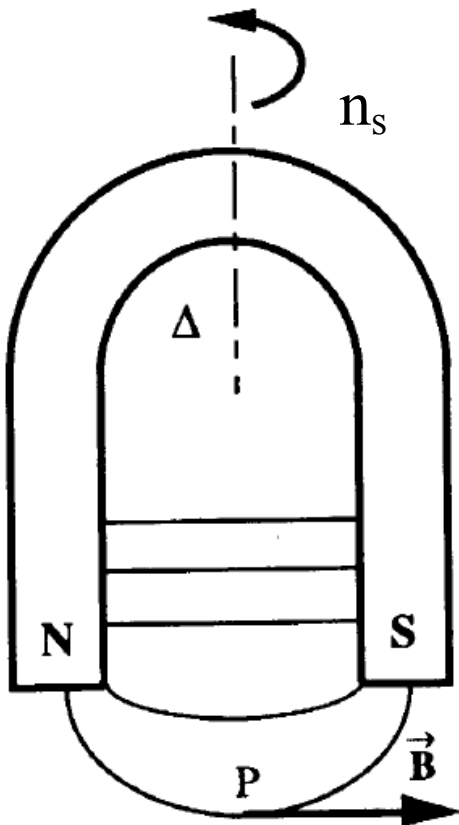


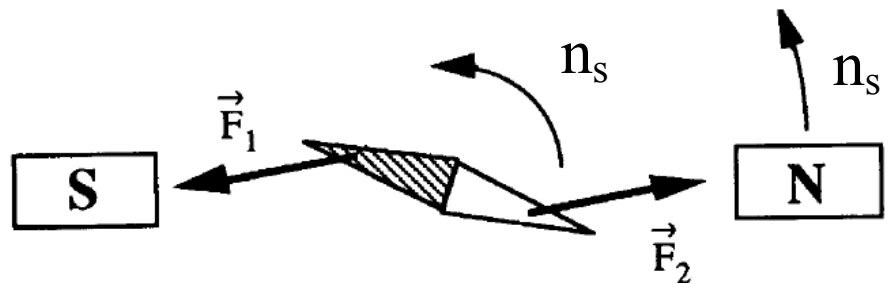
I. Champ tournant, rotation synchrone, rotation asynchrone



On appelle champ tournant un champ magnétique animé d'un mouvement de rotation. On peut en créer un en faisant tourner un aimant sur lui-même :

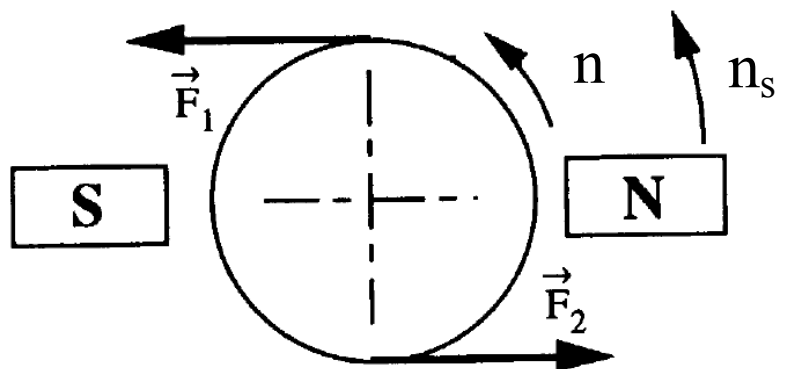
Une aiguille aimantée placée sous l'aimant précédent s'accroche au champ magnétique et effectue une rotation à la même vitesse que le champ tournant. On dit que la rotation de l'aiguille et celle de l'aimant sont **synchrone**.

Si on remplace l'aiguille aimantée par un cylindre conducteur constitué d'un matériau non ferro-magnétique, on constate que ce cylindre (en aluminium) tourne. Cependant, à la différence de l'aiguille aimantée, la rotation du cylindre et celle de l'aimant ne sont pas synchrones. Le cylindre tourne moins vite que le champ tournant. On dit que la rotation du cylindre d'aluminium et celle de l'aimant sont **asynchrones**.



REMARQUES :

- On appelle g le glissement, $0 \leq g \leq 1$
- Si $g = 1$ (100% de glissement), le cylindre est à l'arrêt
- Si $g = 0$ (0% de glissement), le cylindre tourne à la même vitesse que le champ tournant.

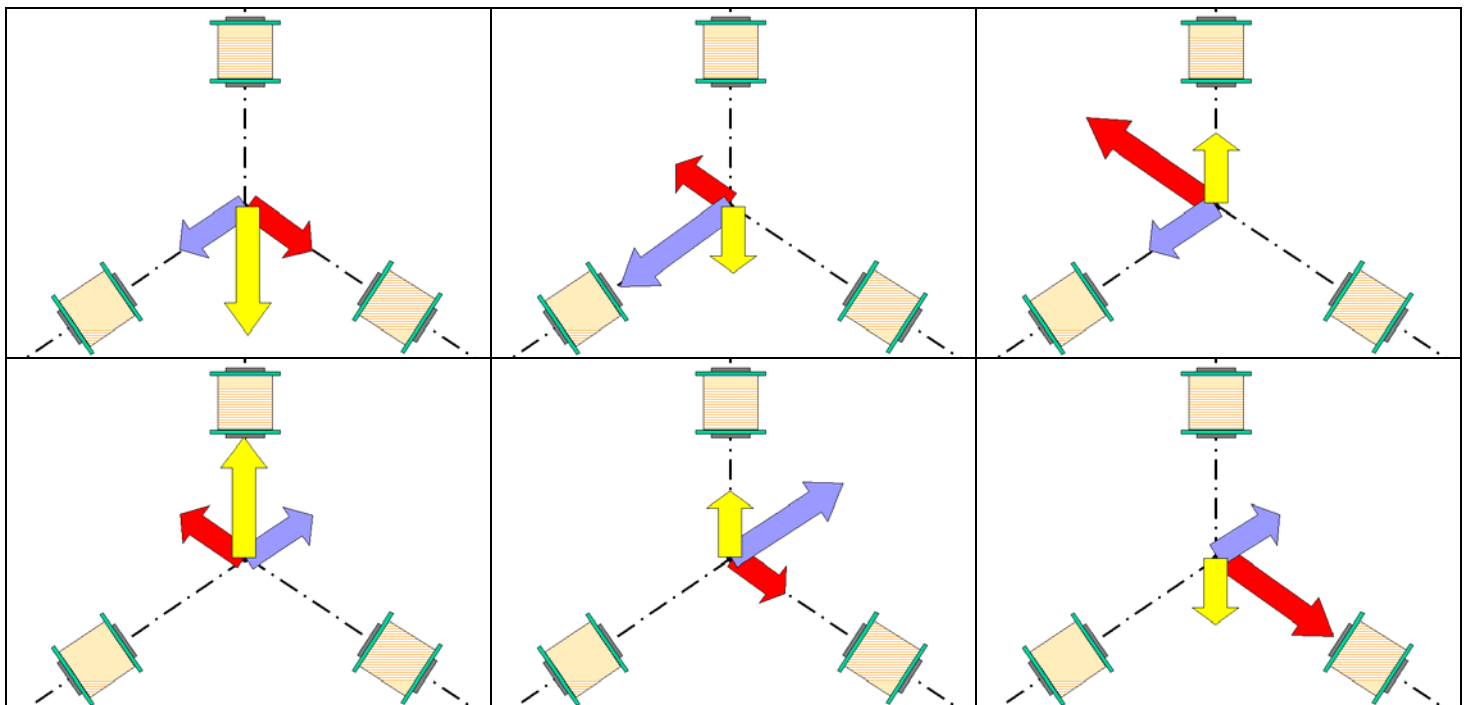
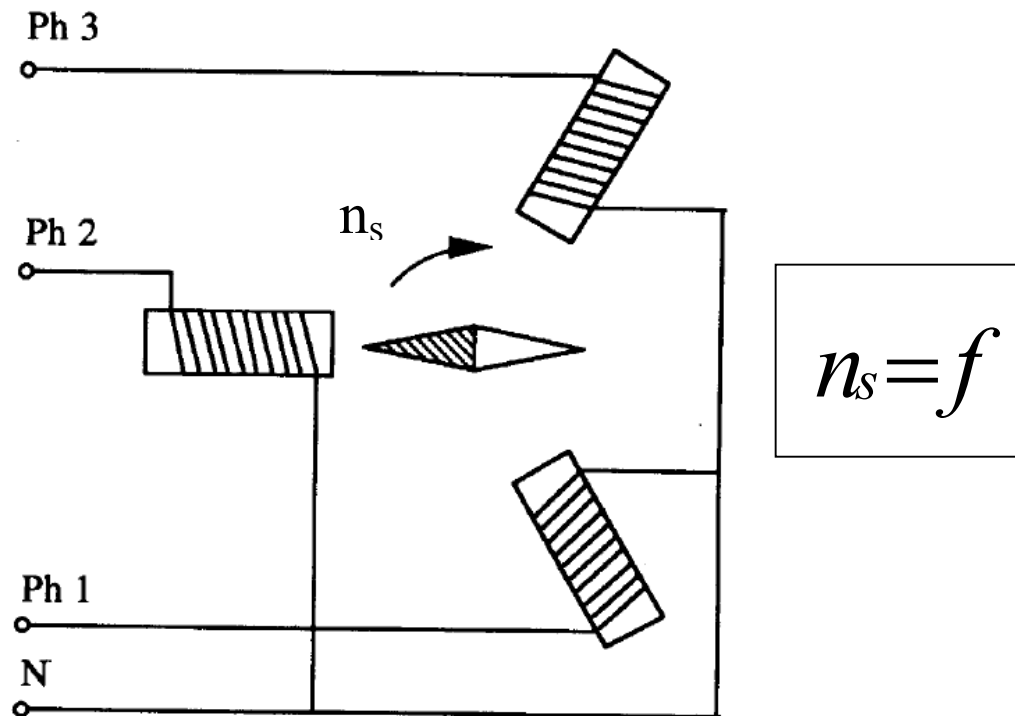


$$g = \frac{n_s - n}{n_s}$$

$$g = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s}$$

II. Réalisation statique d'un champ tournant

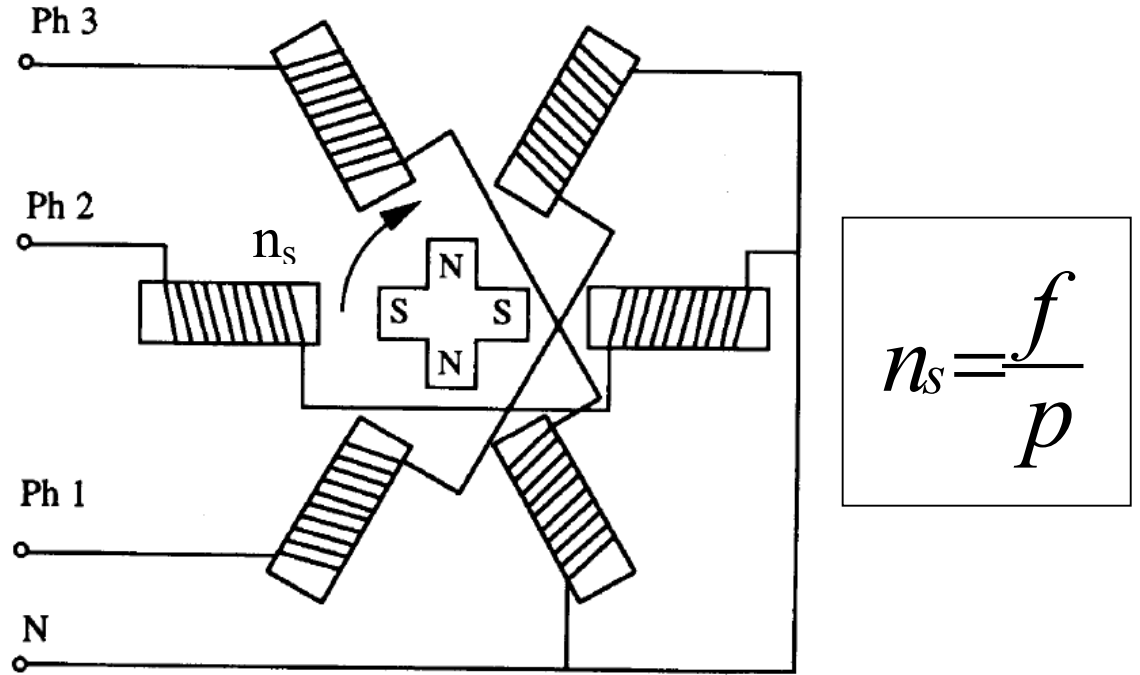
On remplace l'aimant rotatif par un ensemble de trois bobines alimentées par un réseau triphasé dont les axes font entre-eux des angles de 120° . Elles peuvent être couplées en étoile ou en triangle.



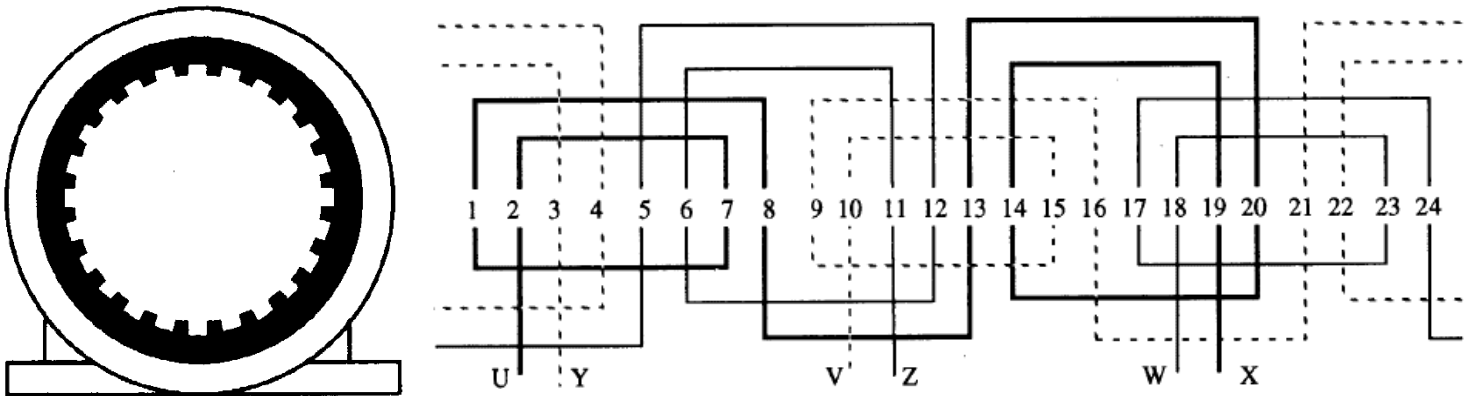
Remarques :

- En intervertissant deux fils de phase, on inverse le sens de rotation du rotor.
- La vitesse de synchronisme en tours par seconde (vitesse de rotation du champ tournant) est égale à f , la fréquence du courant alternatif qui alimente les bobines. $f = 50\text{Hz}$, $n_s = 50\text{tr/s} = 50 \times 60 = 3000\text{ tr/min}$.
- On peut modifier le système en plaçant 6 bobines (dont les axes font entre eux des angles de 60° branchées de telle façon que deux bobines diamétralement opposées soient montées en série et présentent du côté de l'aimant des pôles de même nom. On double également le nombre de pôles le l'aimant central. On remarque alors que la fréquence de synchronisme est divisée par deux.

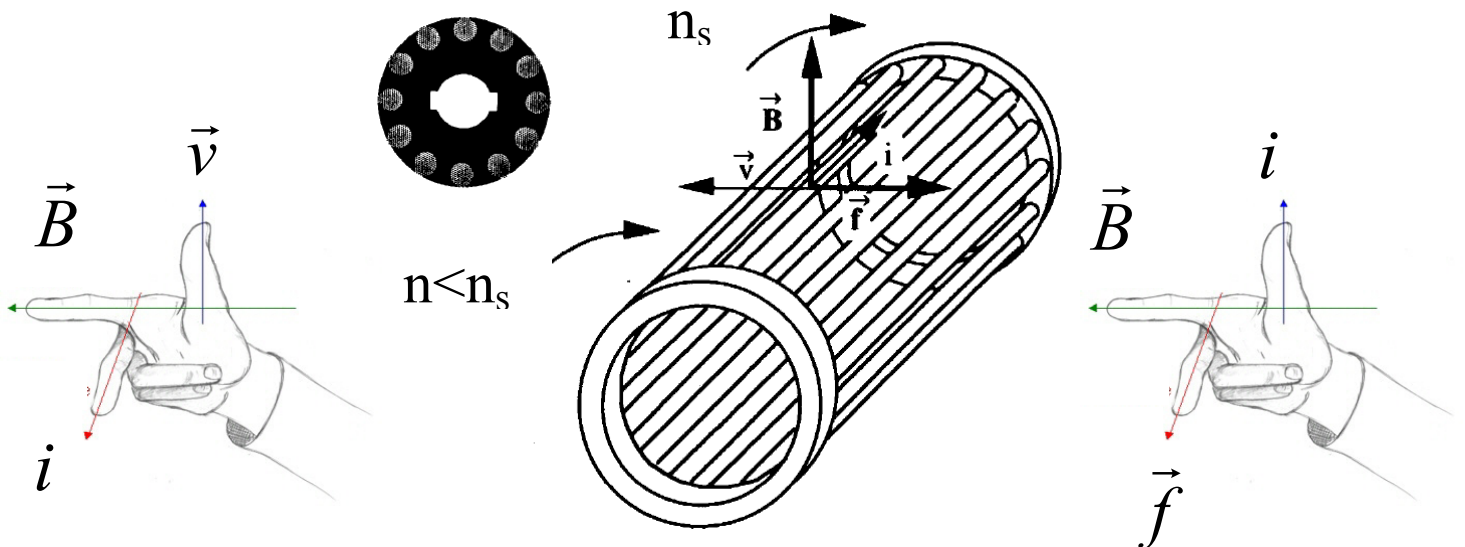
➤ D'une façon générale, si p est le nombre de paires de pôles d'un système alimenté sous une fréquence f , la vitesse de synchronisme en tr/s (vitesse de rotation du champ magnétique) est égale à f/p .



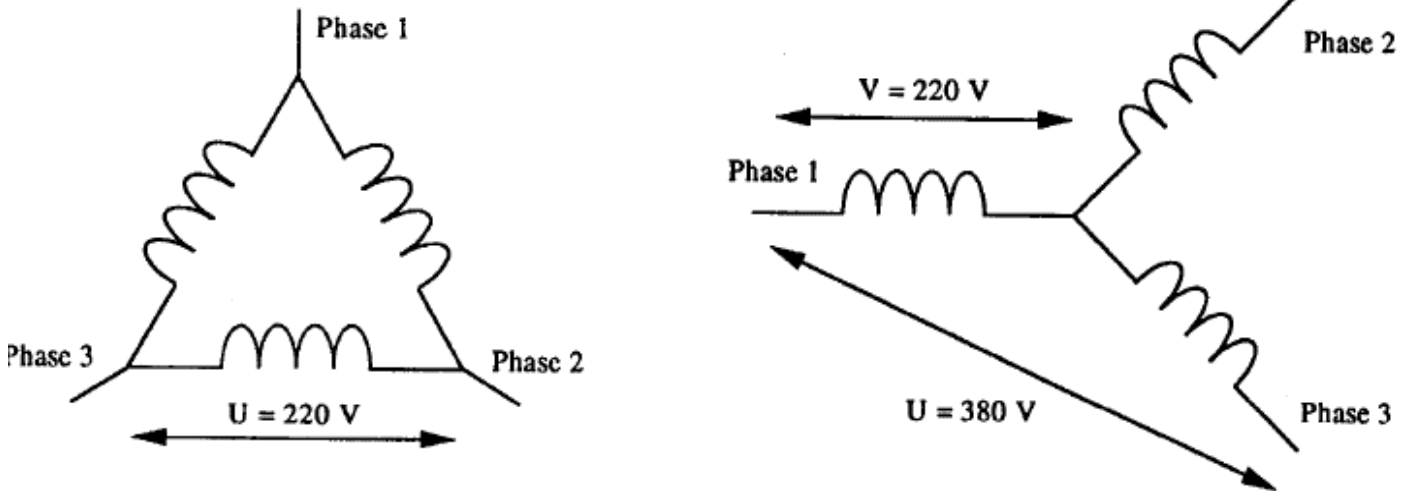
II. Constitution et branchements du moteur asynchrone triphasé



- a) Le stator à 24 encoches (empilage de tôles en acier isolées les unes des autres) dans lesquelles sont bobinés les trois enroulements de fil de cuivre émaillé (U-X) ; (V-Y) et (W-Z)
- b) Rotor à cage d'écureuil en aluminium, siège d'un courant induit i , lui même responsable de la force de laplace \vec{f} qui entraîne le rotor en rotation. (Règle des trois doigts de la main droite).

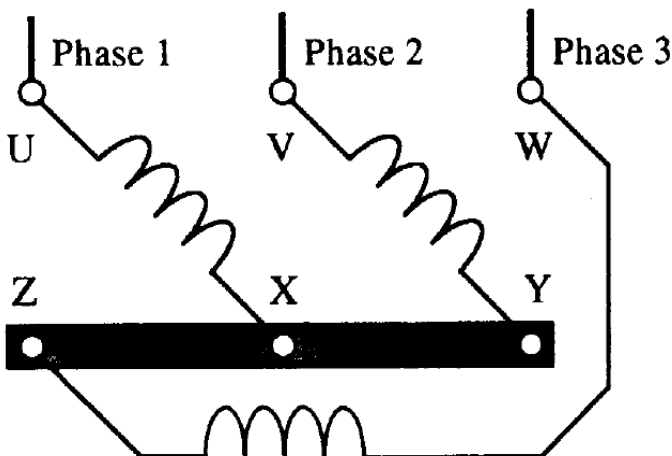


c) Couplage des enroulements statoriques :

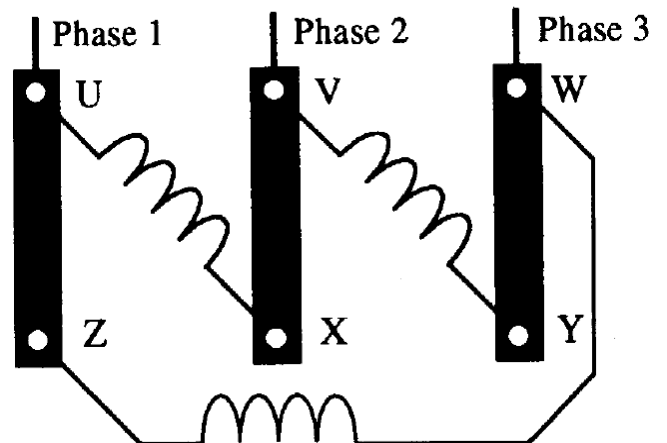


d) Utilisation d'un jeu de barrettes pour changer le mode de couplage du stator (démarrage en étoile puis passage en triangle) :

Couplage étoile



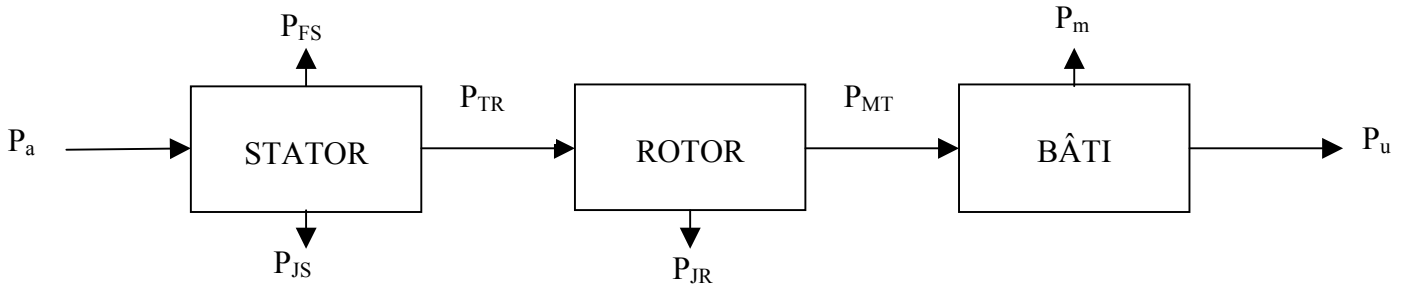
Couplage triangle



e) Remarques :

- Il faut choisir le mode de couplage en fonction des valeurs de tensions indiquées sur la plaque moteur. Si 220V-380V est indiqué, il faut regarder la plus petite des deux valeurs soit 220V. C'est la tension qui doit être aux bornes de chaque enroulement. Si mon réseau est 220V/380V, il faudra brancher chaque enroulement entre phase et neutre, ce qui correspond à un couplage étoile. Si mon réseau est un 127V/220V, il faudra brancher chaque enroulement entre phase et phase ce qui correspondra à un couplage triangle.
- Si on applique la tension nominale à un MAS à cage d'écureuil au démarrage, il y aura surintensité au démarrage (4 à 8 fois la valeur nominale) ce qui risque de brûler les fils des enroulements statoriques. Il faudra donc augmenter progressivement la tension aux bornes de ces enroulements de 0 à la valeur nominale. Si on ne dispose pas d'un dispositif permettant cela (alternostat triphasé), on démarre en étoile puis on passe manuellement en triangle à l'aide d'un jeu de barrettes (procédé économique)

III. Etude énergétique du MAS



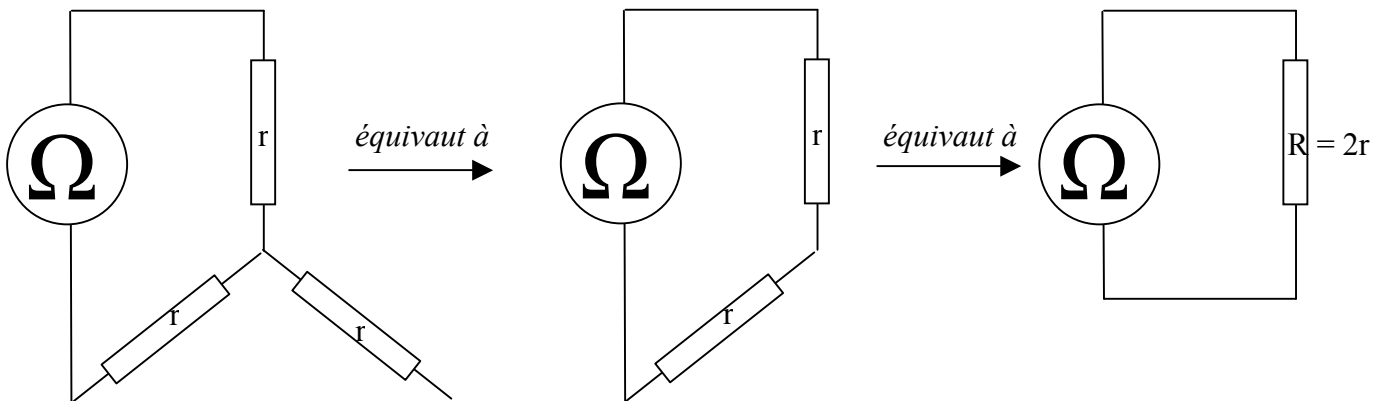
- P_a : puissance absorbée
- P_{JS} : pertes joule statoriques
- P_{FS} : pertes fer statoriques
- P_{TR} : puissance transmise au rotor
- P_{JR} : pertes joule rotoriques
- P_{MT} : puissance mécanique totale
- P_m : pertes mécaniques
- P_u : puissance utile
- $P_c = P_{FS} + P_m$: pertes constantes (ou pertes collectives)

➤ $P_a = \sqrt{3}UI \cos \varphi$

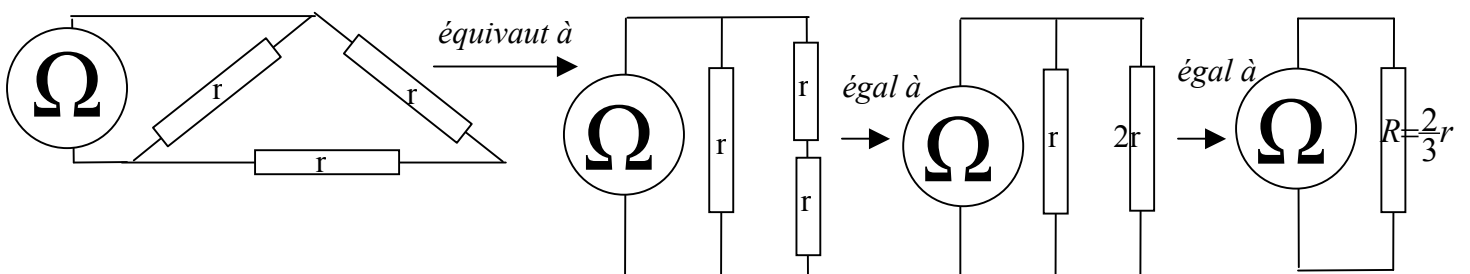
- En étoile $P_{JS} = 3rI^2$ avec r : résistance d'un enroulement en Ω $\longrightarrow P_{JS} = 3\frac{R}{2}I^2$
- En triangle $P_{JS} = 3rJ^2$ avec r : résistance d'un enroulement en Ω $\longrightarrow P_{JS} = 3\frac{3}{2}RJ^2 = 3\frac{3}{2}R\left(\frac{I}{\sqrt{3}}\right)^2 = 3\frac{3}{2}R\frac{I^2}{3} = \frac{3}{2}RI^2$
- Pour les deux couplages : $P_{JS} = \frac{3}{2}RI^2$ avec R : résistance vue entre deux phases en Ω

- $P_{FS} = ?$ mais P_{FS} est à peu près égal à P_m donc à $P_c/2$
- $P_{TR} = T_{em}\Omega_s$ avec T_{em} : couple électromagnétique en Nm et Ω_s : vitesse de synchronisme en rad/s.
- $P_{MT} = T_{em}\Omega$ avec T_{em} : couple électromagnétique en Nm et Ω : vitesse du rotor en rad/s.
- $P_{JR} = P_{TR} - P_{MT} = T_{em}\Omega_s - T_{em}\Omega = T_{em}\Omega_s\left(1 - \frac{\Omega}{\Omega_s}\right) = P_{TR}\left(\frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s}\right) = gP_{TR}$ donc $P_{JR} = gP_{TR}$
- $P_m = T_p\Omega$ avec T_p : couple de pertes en Nm et Ω : vitesse du rotor en rad/s.
- $P_u = T_u\Omega$ avec T_u : couple utile en Nm et Ω : vitesse du rotor en rad/s.
- $T_u = T_{em} - T_p$

RESISTANCE VUE ENTRE DEUX PHASES POUR LE COUPLAGE ETOILE :



RESISTANCE VUE ENTRE DEUX PHASES POUR LE COUPLAGE TRIANGLE :

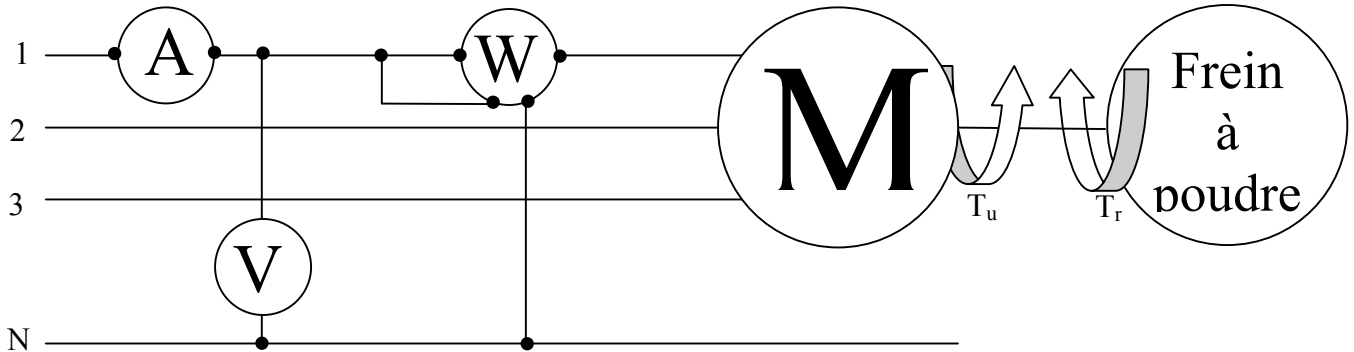


IV. Essai en charge du MAS (Leroy Somer 1500W)

L'ampèremètre mesure le courant de ligne I(A) absorbé par le moteur.

Le wattmètre mesure la puissance électrique $P_a(W)$ absorbée par le moteur

A vitesse constante, le couple utile T_u du moteur est égal et opposé au couple résistant T_r du frein à poudre que l'on peut augmenter et mesurer $T_u=T_r$
On en déduit $P_u(W)=T_u(Nm)\Omega(rad/s)$



Le voltmètre mesure la tension simple du réseau V(V) que l'on peut faire varier (grâce à un alternostat triphasé)

V = 100V

vitesse(tr/min)	Tu(Nm)	Pu(w)	V(V)	I(A)	Pa(w)	rendement
0.0000	3.7800	0.0000	94.000	8.8600	1665.0	0.0000
485.00	3.2000	162.00	97.000	8.0900	1650.0	0.098000
702.00	3.8200	280.00	96.200	7.7200	1590.0	0.17600
842.00	4.0400	356.00	95.500	7.0800	1530.0	0.23200
938.00	3.5200	362.00	97.700	6.6300	1470.0	0.24600
1061.0	4.9400	548.00	94.000	5.8500	1335.0	0.41000
1114.0	3.9600	461.00	95.200	5.6500	1305.0	0.35300
1176.0	4.6200	568.00	98.000	5.3400	1245.0	0.45600
1228.0	4.4800	576.00	98.700	4.8600	1170.0	0.49200
1288.0	3.4800	469.00	99.000	4.1700	1035.0	0.45300
1336.0	3.1800	444.00	97.500	3.4800	870.00	0.51000
1359.0	2.7800	395.00	97.700	3.1300	795.00	0.49600
1414.0	2.2000	325.00	100.20	2.3700	585.00	0.55500
1447.0	1.3600	206.00	101.00	1.7400	420.00	0.49000
1471.0	0.58000	89.000	101.20	1.3200	270.00	0.32900
1496.0	0.0000	0.0000	101.00	0.96000	105.00	0.0000

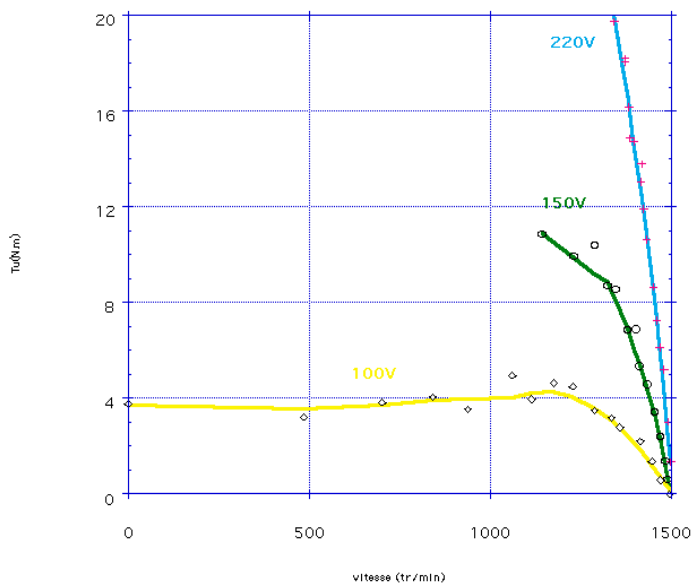
V = 150V

vitesse(tr/min)	Tu(Nm)	Pu(w)	V(V)	I(A)	Pa(w)	rendement
1145.0	10.840	1299.0	144.70	8.5900	3060.0	0.42400
1232.0	9.9400	1282.0	146.70	7.3700	2715.0	0.47200
1289.0	10.380	1401.0	147.70	6.3500	2400.0	0.58300
1324.0	8.7000	1206.0	148.00	5.6700	2145.0	0.56200
1348.0	8.5200	1202.0	145.70	4.9800	1920.0	0.62600
1380.0	6.8400	988.00	149.70	4.4200	1680.0	0.58800
1403.0	6.8600	1007.0	147.00	3.8200	1410.0	0.71400
1414.0	5.3200	787.00	147.20	3.4000	1305.0	0.60300
1435.0	4.5600	685.00	148.70	2.9700	1095.0	0.62500
1455.0	3.4000	518.00	149.50	2.4000	840.00	0.61600
1471.0	2.3800	366.00	149.00	1.9500	600.00	0.61000
1484.0	1.3600	211.00	149.00	1.6500	390.00	0.54100
1491.0	0.60000	93.000	148.70	1.4800	270.00	0.34400
1501.0	0.0000	0.0000	149.50	1.3600	120.00	0.0000

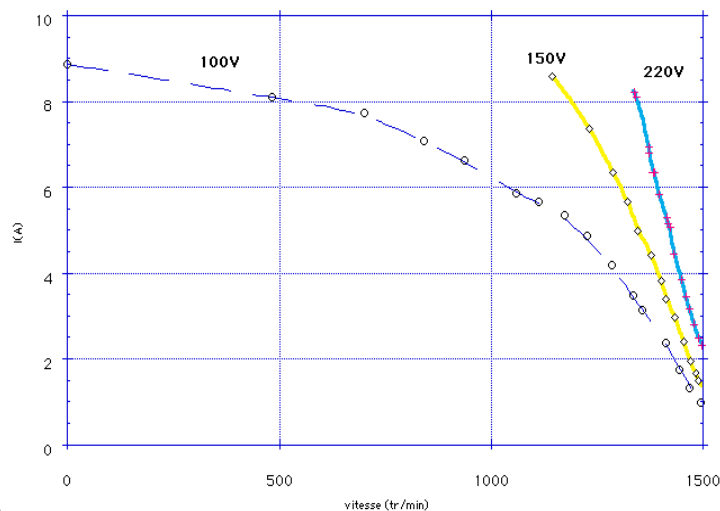
V=220V

vitesse(tr/min)	Tu(Nm)	Pu(W)	V(V)	I(A)	Pa(W)	rendement
1373.0	18.200	2616.0	219.20	6.8000	3870.0	0.67500
1383.0	16.160	2340.0	215.00	6.3500	3600.0	0.65000
1387.0	14.860	2158.0	217.70	6.3400	3555.0	0.60700
1397.0	14.720	2153.0	216.50	5.8300	3300.0	0.65200
1416.0	13.040	1933.0	220.70	5.2900	2910.0	0.66400
1418.0	13.780	2046.0	216.70	5.1400	2790.0	0.73300
1424.0	11.900	1774.0	221.20	5.0700	2745.0	0.64600
1433.0	10.620	1593.0	216.20	4.4500	2400.0	0.66300
1451.0	8.6400	1312.0	220.20	3.8500	1995.0	0.65700
1461.0	7.2400	1107.0	220.70	3.4400	1695.0	0.65300
1469.0	6.1200	941.00	222.00	3.1700	1440.0	0.65300
1480.0	5.2000	805.00	218.70	2.8100	1065.0	0.75500
1491.0	3.0000	468.00	217.70	2.4900	675.00	0.69300
1499.0	1.3200	207.00	222.50	2.3200	480.00	0.43100
1505.0	0.0000	0.0000	218.00	2.2700	210.00	0.0000

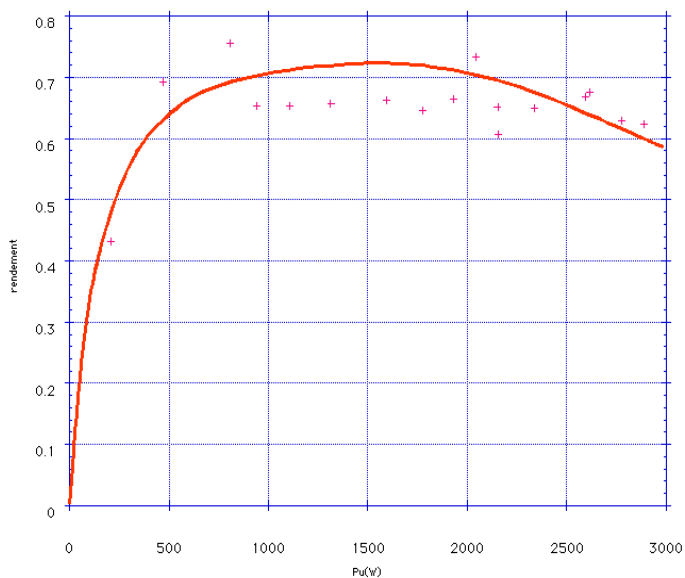
Caractéristiques mécaniques Tu=f(n)



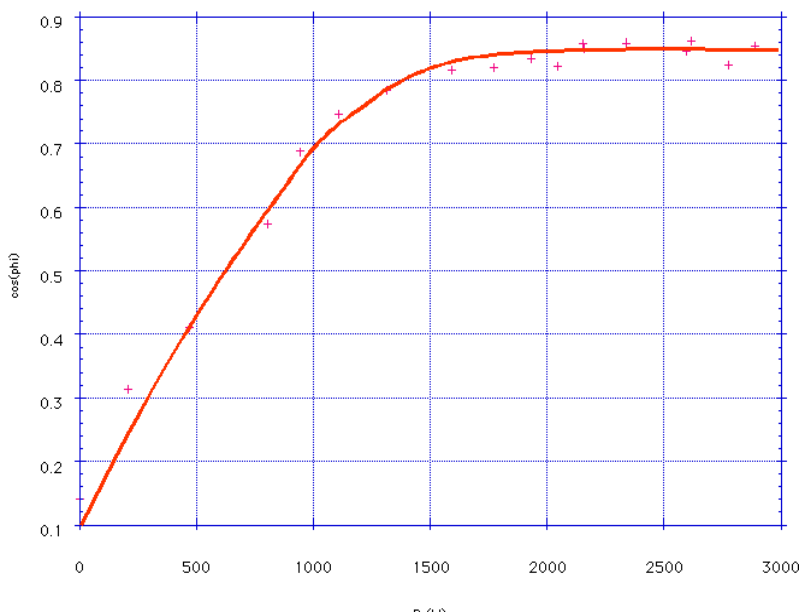
I en fonction de n : I=f(n)



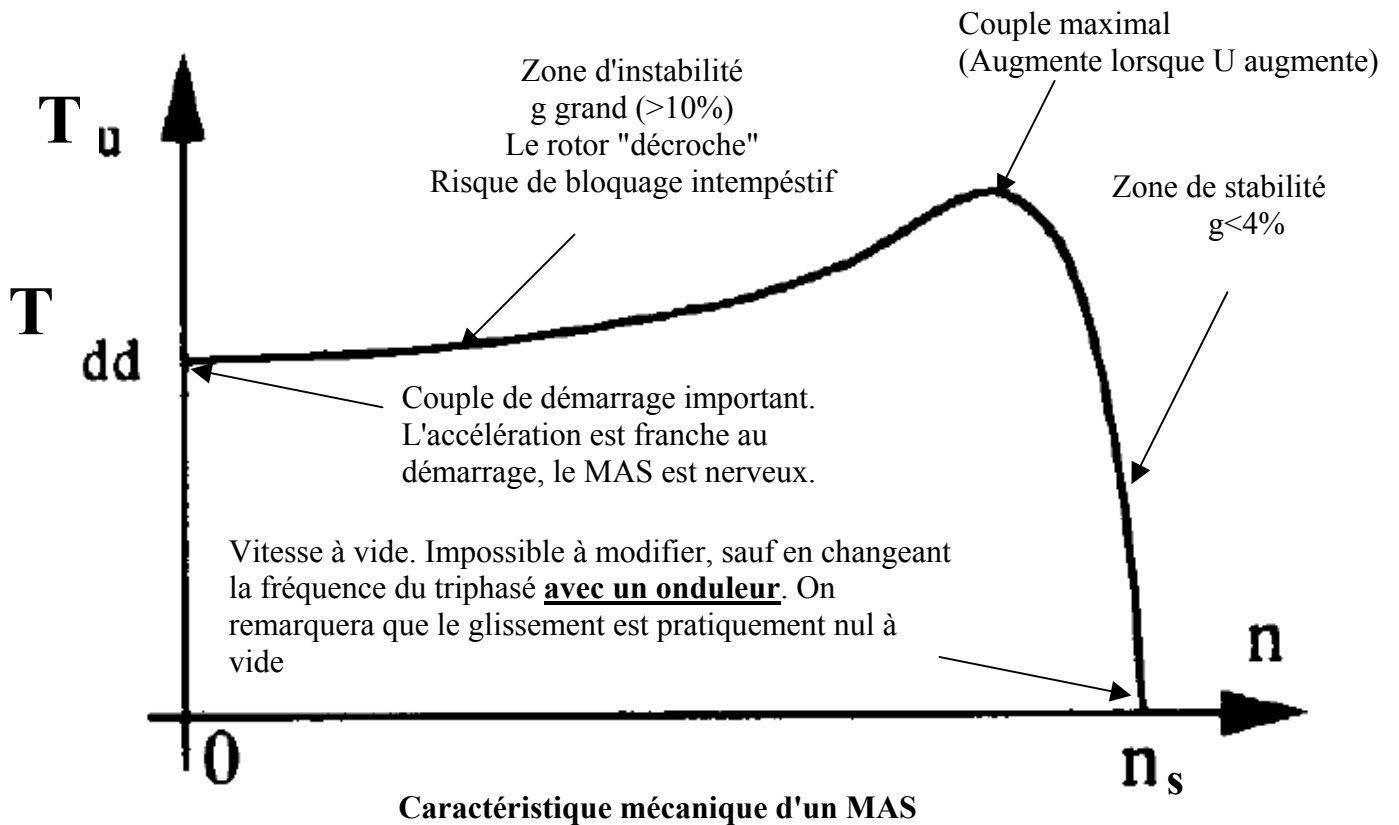
Rendement en fonction de Pu pour V=220V



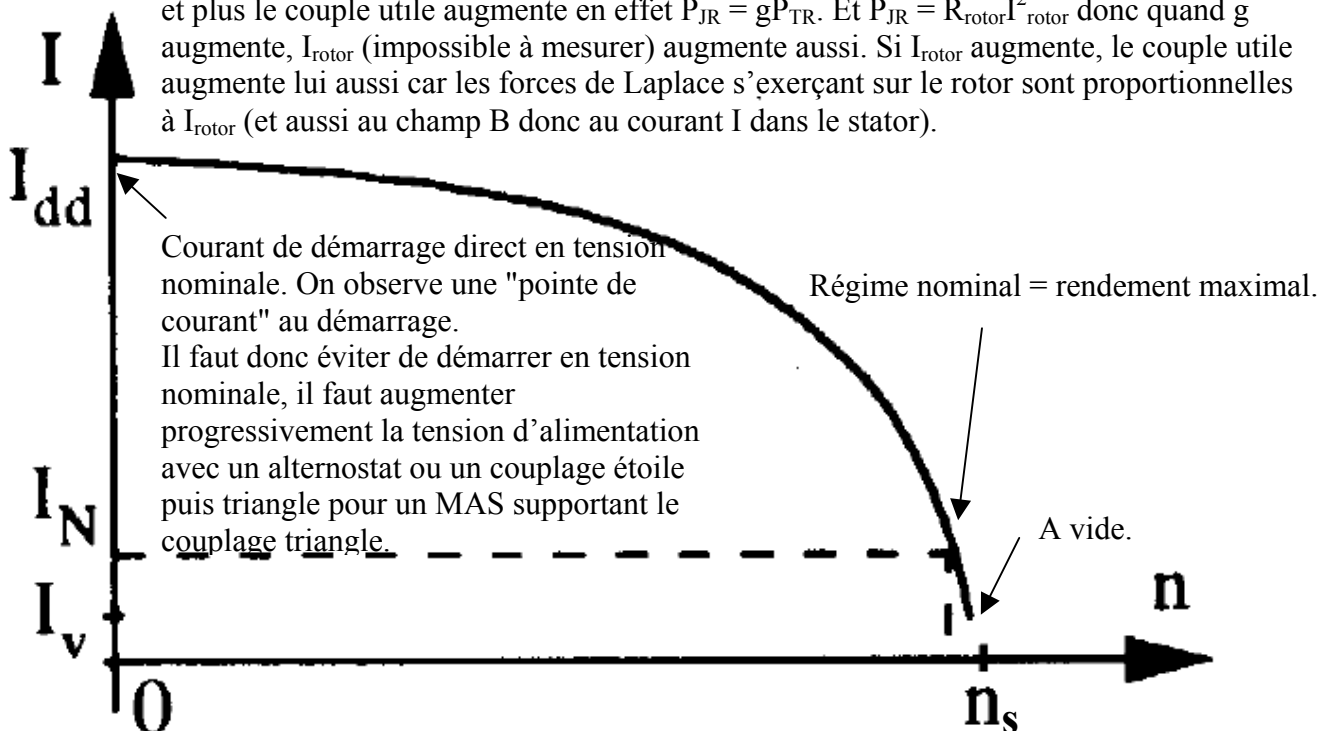
Cos(phi)=f(Pu) pour V=220V



V. Ce qu'il faut retenir de l'essai en charge du MAS



Plus le couple utile augmente, plus la vitesse diminue donc plus le glissement augmente (mais assez faiblement en zone de stabilité) et plus le courant dans le stator augmente. Quand on est à vide, le courant I_v sert à magnétiser le stator et à lutter contre les frottements. Plus le glissement augmente, plus le courant induit dans le rotor augmente et plus le couple utile augmente en effet $P_{JR} = gP_{TR}$. Et $P_{JR} = R_{rotor} I_{rotor}^2$ donc quand g augmente, I_{rotor} (impossible à mesurer) augmente aussi. Si I_{rotor} augmente, le couple utile augmente lui aussi car les forces de Laplace s'exerçant sur le rotor sont proportionnelles à I_{rotor} (et aussi au champ B donc au courant I dans le stator).



Courant dans le rotor en fonction de la vitesse qui diminue lorsque T_u augmente.

VI. Exercice d'application

Un moteur asynchrone triphasé 220 V - 380 V, 50 Hz à 8 pôles est essayé à vide puis en fonctionnement nominal. Les valeurs suivantes sont relevées :

- le moteur asynchrone est alimenté par un réseau 220V/380V, 50 Hz ;
- à vide : intensité en ligne $I_0 = 10$ A, puissance absorbée $P_0 = 875$ W.
- en charge : intensité du courant en ligne $I = 35$ A, puissance absorbée $P_a = 18200$ W, glissement $g=2,7\%$.
- la résistance entres phases du stator est : $R = 0,5 \Omega$.

Pour le fonctionnement nominal du moteur :

- 1) Quel sera le couplage de ce moteur ?
 - 2) Démontrez que la fréquence de synchronisme vaut 750 tours par minute.
 - 3) Déterminez la fréquence de rotation du moteur ?
 - 4) Déterminez le facteur de puissance du moteur.
 - 5) Démontrez que les pertes par effet joule dans le stator valent 919 W.
 - 6) Démontrez que les pertes mécaniques et les pertes dans le fer du stator valent chacune 400 W.
 - 7) Démontrez que la valeur des pertes par effet joule dans le rotor valent 456 W.
 - 8) Quelle est la valeur de la puissance utile ?
 - 9) Calculez le rendement du moteur.
 - 10) Déterminez le moment du couple utile délivré par le moteur.
 - 11) Le réseau triphasé 220V/380V n'alimente que le moteur asynchrone en fonctionnement nominal.
- Vous indiquerez la valeur numérique des grandeurs que mesurent chaque appareil.

