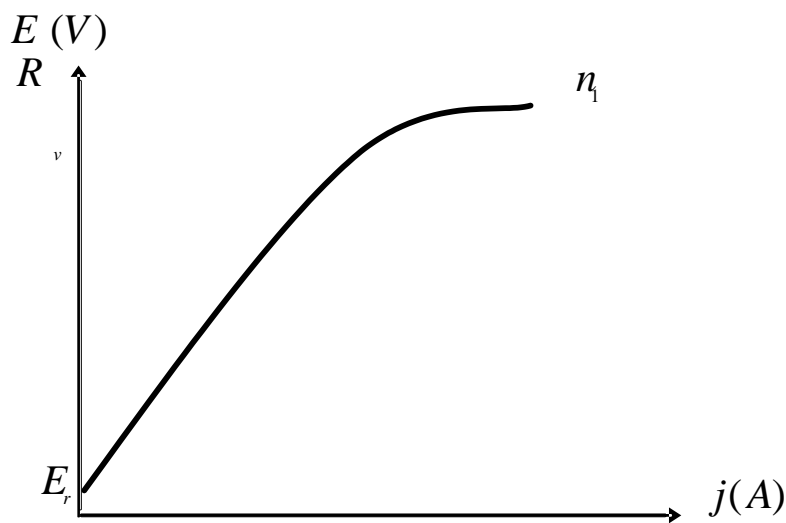
➤ **Allure de  $E_v = f(j)$  à  $n = \text{constante}$**

On a vu au chapitre 4 que la f.e.m à vide est donnée par  $E_v = \frac{P}{a} \cdot N \cdot \frac{n}{60} \cdot \phi_v$

A vitesse constante  $E_v = K \cdot \phi_v$

D'autre part, le champ magnétique  $H$  est proportionnel à l'excitation  $j$  par conséquent

$E_v = f(j)$  aura la même allure que  $B = f(H)$



**Figure 5.2:** Caractéristique à vide

- Pour  $j = 0 \Rightarrow E_v = E_r$  : f.e.m rémanente  $\ll U_n$  (tension nominale lue sur la plaque signalétique)
  - Pour les faibles valeurs de  $j$  le circuit magnétique n'est pas saturé  $\Rightarrow \phi_v$  est proportionnel à  $j$  donc  $E_v(j)$  est une droite.
  - Pour des valeurs d'excitations importantes, le circuit magnétique va se saturer et l'accroissement de la f.e.m sera moins vite que précédemment  $\Rightarrow E_v(j)$  présente donc une coude de saturation
  - A la saturation, même si on augmente l'excitation la f.e.m à vide  $E_v \approx \text{constante}$ .
- **Prédétermination de  $E_v = f(j)$  à  $n_2$  à partir de  $E_v = f(j)$  à  $n_1$  :**

A  $j = \text{constante}$  (par exemple  $j_1$ ), on vérifie que :

$$\frac{E_1}{n_1} = \frac{E_2}{n_2} \Rightarrow E_2 = E_1 \cdot \frac{n_2}{n_1} \quad (3)$$

Pour obtenir la 2<sup>ème</sup> courbe, il suffit de recommencer cette opération pour plusieurs valeurs de  $j$ .

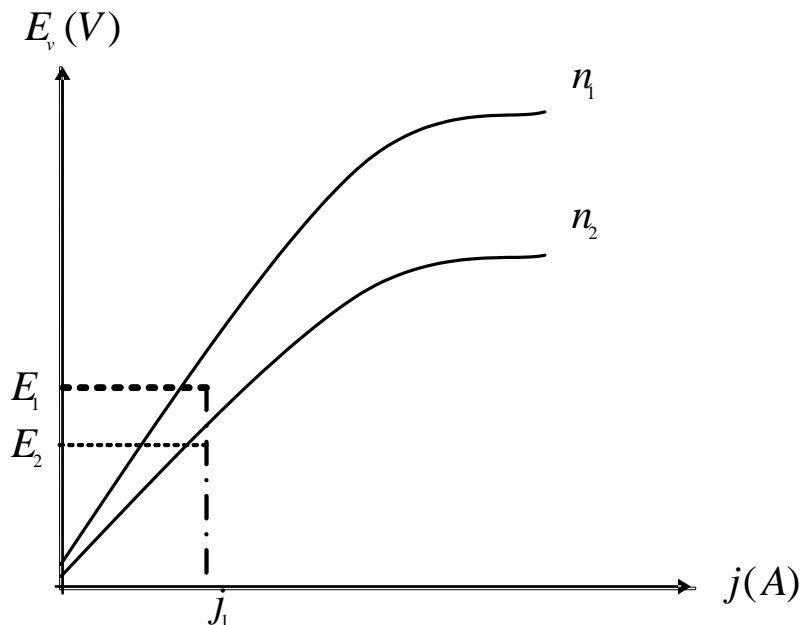


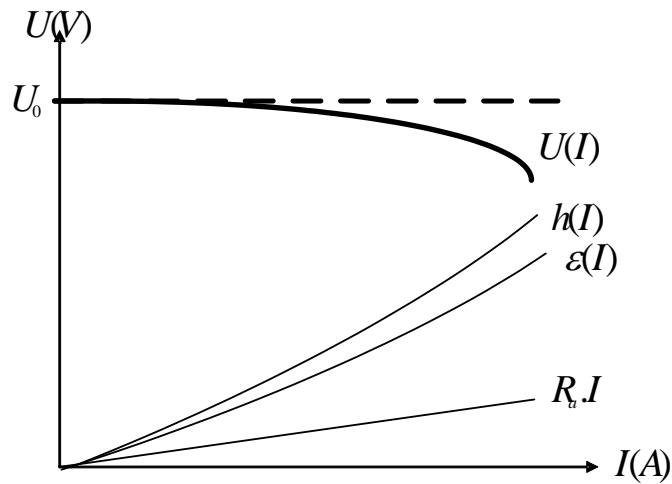
Figure 5.3: Caractéristique à vide pour deux vitesses

### 3°.3-Caractéristique en charge

C'est la courbe  $U = f(I)$  à  $n$  et  $j$  constantes

En se référant à la figure 5.1 et d'après (1)  $R_h + r_d = cte \Rightarrow j = cte$

On fait varier le courant  $I$  à l'aide de la charge  $R$  et on relève la tension  $U$  aux bornes de l'induit tout en maintenant la vitesse  $n$  et l'excitation  $j$  constante. On obtient l'allure suivante :



**Figure 5.4** : Essai en charge

Pour un régime de fonctionnement en charge( pour  $I$  donné), la chute de tension due à la réaction magnétique de l'induit est donnée par  $\varepsilon(I) = E_v - E_{ch}$

Avec :  $E_{ch}$  :f.e.m en charge ;  $E_v$  :f.e.m à vide

La loi des mailles appliquée à l'induit nous donne :

$$U = E_v - (\varepsilon(I) + R_a I) = E_v - h(I) \quad (4)$$

- Lorsque  $I$  croit  $\Rightarrow U$  diminue, donc  $U(I)$  est décroissante et s'incurve de plus en plus à cause de  $\varepsilon(I)$ .
- $j = cte \Rightarrow E_v(I) = cte$ , c'est-à-dire horizontale qui sort de  $U_0$ .
- $h(I)$  est donc symétrique de  $U(I)$  par rapport à  $U_0/2$ .
- On trace  $\varepsilon(I)$  à partir de  $h(I)$  en retranchant  $R_a I$  pour différents valeurs de  $I$ .

### 3°.4- Caractéristique de réglage

C'est la courbe  $I = f(j)$  à  $n = cte$  et  $j = cte$

On peut obtenir directement par l'expérience, les différentes valeurs de l'excitation permettant pour les différents débits de maintenir la tension constante. L'allure est donnée ci-dessous.

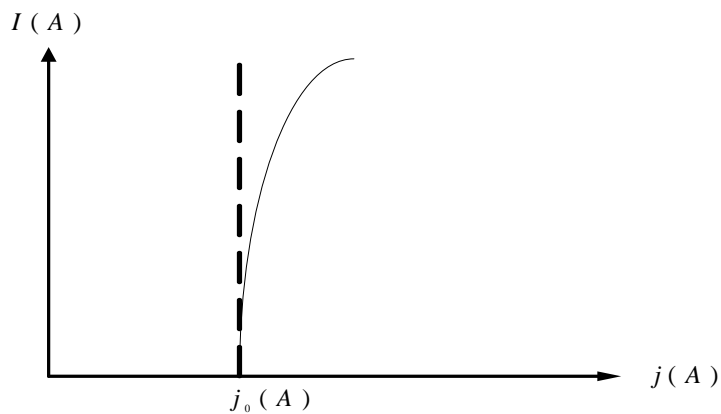


Figure 5.5 :Caractéristique de réglage

- $j_0$  est l'excitation produisant à vide  $U_0$ 
  - Lorsque  $I$  augmente la tension  $U$  diminue, pour maintenir  $U$  constante, on augmente  $j$  pour compenser la chute de tension  $h(I)$ .

☒ Remarque : (prédestination de  $I = f(j)$ )

On peut tracer cette caractéristique graphiquement à partir des deux précédentes :

Soit  $I = I_1$

$$I_1 \longrightarrow U_1 \longrightarrow h(I_1) = U_0 - U_1 \longrightarrow E_{v1} = U_0 + h_1(I) \longrightarrow j_1$$

#### 4°-Génératrice à excitation shunt

##### 4°.1-Schéma et équations de fonctionnement

- Le circuit inducteur  $R_h + r_d$  est branché en parallèle avec l'induit, d'où l'appellation shunt
- Le courant induit dans ce cas est  $I_a = I + j$ , il est légèrement supérieur à  $I$  dans la charge.

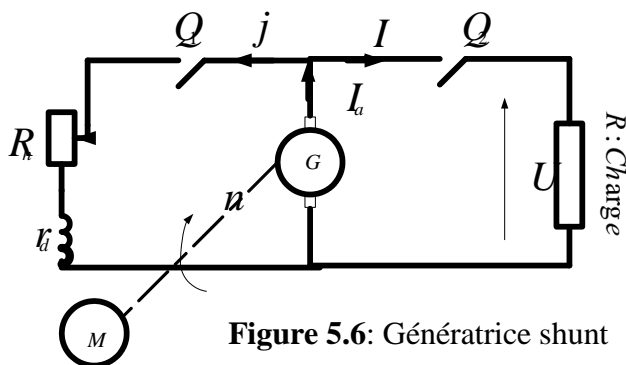


Figure 5.6: Génératrice shunt

La loi des mailles appliquée :

$$- \text{ Au circuit inducteur nous donne : } j = \frac{U}{R_h + r_d} \quad (5)$$

- Au circuit induit tout en considérant le modèle déjà établi au chapitre 4 , nous donne :

$$U = E_v - \varepsilon(I) - R_a \cdot I_a \quad (6)$$

#### 4°.2-Problème d'amorçage

La génératrice est entraînée à sa vitesse nominale et excitée par son excitation nominale, elle est dit amorcée si elle délivre une tension de l'ordre de sa tension nominale. Ce problème on le résout à vide.

La génératrice est entraînée ,  $Q_1$  est ouvert  $\Rightarrow j = 0 \Rightarrow U = E_r \ll U_n$  ; avec  $E_r$  : désigne la f.e.m rémanente. Lorsqu'on ferme l'interrupteur  $Q_1$ , deux situations peuvent se présenter :

Soit  $U \nearrow \Rightarrow j = \frac{U}{R_h + r_d} \nearrow \Rightarrow \phi \nearrow \Rightarrow E_v \nearrow \Rightarrow U \nearrow$  : la génératrice s'amorce

Soit  $U \searrow \Rightarrow j = \frac{U}{R_h + r_d} \searrow \Rightarrow \phi \searrow \Rightarrow E_v \searrow \Rightarrow U \searrow$  : la génératrice ne s'amorce pas

Dans ce dernier cas, pour amorcer la génératrice, il suffit d'inverser soit, le sens de rotation , soit le courant d'excitation  $j$  en permutant les connections entre induit et inducteur.

Par conséquent , les conditions d'amorçage sont :

- Vitesse de rotation suffisante(par exemple  $n_n$  : vitesse nominale)
- Existence de la f.e.m rémanente
- Flux inducteur  $\phi_j$  agit dans le même sens que le flux rémanent( $\phi_r$ )

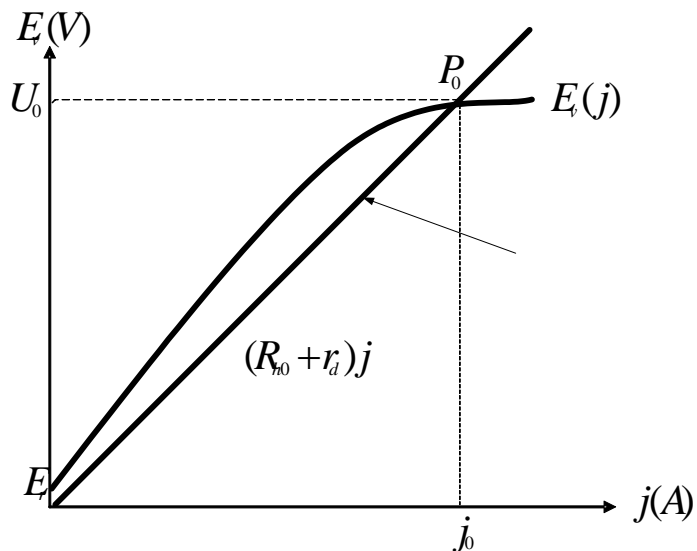
#### 4°.3-Point de fonctionnement à vide

Tout d'abord on précise que  $E_v = f(j)$  ne dépend , ni du mode d'excitation, ni du mode de fonctionnement, car elle représente la courbe d'aimantation du circuit magnétique. Il est toujours recommandé de la relever en génératrice à excitation séparée

L'induit et l'inducteur sont en parallèle. A vide , la tension aux bornes de l'induit  $U_0$  est :

$$U_0 = E_v = (R_h + r_d) j_0$$

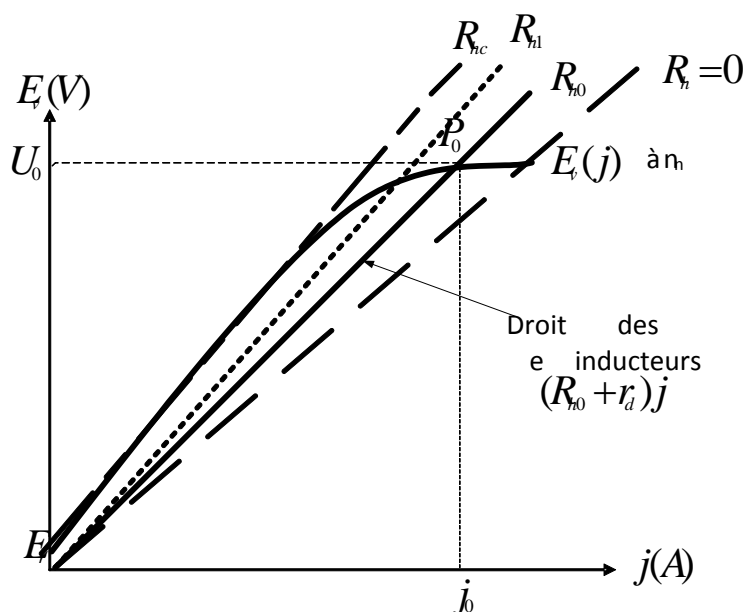




**Figure 5.8:** point de fonctionnement

D'après ces deux égalités, on voit que  $P_0$  le point de fonctionnement à vide est l'intersection de  $E_v = f(j)$  et la droite des inducteurs  $(R_h + r_d)j$ . On peut déplacer le point de fonctionnement  $P_0$  à vide par action sur  $R_h$ , soit sur la vitesse de rotation  $n$

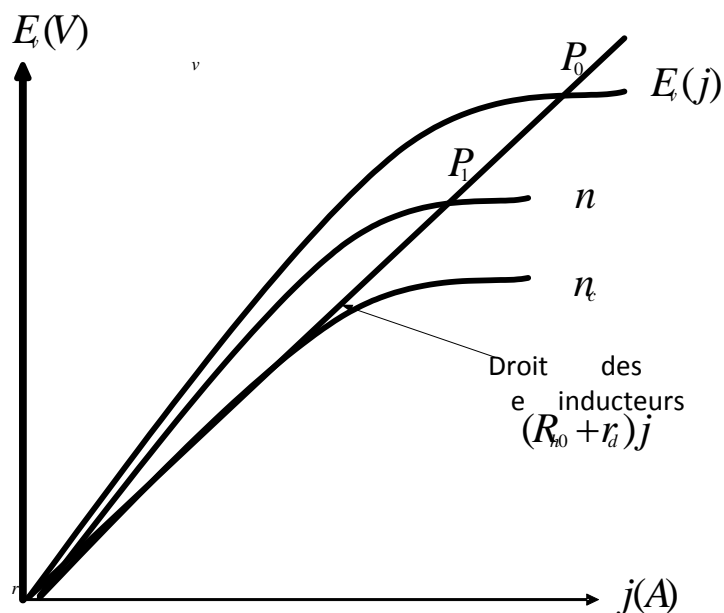
➤ action sur  $R_h$



**Figure 5.9:** Déplacement de point de fonctionnement

- si on augmente  $R_h$  la droite des inducteurs va tourner l'axe des ordonnées et le point de fonctionnement se déplace sur  $E_v = f(j)$  à gauche.
- A la limite de  $R_h = R_{hc}$  (valeur critique), le point de fonctionnement n'est plus défini et la machine se désamorce
- On peut déterminer graphiquement  $R_{hc} : R_{hc} = R_c - r_d$  ; avec  $R_c = \frac{\Delta E_v}{\Delta j}$  (dans la zone linéaire)

➤ action sur  $n$



**Figure 5.10:** Action sur la vitesse

- En diminuant la vitesse  $n$  la caractéristique à vide va se déplacer par affinité vers le bas et le point de fonctionnement à vide va se déplacer aussi vers le bas sur la droite des inducteurs.
- A la limite pour une vitesse critique  $n_c$  la génératrice s'amorce, on démontre que

$$n_c = \frac{R_{h0} + r_d}{R_c} . n_n$$

#### 4°.4- Caractéristique en charge

C'est la courbe  $U = f(I_a)$  à  $n = cte$  et  $R_h + r_d = constante$

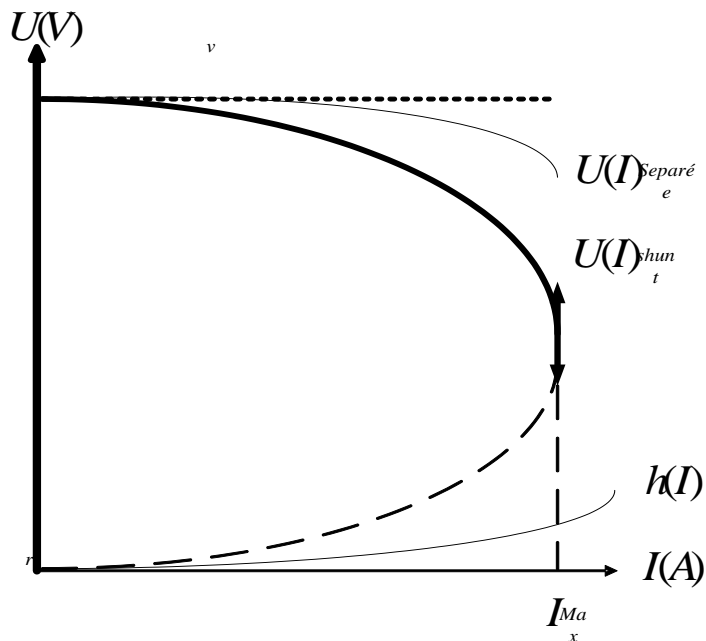
On peut obtenir cette caractéristique :

- Soit directement par essai

- Soit graphiquement par construction de Picou

➤ Essai direct

Le montage étant celui de la figure 5.7, après amorçage, à vide on règle l'excitation qui donne  $U = U_0$  (on ne touche plus  $R_h$ ) ; on ferme  $Q_2$ , puis on varie le courant à l'aide de la charge  $R$  et on relève la tension tout en gardant la vitesse constante.



**Figure 5.11:** Caractéristique en charge

- $U = f(I)_{shunt}$  est plus tombante que  $U = f(I)_{séparé}$  car contrairement à l'excitation séparée,  $j$  n'est plus constante, elle décroît en même temps que  $U$  d'où une baisse plus accentuée de la tension.

- Le courant débité présente un maximum, au delà du quel, la génératrice refuse sa charge : si l'on diminue encore la résistance de charge, le courant décroît en même temps que la tension.

- On peut atteindre la mise en court-circuit de la génératrice, ceci sans danger, puisque  $j$

est nulle ( $I_{cc} \approx \frac{E_r}{R_a} \ll I_n$  : courant nominal)

➤ **Prédétermination par construction de Picou**

