

Université de Toulon

IUT de Toulon

Département Génie Electrique et Informatique Industrielle (GEII)

Alternateur

Rapport de TP

écrit le 5 décembre 2023

par

Bruno HANNA

Encadrant universitaire : Alexandre LEREDDE



Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1 Études Théorique	2
1.1 Couplage de la machine synchrone	2
1.1.1 Couplage Étoile	2
1.1.2 Couplage Triangle	3
1.2 Schéma de câblage pour essai R//L	3
1.3 Modèle équivalent de Behn Eschenburg	4
1.4 Méthodologie d'obtention des paramètres du modèle	4
1.5 Conditions de couplage sur un réseau électrique	4
Chapitre 2 Études Pratique	5
2.1 Analyse des Informations sur la Plaque Signalétique	5
2.2 Mesure des Résistances Entre Phase	5
2.3 Mesures de Fréquence et Tension	6
2.3.1 Caractéristique à Vide $E_v = f(N_n)$	6
2.4 Variation du Courant d'Excitation	7
2.4.1 Caractéristique à Vide de l'Alternateur $E_v = f(J)$	7
2.5 Mesures de Courant de Court-Circuit et d'Excitation	8
2.5.1 Caractéristique à Vide de l'Alternateur $E_v = f(I_{cc})$	8
2.6 Essais en Charge de l'Alternateur	9
2.6.1 Débit sur Résistance Pure	9
2.6.2 Débit sur Inductance Pure	11
Conclusion	12

Introduction

Dans le cadre de ce rapport, nous avons exploré les caractéristiques et le comportement d'un alternateur triphasé, en nous concentrant particulièrement sur les essais en charge et les différentes configurations de débits sur résistance pure et inductance pure. L'objectif de cette étude était d'analyser le fonctionnement de l'alternateur dans des conditions réelles et d'évaluer ses performances dans des scénarios variés.

Nous avons débuté par l'examen des spécifications techniques de l'alternateur, en nous penchant sur les détails du couplage étoile et triangle, ainsi que sur les paramètres tels que la tension nominale, le courant nominal et la vitesse de rotation. Ensuite, nous avons effectué des essais pratiques en manipulant l'excitation de l'alternateur pour obtenir différentes tensions de sortie, conformément aux exigences du TP. Ces manipulations ont été méticuleusement enregistrées et analysées pour comprendre le comportement de l'alternateur dans des conditions variables.

Puis ça a été porté aux essais en charge, où l'alternateur a été soumis à des débits sur résistance pure et inductance pure. Les données résultantes, présentées sous forme de tableaux et de graphiques précis, offrent un aperçu clair des performances de l'alternateur dans ces scénarios spécifiques. Les caractéristiques en charge, analysées minutieusement, nous ont permis de tirer des conclusions quant à la réponse de l'alternateur aux différentes charges et de comprendre les variations de tension en fonction du courant.

Études Théorique

1.1 Couplage de la machine synchrone

Le couplage d'une machine synchrone peut être réalisé de deux manières principales : en étoile et en triangle. Chaque configuration possède ses propres avantages et caractéristiques.

1.1.1 Couplage Étoile

La configuration en étoile est souvent préférée pour les systèmes à haute tension en raison de sa capacité à minimiser les courants de ligne. La figure ci-dessous illustre un exemple typique de couplage en étoile.

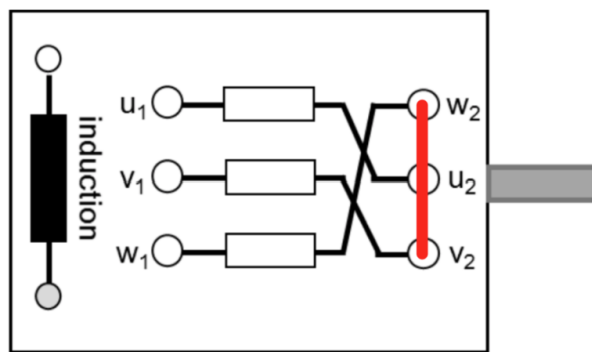


Figure 1.1 – Schéma du pont de Wheatstone

1.1.2 Couplage Triangle

Dans la configuration en triangle, les bobinages sont connectés pour former un circuit fermé. Cette configuration est souvent utilisée pour les systèmes à faible tension.

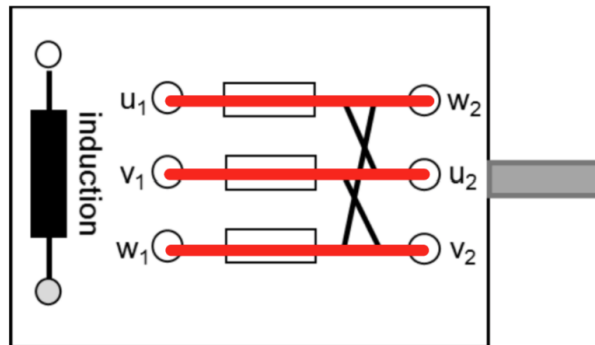


Figure 1.2 – Schéma du pont de Wheatstone

1.2 Schéma de câblage pour essai R//L

Lors de l'essai sur une charge R//L triphasée, divers instruments de mesure sont nécessaires pour obtenir des données précises. La configuration du schéma de câblage est présentée ci-dessous.

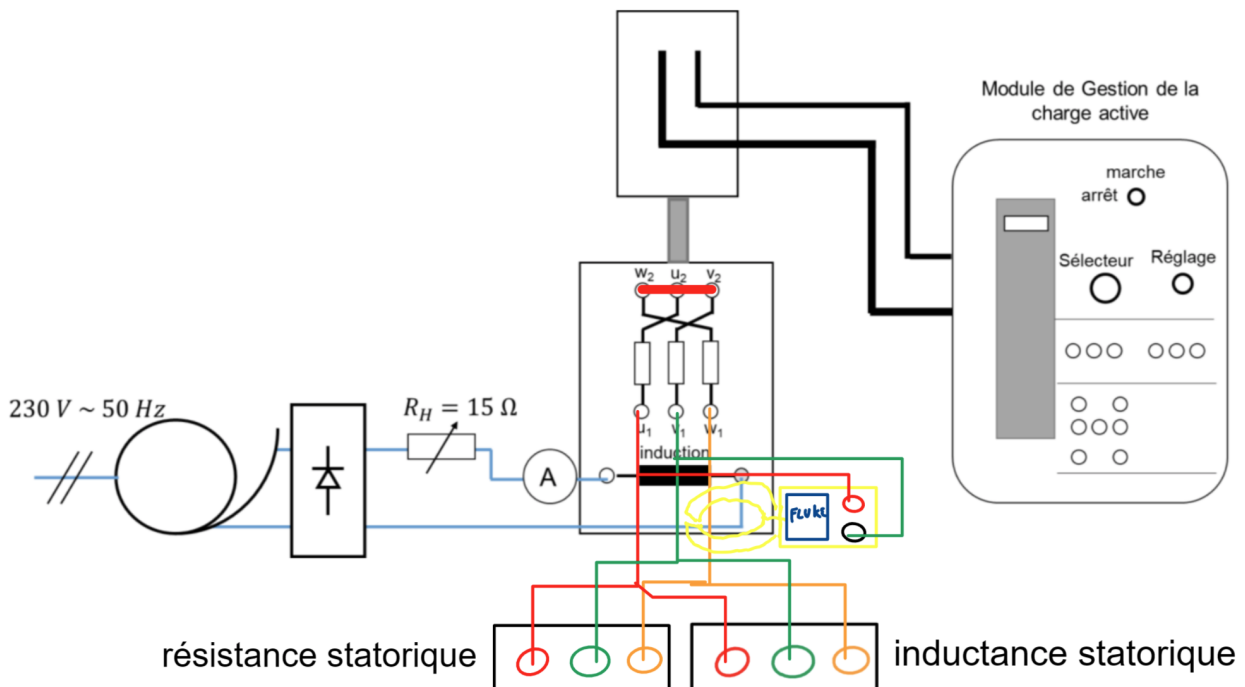


Figure 1.3 – Schéma de câblage pour essai sur une charge R//L triphasée.

1.3 Modèle équivalent de Behn Eschenburg

Le modèle équivalent de Behn Eschenburg offre une représentation simplifiée mais précise d'un enroulement statorique. Il se compose d'éléments résistifs et réactifs en série.

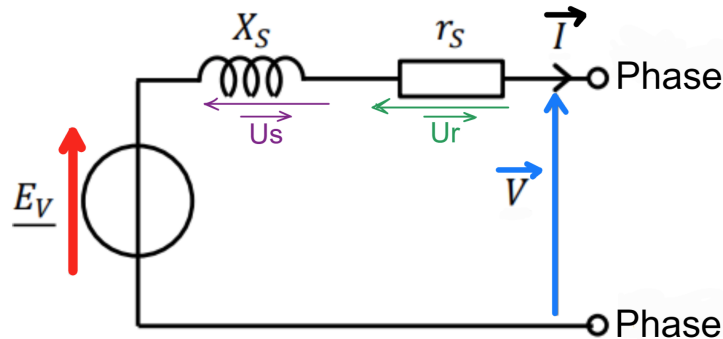


Figure 1.4 – Modèle équivalent de Behn Eschenburg pour un enroulement statorique.

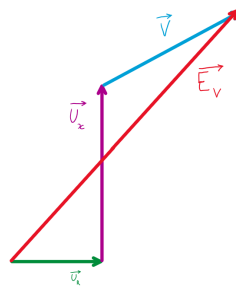


Figure 1.5 – Diagramme équivalent de Behn Eschenburg pour un enroulement statorique.

1.4 Méthodologie d'obtention des paramètres du modèle

Les paramètres du modèle de Behn Eschenburg peuvent être obtenus grâce à :

- Un essai à vide, permettant de déterminer la résistance statorique.
- Un essai en court-circuit, pour évaluer l'inductance statorique.

1.5 Conditions de couplage sur un réseau électrique

Pour un couplage efficace et sûr d'un alternateur sur un réseau électrique, les conditions suivantes doivent être respectées :

- Mêmes niveaux de tension
- Fréquences identiques
- Mêmes phases
- Mêmes ordres des phases

Études Pratique

2.1 Analyse des Informations sur la Plaque Signalétique

Les valeurs relevées sur la plaque signalétique pour les deux types de couplages, étoile et triangle, sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Couplage Étoile	Couplage Triangle
P_U (Puissance)	1,5 kW	1,5 kW
N_n (Vitesse)	1500 tr/min	1500 tr/min
U_n (Tension)	400 V	230 V
I_n (Courant)	2,2 A	3,8 A
u_{ex} (Tension externe)	56 V _{cc}	56 V _{cc}
i_{ex} (Courant externe)	2,9 A	2,9 A

Le couplage triangle a été choisi pour obtenir une tension de sortie de 230 V, conforme aux exigences de l'application. Le câblage a été réalisé en conséquence.

2.2 Mesure des Résistances Entre Phase

En utilisant un ohmmètre, les valeurs des résistances entre phases ont été mesurées comme suit :

$R(uv)$	$R(vw)$	$R(wu)$	R_{moy} (Valeur moyenne)	r_s
10 ohm	10 ohm	10 ohm	10 ohm	5 ohm

2.3 Mesures de Fréquence et Tension

Les mesures de fréquence (f) et de tension (E_v) à différentes vitesses de l'alternateur sont résumées dans le tableau ci-dessous :

N (Tr/min)	1000	1200	1400	1500	1700	1800	1900	2000
f (Hz)	33	40	47.7	50	57	60	65	66.6
E_v (V)	92.4	112	130	141	158	167	173	190

2.3.1 Caractéristique à Vide $E_v = f(N)$

Le graphique correspondant à ces données est présenté à la Figure 2.1.

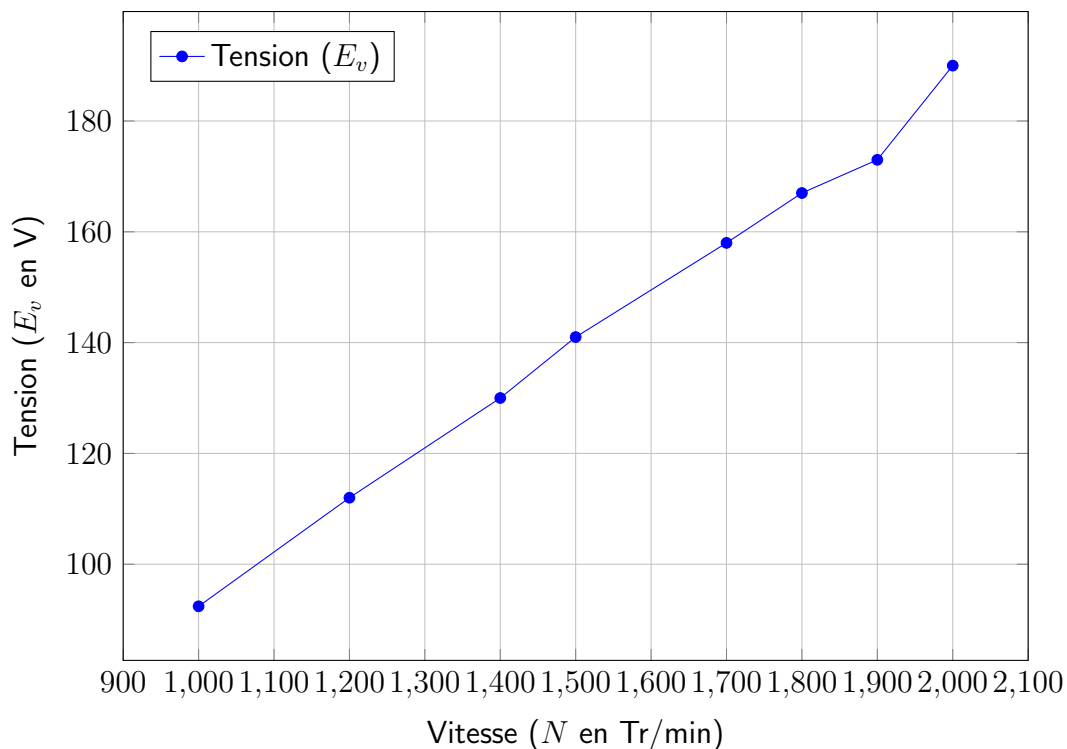


Figure 2.1 – Caractéristique à Vide de l'Alternateur

L'allure de la courbe montre une relation linéaire entre la vitesse (N) de l'alternateur et la fréquence (f) ainsi que la tension de sortie (E_v). À mesure que la vitesse augmente, la fréquence et la tension de sortie augmentent proportionnellement. Cette relation linéaire est caractéristique des alternateurs, où la sortie électrique dépend directement de la vitesse de rotation.

2.4 Variation du Courant d'Excitation

Le courant d'excitation (J) de l'alternateur a été fait varier de 0 à la valeur nominale par incréments croissants, en agissant sur l'excitatrice. Les valeurs correspondantes de la f.é.m. (E_v) sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

J (A)	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	2.9
E_v (V)	2.9	31.6	64.7	90.6	110	121	132	138	141.4

2.4.1 Caractéristique à Vide de l'Alternateur $E_v = f(J)$

Le graphique de la caractéristique à vide de l'alternateur ($E_v = f(J)$) est tracé ci-dessous. L'arrêt à 2.9 A a été décidé pour éviter tout dommage au moteur.

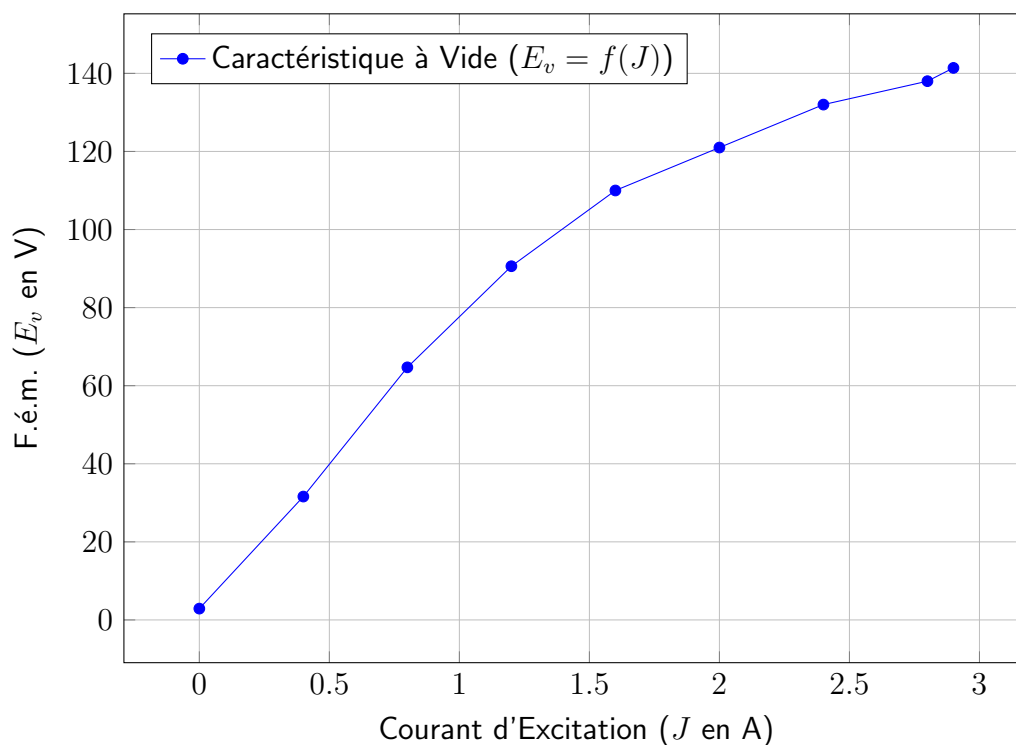


Figure 2.2 – Caractéristique à Vide de l'Alternateur ($E_v = f(J)$)

L'allure de la courbe montre une augmentation linéaire de la f.é.m. (E_v) avec l'augmentation du courant d'excitation (J). L'arrêt à 2.9 A a été décidé pour éviter tout dommage au moteur.

2.5 Mesures de Courant de Court-Circuit et d'Excitation

En s'assurant que l'alternateur n'est pas excité, un court-circuit a été câblé. Le courant de court-circuit (I_{cc}) a été mesuré à différentes intensités de courant d'excitation (J), comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

J (A)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
I_{cc} (A)	0.18	0.4	0.8	1.2	1.8	2.2	2.7	3.2	3.6	3.8
E_v (V)	2.9	10	18	24	32	40	48	56	64	80

2.5.1 Caractéristique à Vide de l'Alternateur $E_v = f(I_{cc})$

Le graphique de la caractéristique à vide de l'alternateur ($E_v = f(I_{cc})$) est tracé ci-dessous. Le courant de court-circuit a été limité à 0.9 A pour éviter d'endommager le moteur.

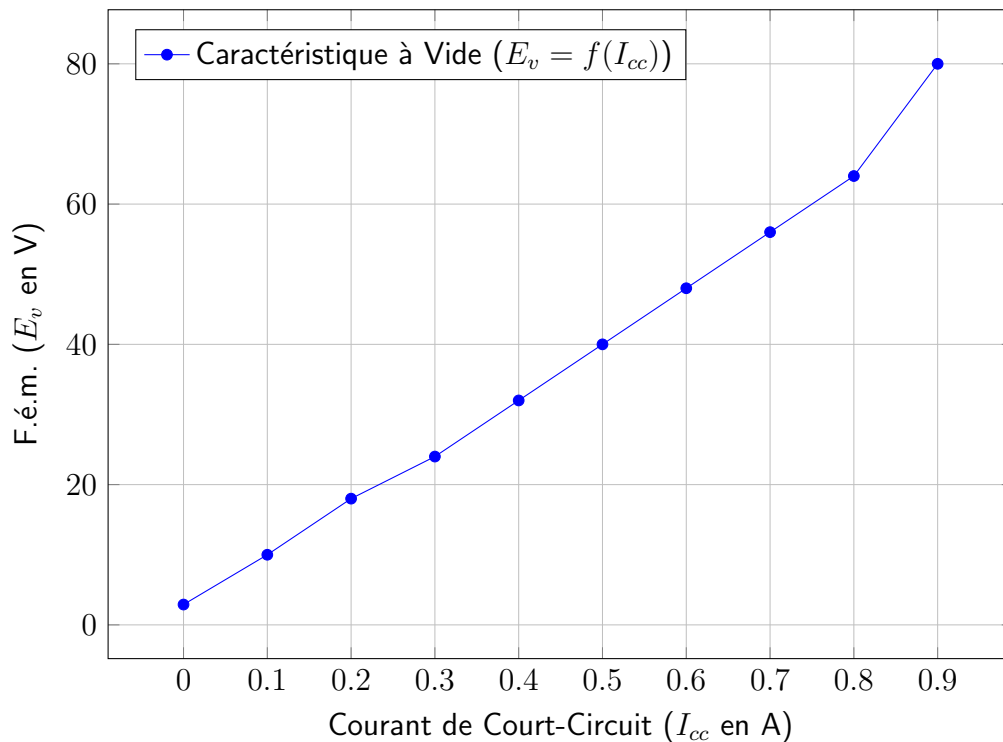


Figure 2.3 – Caractéristique à Vide de l'Alternateur ($E_v = f(I_{cc})$)

La pente de cette caractéristique (X_S) a été calculée comme la somme des valeurs en volt divisée par la somme des valeurs en ampères, soit $X_S = \frac{\sum E_v}{\sum I_{cc}} = 18.86 \text{ ohm}$. Cette relation est basée sur l'équation $E_v = X_S \times I_c$, où X_S représente l'impédance synchrone de l'alternateur et R_S est négligé car c'est un court circuit.

De plus, ci-joint le schéma équivalent de Behn-Eschenburg par phase de la machine.

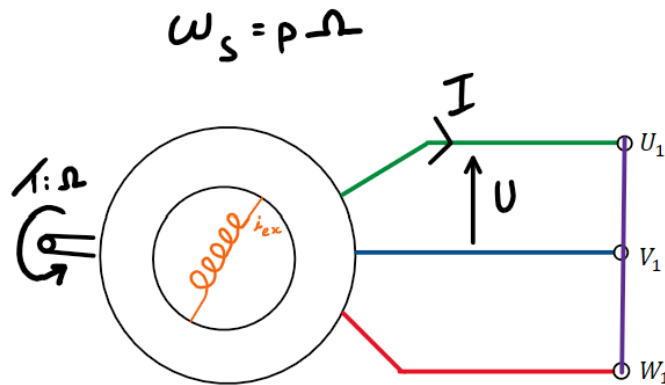


Figure 2.4 – Modèle équivalent de Behn Eschenburg.

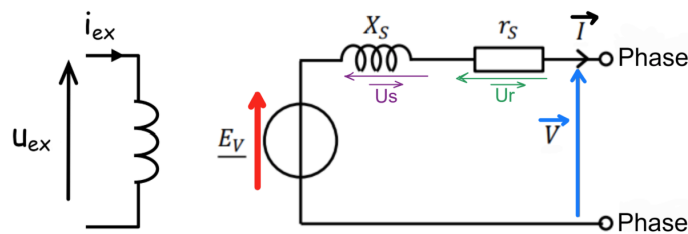


Figure 2.5 – Modèle équivalent de Behn Eschenburg.

Le courant de court-circuit a été limité à 0.9 A pour prévenir tout dommage au moteur.

2.6 Essais en Charge de l'Alternateur

2.6.1 Débit sur Résistance Pure

En s'assurant que l'alternateur n'est pas excité, un plan de charge triphasé R/L a été câblé avec les appareils de mesure associés, comme demandé dans le schéma de préparation. L'excitation de l'alternateur a été réglée pour obtenir la tension nominale à vide. Le courant d'excitation ainsi que la vitesse sont maintenus constants au cours de ces essais.

Débit sur Résistance Pure

Les valeurs de tension (U) et courant (I) ont été relevées en augmentant la charge, en veillant à ce que le courant (I) reste inférieur à la valeur nominale. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

I (A)	0	0.3	0.6	0.9	1	1.35	2.35	2.62	3.62	3.8
U (V)	230	228	227.5	226.8	225	225	220	220	213.4	205.2

Le graphique de cette première caractéristique en charge de l'alternateur est tracé ci-dessous.

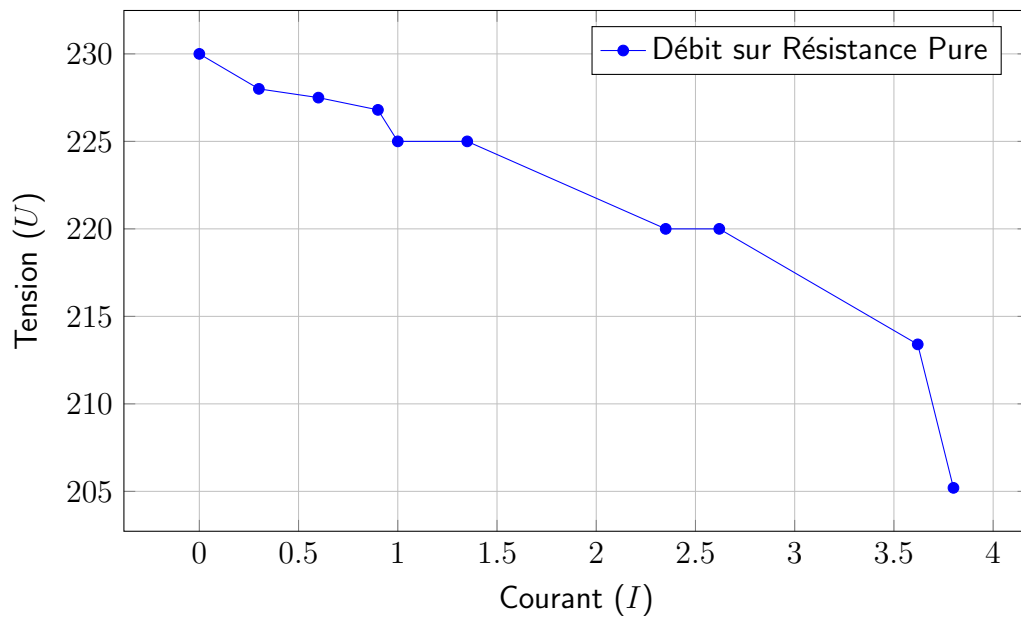


Figure 2.6 – Caractéristique en Charge de l'Alternateur (Débit sur Résistance Pure)

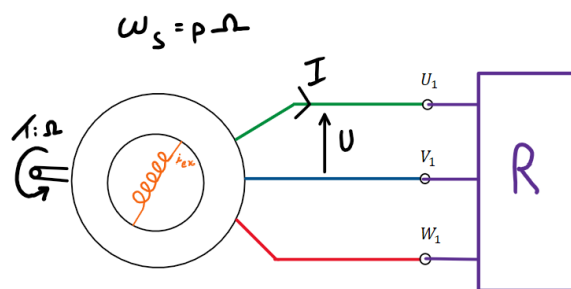


Figure 2.7 – Modèle équivalent de Behn Eschenburg.

En utilisant ces valeurs, un arbre de puissance a été élaboré pour évaluer le rendement de l'alternateur à ce point spécifique

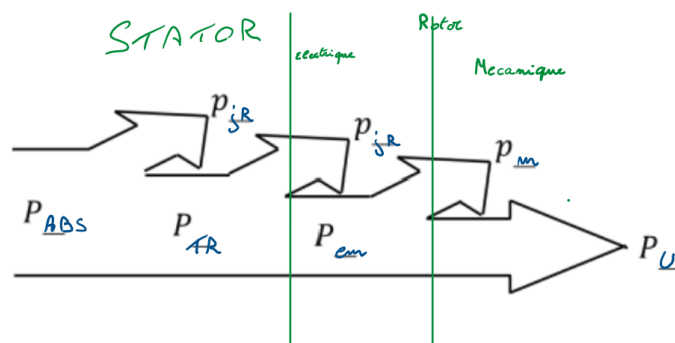


Figure 2.8 – Modèle équivalent d'arbre de Puissance.

2.6.2 Débit sur Inductance Pure

Pour cet essai, le courant a été progressivement augmenté à partir du courant minimal. Les valeurs de tension (U) et courant (I) ont été relevées. La variation du courant a d'abord atteint la valeur maximale, puis a été diminuée progressivement. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

I (A)	0	0.9	1	1.2	1.3	1.4	2.3	2.7	3	3.7	3.8
U (V)	230	221	220	218	217	216	204	200	193	182	181

Le graphique de cette deuxième caractéristique en charge de l'alternateur est tracé ci-dessous.

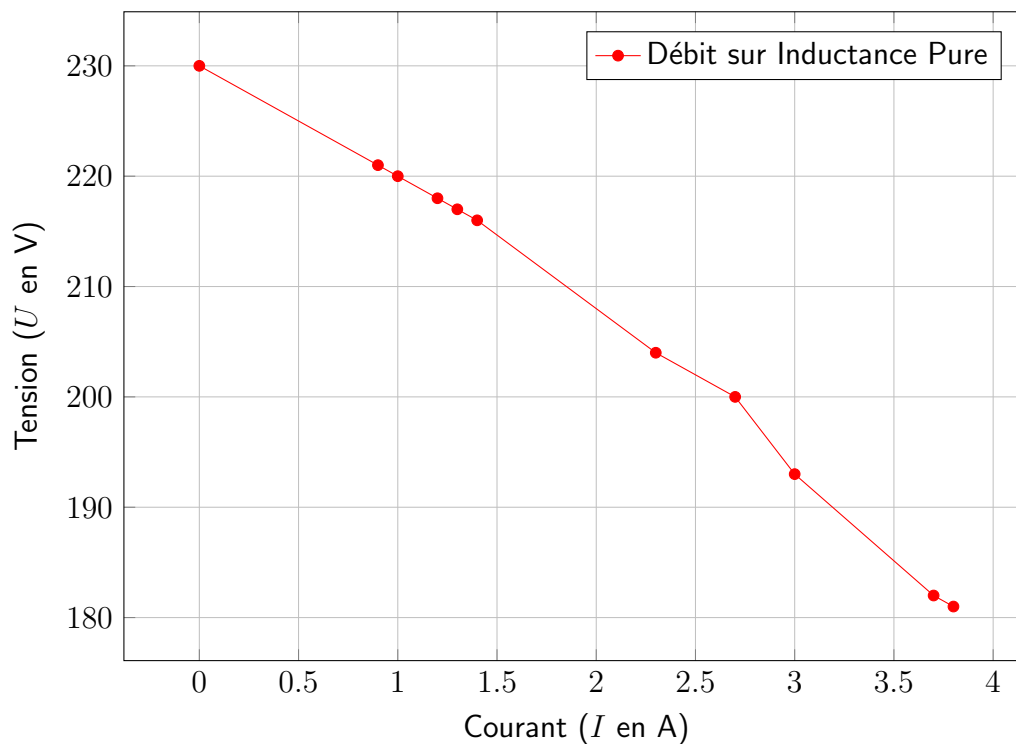


Figure 2.9 – Caractéristique en Charge de l'Alternateur (Débit sur Inductance Pure)

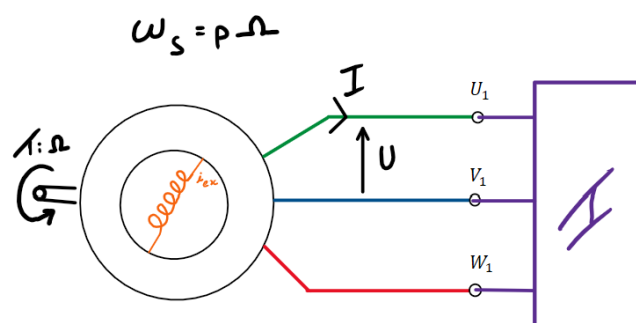


Figure 2.10 – Modèle équivalent de Behn Eschenburg.

Conclusion

En conclusion, cette étude approfondie des caractéristiques de l'alternateur nous a permis d'acquérir des connaissances sur son comportement dans des conditions diverses. Les essais en charge ont mis en évidence l'importance cruciale du réglage de l'excitation et de la charge sur les performances de l'alternateur. Les diagrammes Behn-Eschenburg, ainsi que les graphiques des caractéristiques en charge.