

ENSEA

Beyond Engineering

CONVERSION D'ÉNERGIE EN ALTERNATIF

DA_1402

Sujets de Travaux Pratiques

1^{re} année AB

Septembre 2021

Table des matières

1 Transformateur triphasé	7
1.1 Prise en main	7
1.2 Détermination du modèle	8
1.3 Essais en charge	9
1.4 Conclusions	11
2 Alternateur	13
2.1 Prise en main	14
2.2 Essai à vide	15
2.3 Essai en court-circuit	16
2.4 Mesure des résistances	16
2.5 Le modèle	17
2.6 Essais avec des charges passives équilibrées	17
2.7 Synthèse	18
3 Moteur asynchrone	19
3.1 Prise en main	20
3.2 Essai à vide	21
3.3 Essai à rotor bloqué	21
3.4 Mesure des résistances	22
3.5 Essai en charge	22

Consignes et précautions

Les sources d'énergie continues ou alternatives utilisées durant les TP de "Production d'énergie" sont souvent des sources de tension non limitées en courant avec des impédances internes faibles. De plus, les tensions ont des valeurs efficaces pouvant atteindre 240 et 400 V. Ces valeurs de tensions sont très supérieures à celles utilisées en laboratoire d'électronique (alimentation stabilisée ± 15 V).

Une fausse manipulation ou une erreur de branchement (courts-circuits, emballement d'un moteur à courant continu etc.) ont comme conséquence la fusion de fusibles, la destruction de cordons, d'appareils de mesure ou autres, en général onéreux.

Règles d'ordre général (à respecter impérativement)

1. Conserver un espace de travail dégagé
2. Câbler proprement sans tendre les fils
3. Ne pas porter de gros bijoux en métal, des pendentifs.
4. Cheveux longs attachés.
5. Ne jamais câbler sous tension (lampe-témoin verte allumée en général)
6. Faire vérifier systématiquement par l'enseignant toute modification du montage avant la mise sous tension, y compris l'instrumentation (branchements de l'oscilloscope, des sondes de mesure etc.)
7. Avoir le réflexe "bouton d'arrêt d'urgence" en cas de problèmes ou de doutes

Règles concernant les montages (à respecter impérativement)

1. Ne pas brancher une tension dépassant 30 volts directement à l'oscilloscope (voir figure 2), utiliser systématiquement les sondes différentielles de tension (Métrix) pour isoler la masse de l'oscilloscope de celle du circuit et atténuer la tension de sortie (calibre 1/10 ou 1/100, privilégier 1/100).
2. La mesure de courant se fait systématiquement à l'aide de pinces ampèremétriques.
3. La mise sous tension ne doit se faire qu'après avoir évalué les valeurs des tensions et des courants maximales à ne pas dépasser ("valeurs nominales").
4. Les instruments de mesures doivent être adéquatement placés afin de contrôler les valeurs critiques (ex : le courant de court-circuit lors d'un essai en court-circuit).
5. Le courant maximal dans les cordons 4mm^2 est de 25 A. En cas de dépassement, doubler les cordons et utiliser des cordons de même longueur.



FIGURE 1 – Molettes de réglage de tensions



FIGURE 2 – Mesure d'une tension

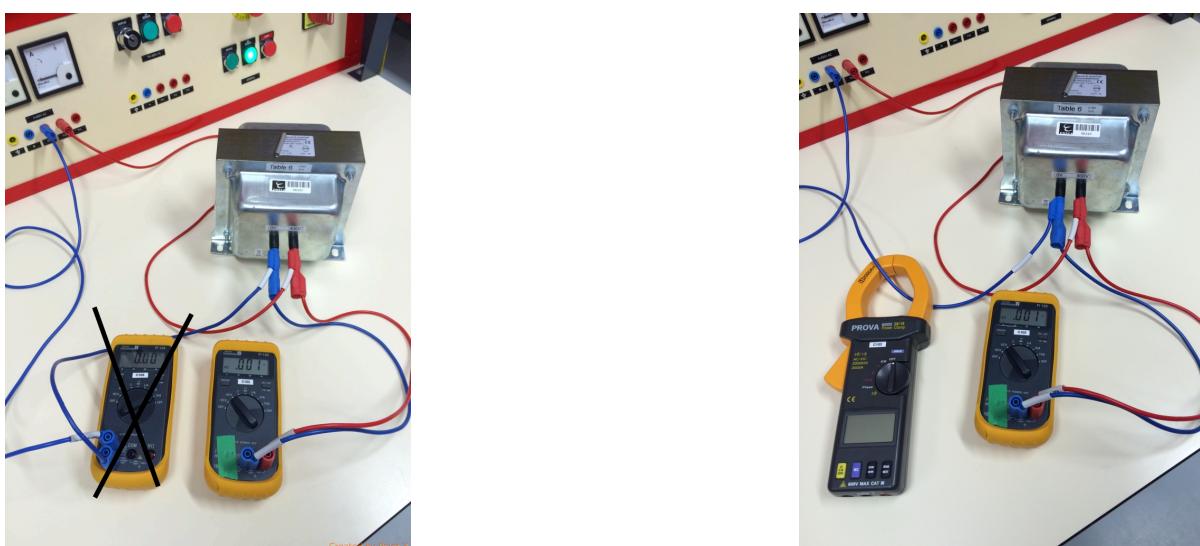


FIGURE 3 – Mesure d'un courant

Travaux pratiques 1

Transformateur triphasé

La préparation

1. Visionner l'animation "transformateur triphasé" disponible sur Moodle ou sur Youtube "Learn Engineering- How does a Transformer work ?".
2. Résumer les explications sous forme d'un texte d'une demi page ou une page maximum.
3. Être capable d'expliquer clairement le fonctionnement du transformateur triphasé (durant la séance de TP et sur demande du prof).

Le but de ce TP est de déterminer les caractéristiques d'un transformateur triphasé.

Résumé du travail demandé :

1. Réaliser un essai à vide et un essai en court-circuit afin de déterminer les paramètres du circuit équivalent par phase du transformateur triphasé.
2. Réaliser des essais avec des charges :
 - (a) purement résistive,
 - (b) purement capacitive,
 - (c) RC,

et comparer les prédictions théoriques aux mesures expérimentales.

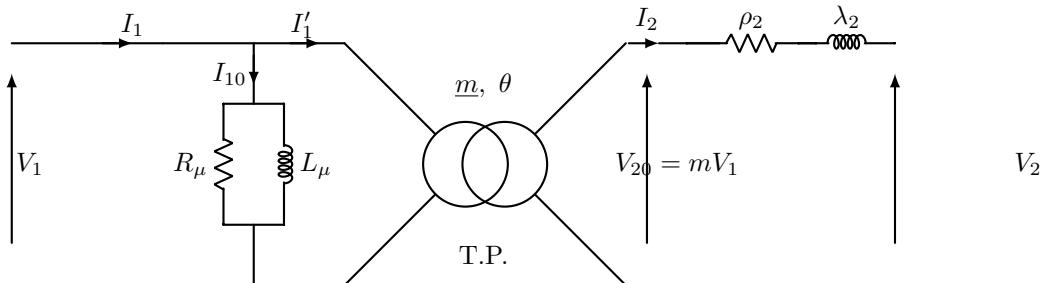


FIGURE 1.1 – Circuit équivalent par phase du transformateur triphasé

1.1 Prise en main

Réaliser (si ce n'est pas fait par le fabricant) un couplage Δ y¹ du transformateur triphasé disponible sur la pailasse. On considérera au primaire les enroulements HT, au secondaire les enroulements BT.

1. HT en triangle, BT en étoile.

Q1 : Lecture de la plaque signalétique

Relever

- la puissance apparente S du transformateur, parfois notée P ou kW sur la plaque
- la valeur efficace de chacune des tensions composées nominales primaires et secondaires.

Avec les valeurs de S , $U_{1,N}$ et $U_{2,N}$, donner les courants de ligne $I_{1,N}$ et $I_{2,N}$ (l'indice N désigne le régime nominal). Donner le rapport de transformation m du transformateur. En tenant compte du couplage, donner m .

1.2 Détermination du modèle

1.2.1 Essai à vide

- Connecter le primaire à une alimentation triphasée réglable disponible sur la paillasse.

 Ne pas mettre l'alimentation sous tension pour l'instant 

- Brancher un voltmètre pour mesurer U_1 , une pince ampèremétrique pour mesurer le courant de ligne au primaire I_{10} .
- Brancher et paramétriser l'oscilloscope pour mesurer la puissance P_{10} (cf. aide-memoire.pdf sur Moodle).
- Vérifier que la molette de réglage en sortie de l'alternostat est à la position 0% (figure 1).
- Alimenter le montage après vérification du câblage par l'enseignant.

Q2 : Essai à vide (début)

Par lecture de $V_1 = \frac{U_1}{\sqrt{3}}$, $I_1 = I_{10}$ et P_{10} , compléter le tableau ci-dessous excepté les deux dernières colonnes.

V_1	V_{20} (V)	I_{10} (A)	P_{10} (W)	Q_{10} (VAR)	R_μ (Ω)	$X_\mu = L_\mu \omega$ (H)
$V_1 = 0.1V_{1N}$						
$V_1 = 0.4V_{1N}$						
$V_1 = 0.6V_{1N}$						
$V_1 = 0.8V_{1N}$						
$V_1 = V_{1N}$						
$V_1 = 1.1V_{1N}$						

 Remettre la molette de l'alternostat à la position 0% 

 Couper l'alimentation de la source triphasée réglable 

Q3 : Essai à vide (fin)

Rappeler les formules nécessaires pour calculer R_μ et L_μ (en triphasé). Compléter les deux dernières colonnes du tableau par le calcul de R_μ et L_μ puis interpréter les résultats obtenus.

1.2.2 Essais en court-circuit

- Le primaire est toujours relié à la source triphasée réglable disponible sur la paillasse.

 Molette à 0% – Alimentation locale coupée 

- Court-circuiter le secondaire en reliant les trois phases au neutre.
- Un voltmètre pour mesurer U_{1CC} , une pince ampèremétrique pour I_{1CC} ou I_{2CC} .
- Brancher et paramétriser l'oscilloscope pour mesurer la puissance active P_{1CC} .
- Après vérification du montage par l'enseignant, alimenter le montage et

 monter très doucement la tension d'alimentation U_1 

 tout en contrôlant le courant de court-circuit I_{1CC} ou I_{2CC} 

jusqu'à atteindre $I_{1CC} = I_{1,N}$ ou $I_{2CC} = I_{2,N}$. La valeur de ce courant est atteinte pour une tension d'alimentation très faible $U_1 \ll U_{1,N}$.

Q4 : Essai en court-circuit (début)

Par lecture de $V_{1,CC} = \frac{U_{1,CC}}{\sqrt{3}}$, $I_{1,CC} = I_{10}$, $I_{2,CC}$ et $P_{1,CC}$, compléter le tableau ci-dessous excepté les deux dernières colonnes.

V_{1CC}	I_{1CC}	I_{2CC}	P_{1CC}	Q_{1CC}	ρ_2	$X_2 = \lambda_2 \omega$
	$I_{1CC} = I_{1,N}/2$					
	$I_{1CC} = I_{1,N}$					

 Molette à 0% – Alimentation locale coupée 

 débrancher les câbles ayant servi au court-circuit 

Q5 : Essai en court-circuit (fin)

Rappeler les formules qui permettent de calculer ρ_2 et λ_2 . Calculer ρ_2 et λ_2 . Interpréter les valeurs obtenues. Donner le circuit équivalent du transformateur.

1.3 Essais en charge

1.3.1 Charge purement résistive

- Repérer le banc triphasé de résistances variables et vérifier que tous les interrupteurs de ce banc sont sur la position 0. Brancher le banc au secondaire du transformateur triphasé.
- Brancher une pince ampèremétrique pour I_2 etc.

Q6 :

Sous tension primaire nominale à contrôler précisément, compléter par mesure de V_2 , I_1 , P_1 et Q_1 le tableau ci-dessous à l'exception des deux dernières colonnes.

V_1	V_{20}	V_2	I_1	I_2	P_1	Q_1	η	ΔV_2
V_{1N}		V_{20}	I_{10}	0	P_{10}	Q_{10}	0%	0
V_{1N}				$I_{2N}/2$				
V_{1N}				I_{2N}				

 Molette à 0% – Alimentation locale coupée 

Q7 :

Compléter les deux dernières colonnes du tableau par le calcul du rendement. Calculer $\Delta V_2 = V_{20} - V_2 = mV_1 - V_2$ et $\Delta V_2 = |\rho_2 + jX_2|I_2$. Tracer le diagramme de Fresnel (à l'échelle si possible).

1.3.2 Charge purement capacitive

- Repérer le banc capacitif triphasé et vérifier que tous les interrupteurs de ce banc sont sur la position 0. Brancher le banc au secondaire du transformateur triphasé.
- Brancher une pince ampèremétrique pour I_2 etc.

Q8 :

Sous tension primaire nominale à contrôler précisément, compléter par mesure de V_2 , I_1 , P_1 et Q_1 le tableau ci-dessous à l'exception des deux dernières colonnes.

V_1	V_{20}	V_2	I_1	I_2	P_1	Q_1	η	ΔV_2
V_{1N}		V_{20}	I_{10}	0	P_{10}	Q_{10}	0%	0
V_{1N}				$I_{2N}/2$				
V_{1N}				I_{2N}				

 Molette à 0% – Alimentation locale coupée 

Q9 :

Compléter les deux dernières colonnes du tableau par le calcul du rendement. Calculer $\Delta V_2 = V_{20} - V_2$ et $\Delta V_2 = |\rho_2 + jX_2|I_2$. Tracer le diagramme de Fresnel par phase.

1.3.3 Charge RC

- Brancher maintenant la charge RC triphasée équilibrée au secondaire du transformateur triphasé.
- Brancher une pince ampèremétrique pour I_2 etc.

Q10 :

Sous tension primaire nominale à contrôler précisément et un facteur de puissance $\cos \varphi = 0.8$, compléter par mesure de V_2 , I_1 , P_1 et Q_1 le tableau ci-dessous à l'exception des deux dernières colonnes.

V_1	V_{20}	V_2	I_1	I_2	P_1	Q_1	η	ΔV_2
V_{1N}		V_{20}	I_{10}	0	P_{10}	Q_{10}	0%	0
V_{1N}				$I_{2N}/2$				
				I_{2N}				

 Molette à 0% – Alimentation locale coupée 

Q11 :

Compléter les deux dernières colonnes du tableau par le calcul du rendement. Calculer $\Delta V_2 = V_{20} - V_2$ et $\Delta V_2 = |\rho_2 + jX_2|I_2$. Tracer le diagramme de Fresnel.

1.4 Conclusions

Tracer ΔV_2 en fonction de I_2 pour les trois charges précédentes et commenter les résultats obtenus.

Travaux pratiques 2

Alternateur

La préparation

1. Visionner l'animation "machine synchrone" disponible sur Moodle ou sur Youtube "Learn Engineering - How does an Alternator Work ?".
2. Résumer les explications sous forme d'un texte d'une demi page ou d'une page maximum.
3. Être capable d'expliquer clairement le fonctionnement de l'alternateur synchrone (durant la séance de TP et sur demande du prof).

Le but de ce TP est de déterminer les caractéristiques d'une machine synchrone en tant que génératrice assurant la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique triphasée. L'énergie mécanique fournie à la machine synchrone provient d'un moteur à courant continu MCC faisant office de turbine.

Résumé du travail demandé :

1. Réaliser un essai à vide et un essai en court-circuit afin de déterminer les paramètres du circuit équivalent par phase de l'alternateur.
2. Réaliser des essais avec une charge
 - (a) purement résistive
 - (b) purement capacitive
 - (c) RC
3. Exprimer et quantifier les différents éléments du "power flow" de la figure 3.1.

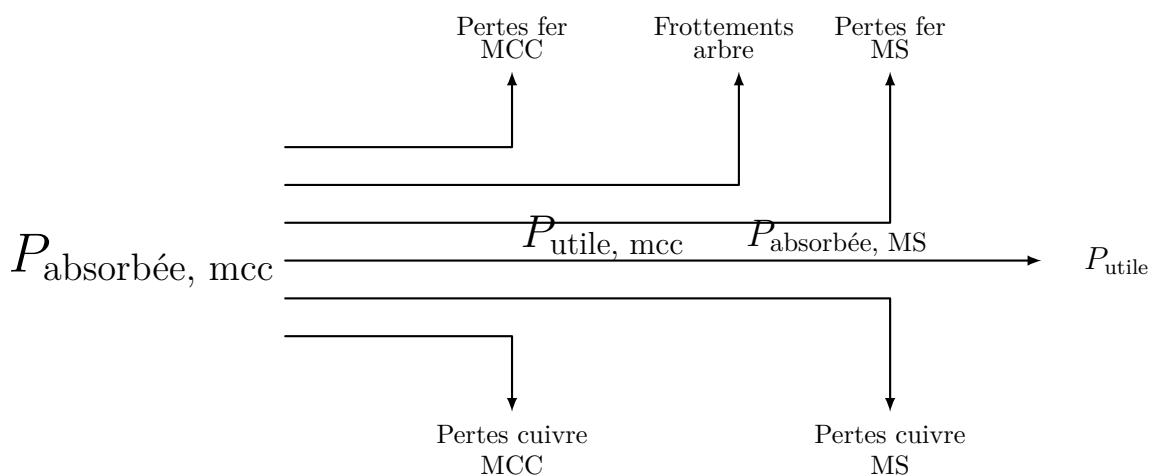


FIGURE 2.1 – Diagramme des puissances

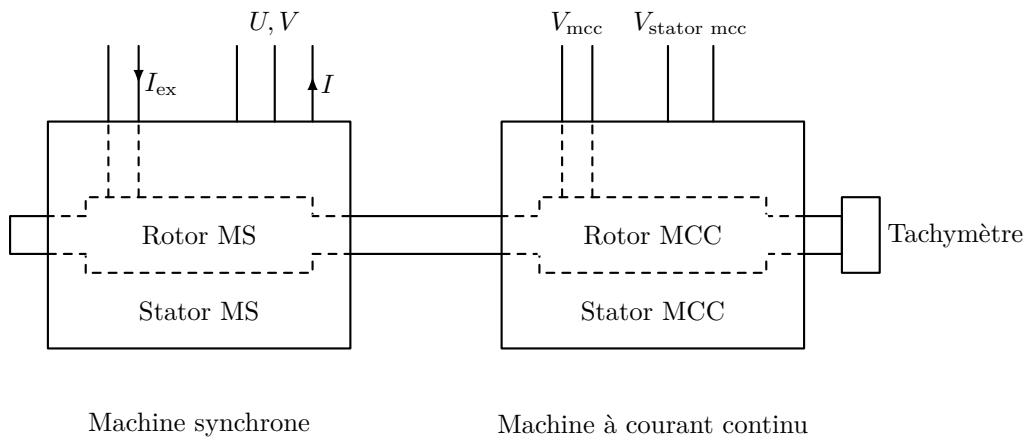


FIGURE 2.2 – Schéma synoptique

2.1 Prise en main

Q1 : Lecture de la plaque signalétique du MCC

Relever :

- la tension nominale d'alimentation de l'inducteur, c'est à dire le stator (field) $V_{stator\ mcc}$,
- la tension nominale d'alimentation de l'induit, c'est à dire le rotor (armature) V_{mcc} ,
- les courants nominaux de l'inducteur et de l'induit $I_{stator\ mcc}$ et I_{mcc} ,
- la vitesse de rotation nominale.

Repérer sur la paillasse une (ou deux) alimentation DC pouvant fournir le courant demandé par le moteur. Une excitation shunt (ask Google) est préférable si une alimentation continue le permet et si les bobinages rotoriques et statoriques supportent la même tension (cf. plaque signalétique). Le cas échéant, utiliser une excitation séparée (Google), une alimentation DC pour l'inducteur et une deuxième pour l'induit. L'excitation shunt permet d'éviter un éventuel emballement de la machine suite à une fausse manipulation durant le TP. Inconvénient de l'excitation shunt : un courant plus important au démarrage et un couple au démarrage faible.

Q2 : Lecture de la plaque signalétique de la MS

Relever

- la puissance apparente nominale S_N ,
- les tensions nominales U_N et V_N et les couplages correspondants,
- les courants nominaux I_N et J_N et les couplages correspondants,
- la vitesse de rotation nominale,
- le courant d'excitation maximal $I_{ex,max}$ (roue polaire).

Q3 : Le capteur tachymétrique

Relever le gain (en volts par tours par minute) du capteur tachymétrique. En fonction de la vitesse de rotation nominale indiquée sur la plaque signalétique des différentes machines, donner la tension tachymétrique à laquelle l'alternateur produit du 50 Hz.

Montage :

- Brancher la MCC à la source d'alimentation choisie. Cette alimentation étant hors tension bien entendu !
- Coupler le bobinage statorique de la machine synchrone en étoile ou triangle
- En fonction du couplage, il est possible de mesurer U et/ou V et de visualiser $u(t)$ et/ou $v(t)$
- Brancher une source de courant continu au rotor de la MS (I_{ex} , roue polaire)
- Brancher un wattmètre pour mesurer la puissance absorbée par la MCC

- Un voltmètre pour mesurer la tension du capteur tachymétrique.

Pour le relevé des courants et des puissances, on pourra faire plusieurs spires autour de la pince à condition de prendre en compte le nombre de spires dans la mesure des courants et puissances.

- Vérifier que la molette de l'alimentation DC réglable (figure 1) est à la position 0%.



Alimenter le montage après vérification du câblage par l'enseignant.



2.2 Essai à vide

- Démarrer la MCC en augmentant doucement la tension d'entrée jusqu'à atteindre la vitesse nominale indiquée sur la plaque signalétique du moteur (lecture de la tension du capteur tachymétrique).
- Visualiser la tension statorique de la MS à l'oscilloscope et utiliser l'oscilloscope "trigé sur Secteur" pour vérifier que les tensions statoriques de la MS varient bien à 50 Hz. Le signal doit alors être fixe sur l'écran de l'oscilloscope.

Q4 : La caractéristique à vide de l'alternateur

- Prendre $I_{ex} = 0.1 \times I_{ex,max}$ et stabiliser la tension $v(t)$ sur l'écran de l'oscilloscope "trigé sur Secteur". Que se passe-t-il lorsque on augmente I_{ex} (prendre $I_{ex} = 0.2 \times I_{ex,max}$) ? Donner une explication à ce phénomène.
- Justifier la présence d'une tension non nulle en l'absence de courant d'excitation $I_{ex} = 0$.
- Calculer le nombre p de paires de pôles de la machine.
- En faisant varier le courant d'excitation de la machine synchrone I_{ex} compléter le tableau ci-dessous. Attention à bien garder une fréquence de 50 Hz en contrôlant la tension d'alimentation de la MCC. L'oscilloscope triggé sur "secteur" permet de s'assurer que $f = 50$ Hz.

I_{ex}	$E = V_{\text{à vide}}$	V_{mcc}	I_{mcc}	P_{mcc}	$f = 50$ Hz
$I_{ex,max}$					$f = 50$ Hz
$0.1 \times I_{ex,max}$					$f = 50$ Hz
$0.2 \times I_{ex,max}$					$f = 50$ Hz
$0.3 \times I_{ex,max}$					$f = 50$ Hz
$0.4 \times I_{ex,max}$					$f = 50$ Hz
$0.6 \times I_{ex,max}$					$f = 50$ Hz
$0.8 \times I_{ex,max}$					$f = 50$ Hz
$I_{ex,max}$					$f = 50$ Hz



Arrêter doucement la MCC : Molette à 0% – Excitation MS : $I_{ex} = 0$



Q5 :

- Tracer la caractéristique à vide $E = f(I_{ex})$
- À quoi est due la saturation perçue sur la caractéristique à vide.
- Pour $I_{ex} = 0$, à quoi sert la puissance électrique prélevée sur l'alimentation continue $P_{\text{alim mcc}} = P_{mcc}$.

2.3 Essai en court-circuit

 MCC toujours à l'arrêt – Excitation MS : $I_{ex} = 0$ 

- Court-circuiter le stator de l'alternateur et visualiser $i(t)$ à l'oscilloscope.
- Prendre $I_{ex} = 0.1 \times I_{ex,max}$ puis démarrer,  après l'accord du prof , la MCC et régler la vitesse à sa valeur nominale en utilisant la tension du tachymètre et le courant statorique de la MS $i(t)$ à l'oscilloscope “triggué sur Secteur”. On réglera la tension d'alimentation de la MCC, V_{mcc} , afin de stabiliser $i(t)$.

Q6 : Essai en court-circuit de l'alternateur

- Doubler I_{ex} (prendre $I_{ex} = 0.2 \times I_{ex,max}$). Le courant statorique $i(t)$ affiché à l'oscilloscope est-il toujours fixe ? Expliquer ?
- En faisant varier I_{ex} à partir de 0 ampère jusqu'à atteindre la valeur \tilde{I}_{ex} pour laquelle le courant statorique atteint sa valeur nominale $I = I_N$. Compléter le tableau ci-dessous.

I_{ex}	E	I	V_{MCC}	I_{MCC}	P_{MCC}	$f = 50$ Hz
$0.2 \times \tilde{I}_{ex}$						$f = 50$ Hz
$0.4 \times \tilde{I}_{ex}$						$f = 50$ Hz
$0.8 \times \tilde{I}_{ex}$						$f = 50$ Hz
\tilde{I}_{ex}		I_N				$f = 50$ Hz

 Arrêter doucement la MCC : Molette à 0% – Excitation MS : $I_{ex} = 0$ 

 Débrancher les câbles de court-circuit 

Q7 :

- Tracer la caractéristique de court-circuit. Est-elle linéaire ? pourquoi ?
- La puissance de sortie de la MS, P_{utile} , étant nulle, à quoi sert la puissance électrique $P_{alim-mcc} = P_{mcc}$ prélevée sur l'alimentation continue ? A quoi correspond en particulier $P_{alim-mcc}$ pour $I_{ex} = 0$?

2.4 Mesure des résistances

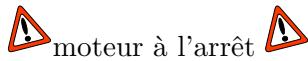
 moteur à l'arrêt 

Cette mesure est réalisée “à chaud” car les résistances dépendent de la température. La précision des ohmmètres étant insuffisante pour mesurer des résistances de l'ordre du ohm. On appliquera alors la méthode Volt-Ampèremétrique utilisant une alimentation stabilisée de courant continu.

Q8 :

- Mesurer $r_{stator-mcc}$, $r_{rotor-mcc}$, $r_{stator-ms}$, $r_{rotor-ms}$.
- Déduire l'ordre de grandeur des pertes Joule dans la MCC lors des essais précédents.

2.5 Le modèle



Q9 :

- Rappeler le schéma équivalent par phase de la Machine Synchrone.
- À quelle résistance (mesurée précédemment) correspond R_S .
- Déterminer le paramètre X_S à partir du tracé des caractéristiques à vide et de court-circuit (cours page 82 : $X_s = \frac{P_O}{NO}$ à corriger).

2.6 Essais avec des charges passives équilibrées

2.6.1 Charge résistive équilibrée



- À vitesse nominale, régler la valeur de I_{ex} pour que la tension à vide entre phases atteint $U = U_N$. **On note \bar{I}_{ex} cette valeur de I_{ex} .**
- Repérer le banc triphasé de résistances variables. Vérifier que tous les interrupteurs du banc résistif sont sur la position 0. Connecter le banc résistif à la sortie de l'alternateur.
- Sans modifier le courant d'excitation $I_{ex} = \bar{I}_{ex}$. Compléter pour deux valeurs de I le tableau ci-dessous en actionnant les interrupteurs du banc résistif.

I_{ex}	I	U	V	$P_{\text{absorbée-mcc}}$	V_{MCC}	I_{MCC}	$f = 50 \text{ Hz}$
\bar{I}_{ex}	$0.5 \times I_N$						$f = 50 \text{ Hz}$
\bar{I}_{ex}	I_N						$f = 50 \text{ Hz}$

Arrêter le moteur à courant continu (doucement) – $I_{ex} = 0$

Q10 :

- À quoi est due la variation de tension (V ou U) aux bornes de la MS.
- Peut-on retrouver X_S ?
- Tracer le diagramme de Fresnel.

2.6.2 Charge capacitive équilibrée



- À vitesse nominale, régler la valeur de I_{ex} pour que la tension à vide entre phases atteint $U = U_N$. **On note \bar{I}_{ex} cette valeur de I_{ex} .**
- Repérer le banc capacitif triphasé et vérifier que tous ces interrupteurs sont sur la position 0. Connecter le banc capacitif à la sortie de l'alternateur.
- Sans modifier le courant d'excitation $I_{ex} = \bar{I}_{ex}$. Compléter pour deux valeurs de I le tableau ci-dessous en actionnant les interrupteurs du banc capacitif.

I_{ex}	I	U	V	$P_{\text{absorbée-mcc}}$	V_{MCC}	I_{MCC}	$f = 50 \text{ Hz}$
\bar{I}_{ex}	$0.5 \times I_N$						$f = 50 \text{ Hz}$
\bar{I}_{ex}	I_N						$f = 50 \text{ Hz}$



Arrêter le moteur à courant continu (doucement) – $I_{\text{ex}} = 0$



Q11 :

- À quoi est due la chute de tension (V ou U) aux bornes de la MS.
- Peut-on retrouver X_S ?
- Tracer le diagramme de Fresnel.

2.7 Synthèse

Des expériences précédentes, déduire les moyens de réglage de la fréquence et de la valeur efficace de la tension alternative sinusoïdale $v(t)$ (ou $u(t)$) délivrée par l'alternateur synchrone.

Travaux pratiques 3

Moteur asynchrone

La préparation

1. Visionner l'animation "moteur asynchrone" disponible sur Moodle ou sur Youtube "Learn Engineering - How does an Induction Motor work ?".
2. Résumer les explications sous forme d'un texte une demi page ou d'une page maximum.
3. Être capable d'expliquer clairement le fonctionnement du moteur asynchrone (durant la séance et sur demande du prof).

Le but du TP est de déterminer les caractéristiques d'une Machine ASynchrone (MAS) en fonctionnement moteur. Une Machine à Courant Continu MCC fonctionnant en génératrice de courant continu sera utilisée pour charger la MAS.

Résumé du travail demandé :

1. Réaliser un essai à vide (presque au synchronisme) et un essai à rotor bloqué afin de déterminer les paramètres du modèle linéaire.
2. Réaliser des essais en charge avec la MCC en génératrice débitant sur une charge résistive.
3. Effectuer un bilan des puissances
4. Tracer la caractéristique couple-vitesse.

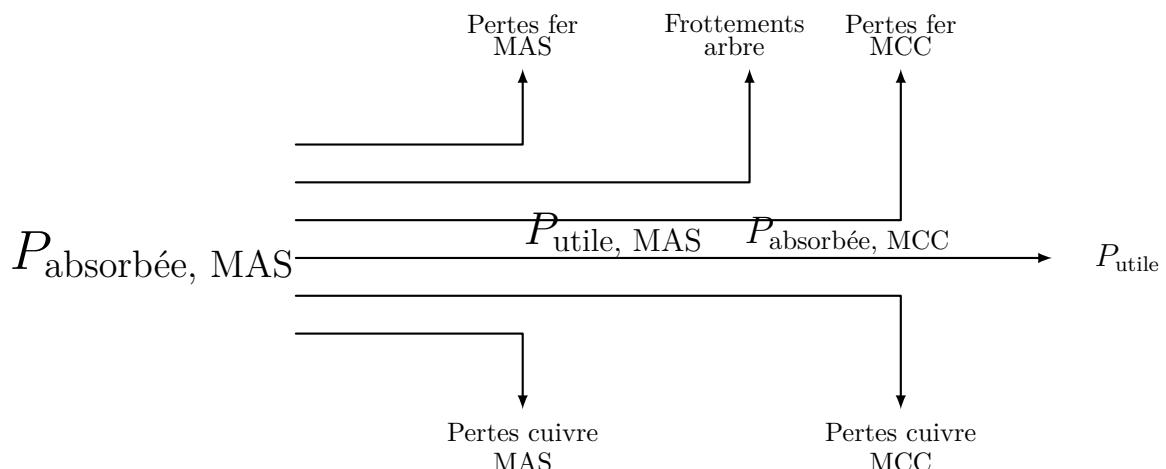


FIGURE 3.1 – Diagramme des puissances

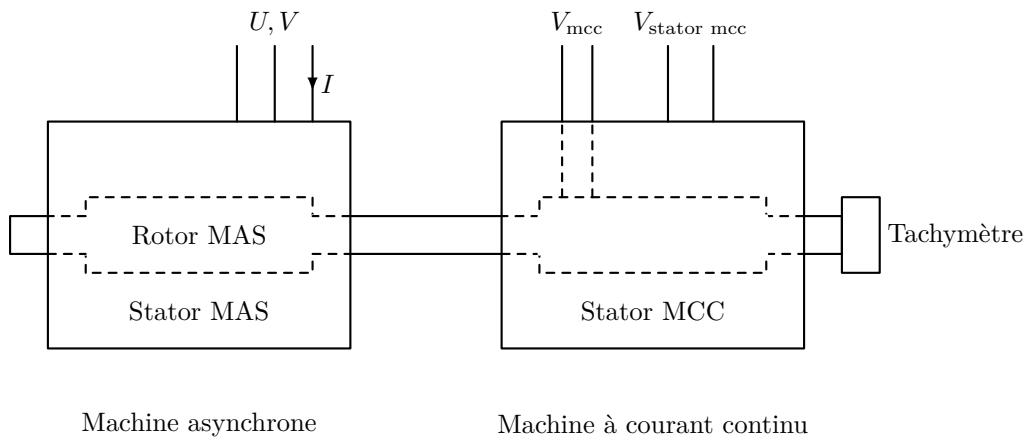


FIGURE 3.2 – Schéma synoptique

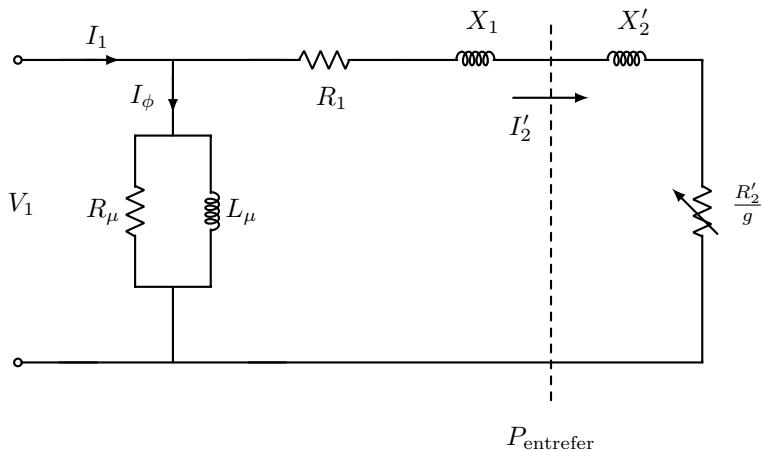


FIGURE 3.3 –

3.1 Prise en main

Q1 : Lecture de la plaque signalétique de la MAS

Relever

- la puissance apparente nominale S_N ,
- les tensions nominales U_N et V_N et les couplages correspondants,
- les courants nominaux I_N et J_N et les couplages correspondants,
- la vitesse de rotation nominale et le glissement g correspondant,
- le facteur de puissance.

Q2 : Lecture de la plaque signalétique du MCC

Relever :

- la tension nominale d'alimentation de l'inducteur, c'est à dire le stator (field) $V_{\text{stator } mccc}$,
- la tension nominale d'alimentation de l'induit, c'est à dire le rotor (armature) V_{mcc} ,
- les courants nominaux de l'inducteur et de l'induit $I_{\text{stator } mccc}$ et I_{mcc} ,
- la vitesse de rotation nominale.

Q3 : Le capteur tachymétrique

Relever le gain (en volts par tours par minute) du capteur tachymétrique. En fonction de la vitesse de rotation nominale indiquée sur la plaque signalétique des différentes machines, donner la tension tachymétrique à laquelle la MAS tourne à sa vitesse nominale.

3.2 Essai à vide

- Effectuer un couplage Y ou Δ de la MAS. (sur certains bancs moteurs le démarrage en Δ n'est pas possible à cause de la limitation du courant délivré par la paillasse)
- Brancher un voltmètre pour mesurer U , un ampèremètre pour mesurer I , brancher et paramétriser l'oscilloscope pour mesurer la puissance absorbée par la MAS (cf. aide-memoire.pdf sur Moodle).
- Vérifier que la molette de l'alternostat est à la position 0% (figure 1)
- Après vérification du montage par l'enseignant, démarrer la machine et augmenter la tension doucement jusqu'à atteindre la tension d'alimentation nominale de la MAS pour le couplage choisi.

Q4 : Essai à vide (début)

- Donner la valeur du glissement au synchronisme
- Déduire de la figure 3.3 le circuit équivalent au synchronisme.

- Démarrer la MAS

 doucement en contrôlant le courant I_1 

et monter la tension jusqu'à sa valeur nominale.

Q5 : Essai à vide (mesures)

- Relever U_1 , I_1 et $P_{\text{absorbée}}$, MAS.



Arrêter la MAS en remettant doucement la molette à la position 0%

**Q6 : Essai à vide (calculs)**

- Rappeler les expressions donnant R_μ et L_μ .
- Calculer R_μ et L_μ .

3.3 Essai à rotor bloqué

Cet essai se fera par réalisation d'un frein magnétique.

 MAS toujours à l'arrêt 

- Court-circuiter l'induit (armature) de la m^cc.
- Alimenter l'inducteur (excitation, field) de la MCC à la tension nominale indiquée sur la plaque signalétique. Vérifier que le courant inducteur correspond bien à la valeur indiquée sur la plaque.
- Vérifier que la molette est à la position 0% (figure 1).
-



Monter doucement la tension de la MAS **tant qu'elle ne provoque** 

 **ni la rotation de l'arbre moteur, ni le dépassement du courant nominal.** 

Q7 : Essai à rotor bloqué (mesures)

- Relever $P_{\text{absorbée MAS}}, U_1, I_1$



Remettre doucement les deux molettes à la position 0% celle de la MAS en premier 



Débrancher les câbles ayant servis à court-circuiter l'induit de la MCC 

Q8 : Essai à rotor bloqué (calculs)

- Que vaut le glissement pour cet essai
- Simplifier le circuit de la figure 3.3.
- Donner les expressions permettant de calculer $R_1 + \frac{R'_2}{g}$ et $X_1 + X'_2$.
- Calculer ces deux paramètres.

3.4 Mesure des résistances

 MAS toujours à l'arrêt 

Cet essai sera effectué à chaud car la résistance d'un enroulement augmente avec l'augmentation de la température. Typiquement, la valeur à chaud est 1.6 fois la valeur à froid. Mesurer la résistance des bobinages statoriques de la MAS en appliquant la méthode volt-ampèremétrique.

3.5 Essai en charge

 MAS toujours à l'arrêt 

La MAS sera chargée en utilisant la MCC en tant que génératrice débitant sur un banc résistif.

- Repérer le banc de résistances variables. Vérifier que tous les interrupteurs du banc résistif sont sur la position 0. Connecter le banc résistif à la sortie de la machine à courant continu.
- Placer des instruments de mesure pour mesurer les grandeurs critiques de cet essai.
- Après l'accord de l'enseignant,

 monter doucement la tension d'alimentation de la MAS 

jusqu'à atteindre la tension d'alimentation nominale.

Q9 : Essai en charge (mesures)

- Connecter successivement les résistances du banc résistif et compléter le tableau ci-dessous à l'exception des trois dernières colonnes

I_1	U_1	tension tachy	g	I'_2	C
$0.1 \times I_1$	U_{1N}				
$0.2 \times I_1$	U_{1N}				
$0.4 \times I_1$	U_{1N}				
$0.8 \times I_1$	U_{1N}				
I_1	U_{1N}				



Remettre doucement les deux molettes à la position 0% celle de la MAS en premier



On rappelle que le couple développé par la MAS est donné par

$$C = \frac{1}{\Omega_s} \frac{R'_2(I'_2)^2}{g}$$

où Ω_s est la vitesse de synchronisme.

Q10 : Essai en charge (calculs)

- Compléter le tableau ci-dessus par :
 - le calcul du glissement,
 - le calcul d'une valeur approchée de I'_2 dépendant de I_1 et I_ϕ ,
 - le calcul du couple C .
- Tracer la caractéristique couple-vitesse.
- Commenter le tracé précédent.