

## Chapitre 9 : *Machine à courant continu à excitation indépendante*

### *I / présentation, constitution*

1. *rappels*
2. *définition*
3. *constitution*

### *II / fonctionnement en moteur*

1. *symbole*
2. *principe du moteur*
3. *fém induite*
4. *moment du couple électromagnétique*
5. *schéma équivalent de l'induit du moteur à courant continu*
  - a) *schéma*
  - b) *plaque signalétique*
6. *vitesse de rotation*

### *III / fonctionnement à vide*

1. *vitesse*
2. *fonctionnement à U constant*
3. *fonctionnement à flux constant*

### *IV / fonctionnement en charge*

1. *couple utile, couple de pertes*
2. *courbe  $T_u = f(I)$*
3. *caractéristique mécanique*
4. *point de fonctionnement*

### *V / bilan de puissance*

1. *puissances*
2. *rendement*
  - a) *direct*
  - b) *pertes séparées*

I / Présentation : constitution1. rappels

en électromagnétisme on a vu que :

- force de Laplace : un conducteur l parcouru par un courant I dans un champ magnétique  $\vec{B}$  est soumis à la force de Laplace :  $\vec{F} = \vec{l} \wedge \vec{B}$

→ fonctionnement moteur

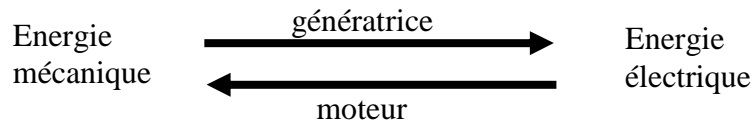
**EXP**

- un conducteur qui se déplace dans un champ magnétique fixe ( ou un conducteur fixe dans champ magnétique variable) voit apparaître à ses bornes une tension induite.

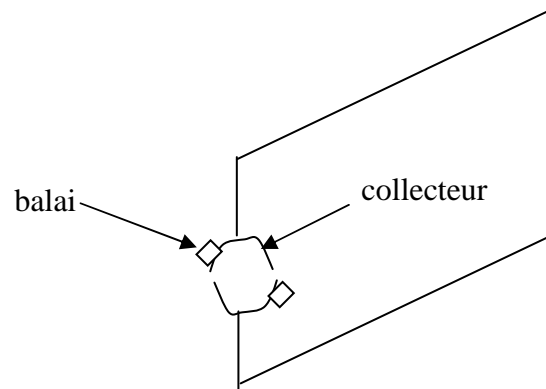
**EXP**

2. définition

une machine à courant continu est un convertisseur réversible

3. constitution

- le circuit magnétique est constitué d'une partie fixe : stator ou inducteur et d'une partie mobile : rotor ou induit, séparées par l'entrefer.
- L'inducteur est formé par des bobines alimentées en courant continu.
- Il crée donc un champ magnétique qui traverse le rotor.
- L'induit (ou rotor) est constitué de 2 conducteurs diamétralement opposés qui forment une spire.

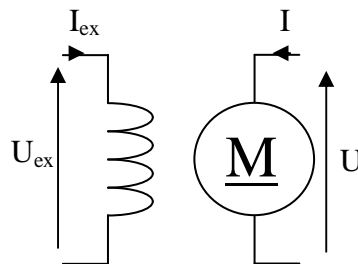


Leurs extrémités sont reliées à des collecteurs sur lesquels frottent des balais pour assurer le contact électrique.

## II / Fonctionnement en moteur

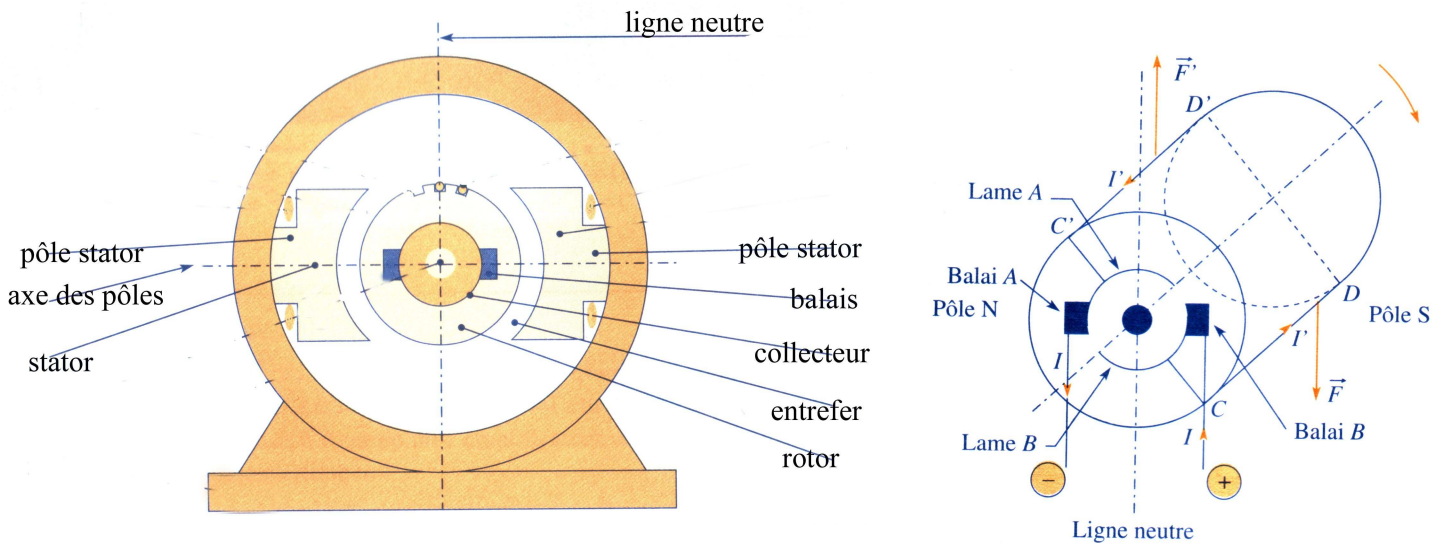
### 1. définition

- l'inducteur est alimenté en continu ( $U_{ex}$  ;  $I_{ex}$ )  
l'induit est alimenté par une source de tension continue extérieure.
- Symbole :



Les circuits inducteur et induit sont indépendants.

## 2. principe du moteur



Remarque : quand un conducteur franchit la ligne de neutre, l'intensité  $I'$  qui le traverse change de sens et donc les forces aussi, ce qui assure toujours le même sens de rotation.

## 3. fém induite

Les conducteurs de l'induit sont en mouvement dans le champ magnétique donc ils sont le siège d'une fém induite  $E$  :  $E = K \cdot \Phi \cdot \Omega$

## 4. moment du couple électromagnétique

la puissance de l'induit est :  $P_{em} = E \times I = K \cdot \Phi \cdot \Omega \times I$

donc il correspond un couple  $T_{em}$  tel que :  $P_{em} = T_{em} \cdot \Omega$

donc :

$$T_{em} = K \cdot \Phi \cdot I$$

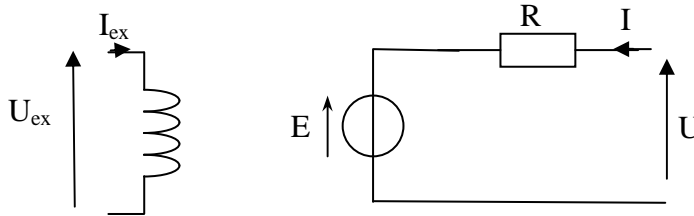
$T$  en N.m

$K$  en  $V \cdot Wb^{-1} \cdot rad^{-1} \cdot s$

$\Phi$  en Wb

$I$  en A

### 5. Schéma équivalent de l'induit du moteur à courant continu



$$U = E + R.I \quad \text{avec} \quad E = K.\Phi.\Omega \quad \text{et} \quad T_{em} = K.\Phi.I$$

### 6. vitesse de rotation

la vitesse de rotation  $\Omega$  est telle que :

$$U = E + R.I \\ = K.\Phi.\Omega + R.I$$

donc

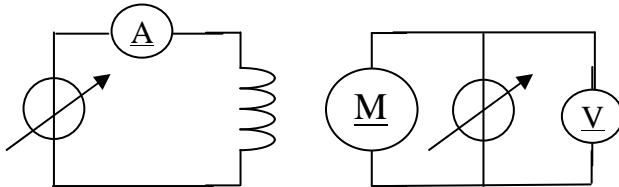
$$\Omega = \frac{U - R.I}{K.\Phi}$$

Remarque :

Si  $U \neq 0$  V et  $I_{ex} = 0$  A ie  $K.\Phi = 0$  Alors  $\Omega \rightarrow \infty$  : risque d'emballement !!

C'est pourquoi l'excitation est le premier circuit à brancher et le dernier à éteindre.

**l'inducteur a la priméur et l'induit suit**

III / Fonctionnement à vide1. vitesse

Alim continu portable

banc

à vide, le moteur ne fournit pas de puissance à vide.

Donc,  $I$  très faible et  $RI \ll U$

D'où  $\Omega \approx U / K\Phi$

On règle la vitesse  $\rightarrow$  en agissant sur  $U$

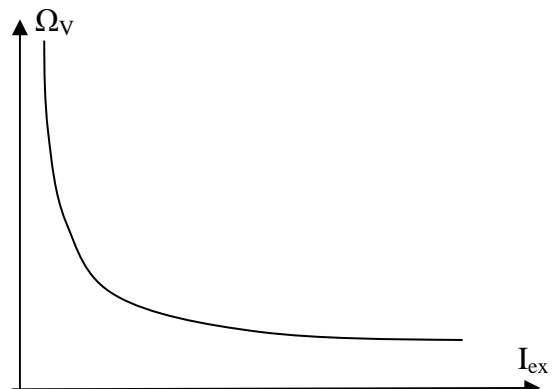
$\rightarrow$  en agissant sur  $I_{ex}$  (qui lui même agit sur  $K\Phi$ )

2. fonctionnement à U constant

on règle  $U$  à  $U_N$  et on fait varier  $I_{ex}$  de  $I_N$  vers 0

- si  $I_{ex} \rightarrow 0$ ,  $\Omega_v$  augmente fortement  $\rightarrow$  emballement
- si  $I_{ex}$  augmente ;  $\Omega_v$  diminue jusqu'à rester constant ( car  $\Phi$  constant car circuit magnétique saturé)

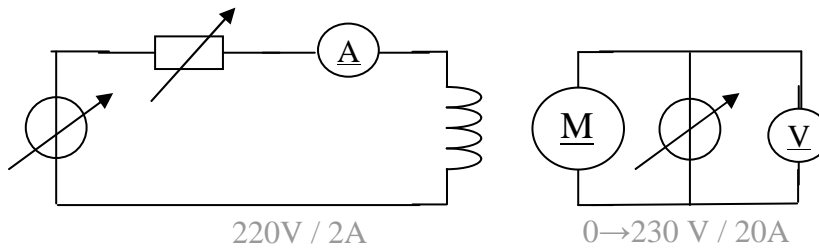
$I_{ex}$ A	0.54	0.5	0.45	0.40	0.3	0.25
$\Omega_v$	91.8	92.9	94.9	97.4	103	111



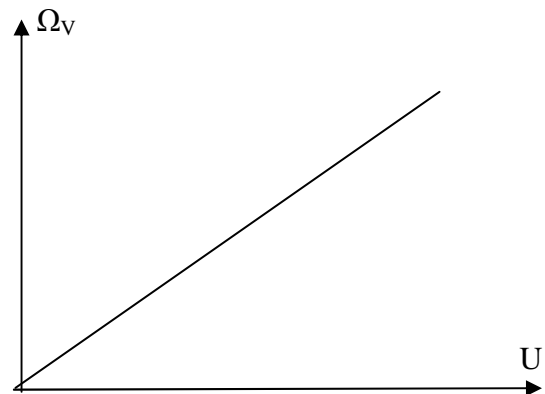
3. fonctionnement à flux constant

flux constant ie  $I_{ex} = cste$

on règle  $I_{ex} = I_{exN}$  et on fait varier U de 0 à  $U_N$



$U_v$	220	209	192.3	180	171	160.7
$\Omega_v$	92.4	87.5	80.7	75.3	71.4	67.2



## IV / Fonctionnement en charge

### 1. couple utile ; couple de pertes

on a  $T_{em} = K \cdot \Phi \cdot I$  et on travaille à flux constant (ie  $I_{ex} = cste$ ) :  $T_{em} = k \cdot I$

à cause des pertes (magnétiques et mécaniques :  $P_c$ ), la puissance utile  $P_u$  (mécanique) est inférieure à la puissance électromagnétique  $P_{em}$

$$P_{em} - P_u = P_c$$

Or  $P_{em} = T_{em} \cdot \Omega$  et  $P_u = T_u \cdot \Omega$

Donc  $T_c = P_c / \Omega = T_{em} - T_u$

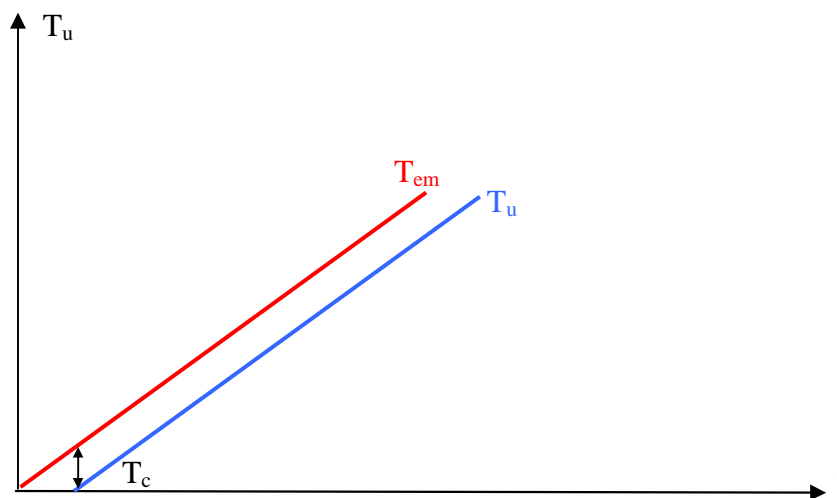
Remarque : les  $P_c$  dépendent de la vitesse  $\Omega$  donc  $P_c = a \times \Omega$  d'où  $T_c = a \times \Omega / \Omega$

$T_c$  ne dépend pas de  $\Omega$  ;  $T_c = cste$

### 2. courbe $T_u = f(I)$

la courbe se trace sous tension d'alimentation constante et à flux constant  $U = U_N$  et  $I_{ex} = I_{exN}$

on fait varier  $I$  courant de l'induit (avec le frein à poudre) et on trace  $T_u = f(I)$

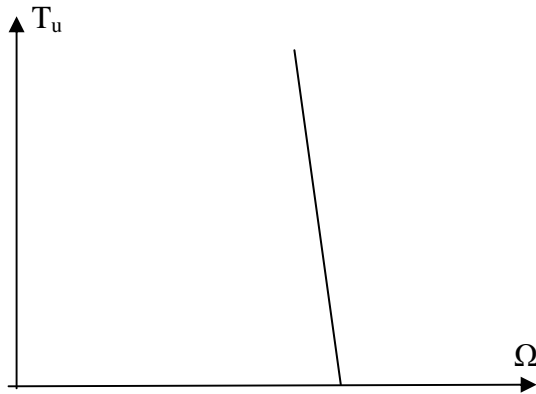




### 3. caractéristique mécanique

on prend  $U = U_N$  et  $I_{ex} = I_{exN}$

on fait varier I courant de l'induit et on mesure  $\Omega$  et  $T_u$ .



$$T = K\Phi I ; E = K\Phi\Omega ; U = E + RI$$

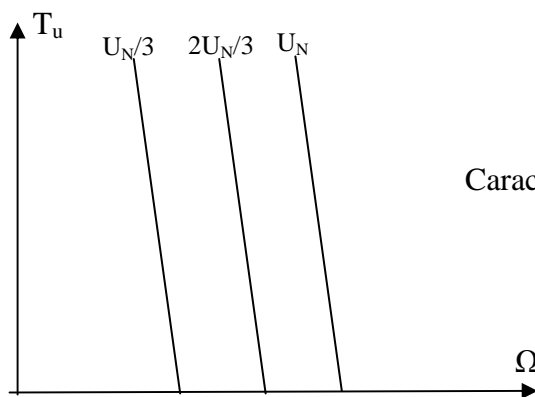
$$T = K\Phi(U-E)/R$$

$$= (K\Phi/R)U - (K\Phi^2/R)\Omega$$

$$= K_1 - K_2 \cdot \Omega$$

Remarque : on trace 3 caractéristiques mécaniques pour 3 valeurs de U différentes :

$$U = U_N/3 ; U = 2U_N/3 ; U = U_N$$



Caractéristiques parallèles entre elles

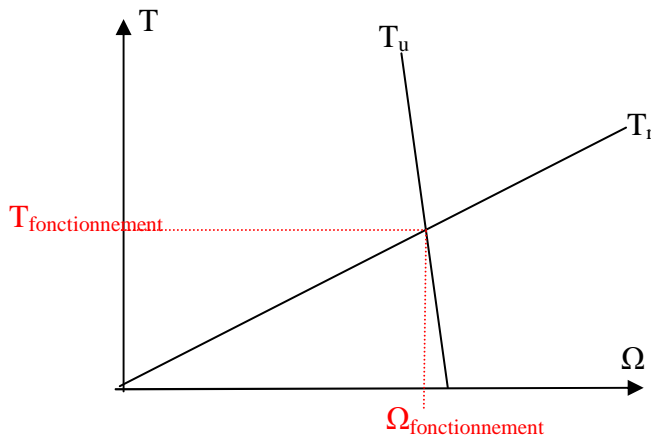
### 4. point de fonctionnement

le moteur « offre » un couple utile  $T_u$

la charge « demande » un couple résistant  $T_r$ .

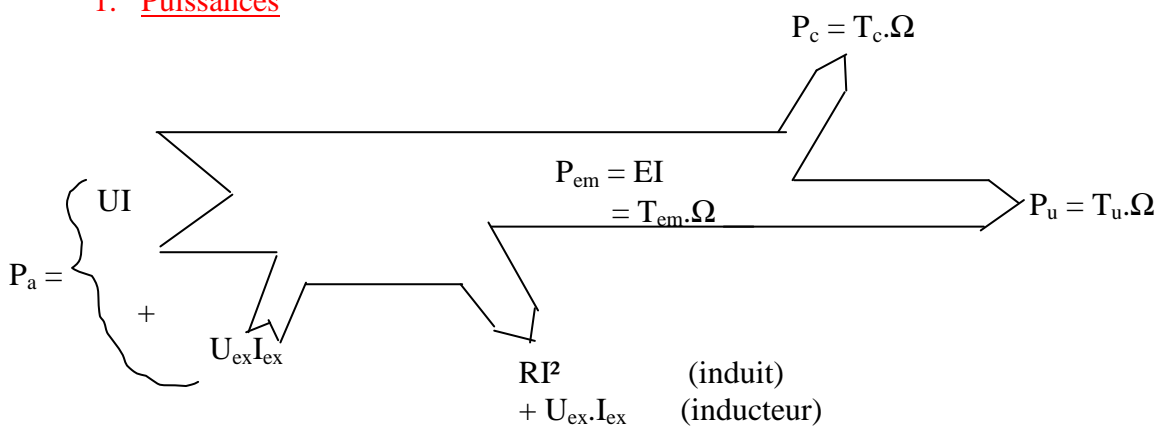
donc, à l'équilibre :  $T_r = T_u$

donc le point de fonctionnement du groupe moteur/charge est à l'intersection des caractéristiques  $T_u(\Omega)$  et  $T_r(\Omega)$ .

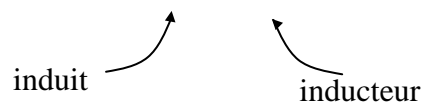


V / Bilan de puissance

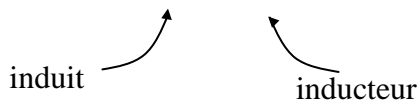
1. Puissances



Puissance absorbée :  $P_a = UI + U_{ex} \cdot I_{ex}$



Pertes Joules :  $RP^2$  et  $rI_{ex}^2 = U_{ex} \cdot I_{ex}$



$P_{em}$  : puissance électromagnétique

$P_c$  : pertes constantes (pertes fer + pertes méca)

$P_u$  : puissance utile

## 2. Rendement

### a) Directement

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{UI - RI^2 - P_c}{UI + U_{ex}I_{ex}} = \frac{EI - P_c}{UI + U_{ex}I_{ex}}$$

### b) méthode des pertes séparées

on détermine  $P_c$  par un essai à vide dans les mêmes conditions de flux et de vitesse

donc  $I_{ex} = I_{exN}$  et  $E_V = E_N = U_N - RI_N$

→ on alimente sous tension  $U_V = E_V = E_N = U_N - RI_N$

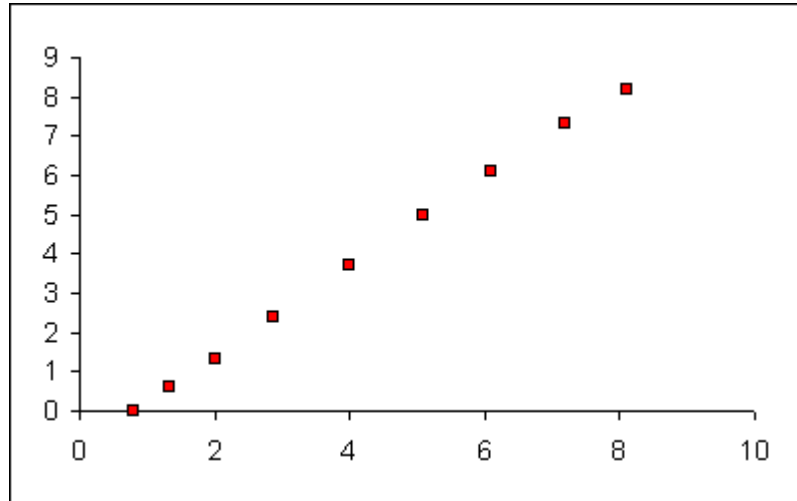
on mesure la puissance reçue par l'induit  $P_V = U_V I_V = RI_V^2 + P_c$

donc :  $P_c = U_V I_V - RI_V^2$

# Doc élève

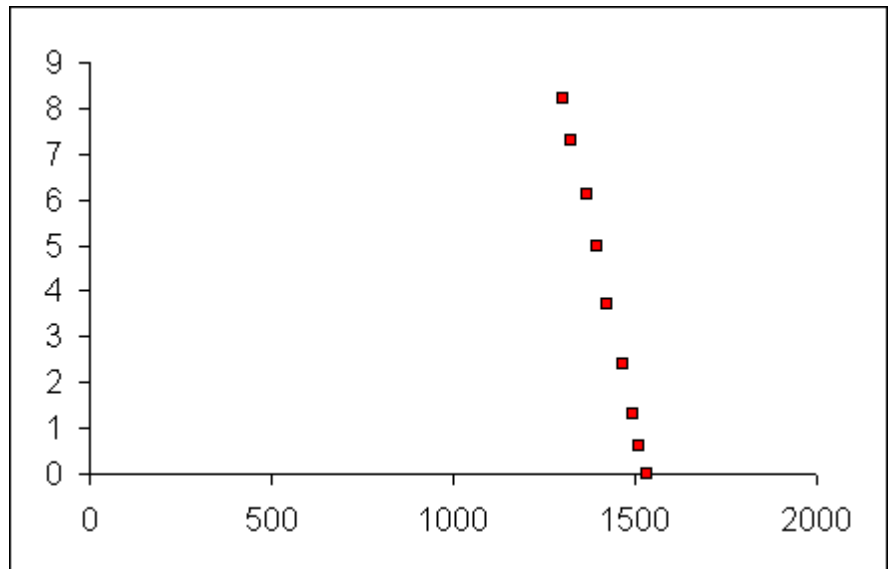
I                      Tu                      fonctionnement en charge  
 Tu=f(I)

0,8	0
1,34	0,6
2	1,3
2,88	2,4
4	3,7
5,1	5
6,1	6,1
7,2	7,3
8,1	8,2



vitesse              Tu                      fonctionnement en charge  
 caractéristique mécanique

1535	0
1513,3	0,6
1493,3	1,3
1466,7	2,4
1425	3,7
1395	5
1366,7	6,1
1323,3	7,3
1301,7	8,2



vitesse Tu fonctionnement en charge  
 $Tu=f(\text{vitesse})$

U=220V	1535	0
	1513,3	0,6
	1493,3	1,3
	1466,7	2,4
	1425	3,7
	1395	5
	1366,7	6,1
	1323,3	7,3
	1301,7	8,2
U=180V	1253,3	0
	1220	2
	1173,3	4,2
	1120	6,9
	1051,7	10,6
U=150V	1040	0
	1026,7	1
	1003,3	2,4
	950	3,4
	921,7	6
	833,3	10,6

