

TRAVAUX PRATIQUES

2^{ème} année POIC

PHYSIQUE Etude des Actionneurs électriques



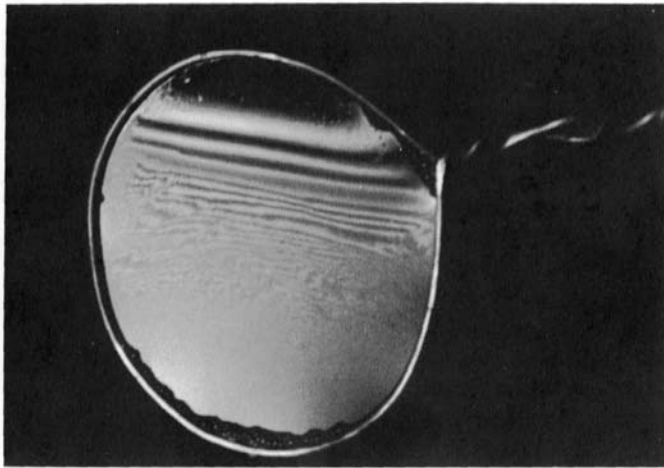
PLAN

I Interférences

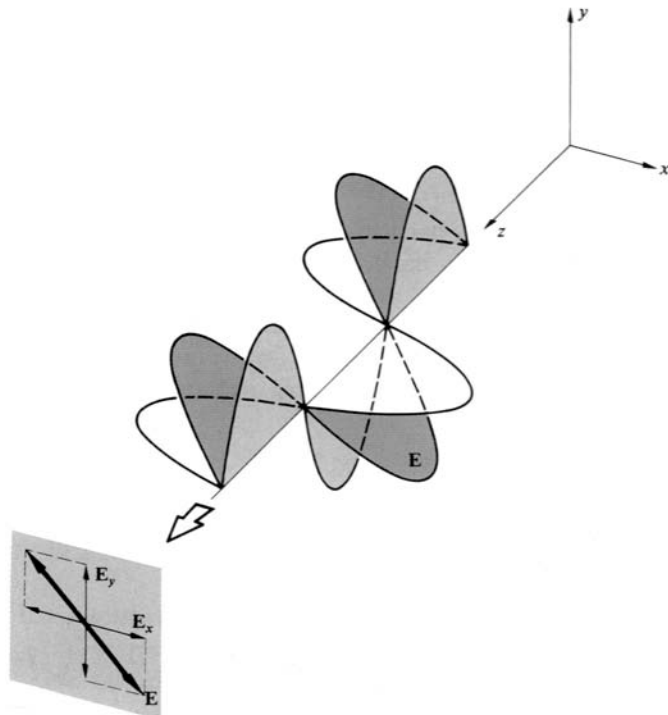
II Moteurs et génératrices

III Contacteur

INTERFERENCES



A wedge-shaped film made of liquid dishwashing soap.
(Photo by E. H.)



D'après Hecht, Optics

INTERFERENCES

A – Généralités

I – Sécurité

Veillez respecter scrupuleusement les consignes suivantes

- **Danger Laser** : le rayonnement laser provoque des dommages irréversibles sur la rétine. En conséquence ne jamais manipuler d'éléments avec les yeux au même niveau que le faisceau, toujours repérer la trajectoire du faisceau pendant la manipulation.
- **Danger rayonnement UV** : les lampes à vapeur de Mercure émettent dans la gamme des ultraviolets. Eviter de regarder directement sa lumière.
- **Danger Thermique** : les lampes à vapeur de mercure chauffent la cage métallique qui les contient. Attention au danger de brûlure.
- **Risque électrique** : le démarrage des lampes à vapeur nécessite une haute tension : en conséquence ne toucher à aucun élément électrique.
- **Matériel fragile** : faire attention aux lentilles et autres dispositifs fragiles. Eviter de mettre les doigts sur un élément optique. Ne pas positionner les filtres près d'une source de chaleur sous peine de détérioration.

II – Présentation de la séance

Les phénomènes d'interférences optiques sont utilisés à l'heure actuelle pour mesurer des déplacements ou réaliser le positionnement de machines avec une grande précision. Un polycopié, qui présente les concepts théoriques nécessaires à la compréhension de ces phénomènes et les applications relatives à la mesure et au positionnement, est distribué en complément du polycopié de TP. Il est impératif de lire ce polycopié avant d'aborder le TP proprement dit. La séance se décompose en trois parties : l'expérience des fentes d'Young, l'expérience des biprismes de Fresnel, l'expérience des anneaux de Newton. Pendant un tiers de la séance, 2 binômes travaillent sur les fentes d'Young, un binôme sur le biprisme de Fresnel et un binôme sur les anneaux de Newton. On effectue ensuite une rotation de façon à ce que tous les binômes puissent travailler sur les toutes les expériences.

La typographie utilisée est la suivante :

En texte plein, les explications et présentations.

En italique, les points que vous devez effectuer, les questions, ou bien des commentaires.

En caractères plus petits, les parties optionnelles que vous aborderez s'il vous reste du temps. Il y a également du contenu donné juste à titre informatif.

III – Bibliographie

Ce polycopié est largement inspiré du polycopié rédigé par Michel Bonnet pour la pré-orientation ICBE. Voici quelques références bibliographiques

[BRE] Optique ondulatoire, 2^{ème} année MP-PC-PSI, Hprépa, JM Brébec, ISBN 2011451493

Ouvrage scolaire, avec nombreux exercices d'application. Il en existe de nombreux autres dans le même style.

[HEC] Hecht Optics, Addison-Wesley, E.Hecht, ISBN 0201116111

Ouvrage d'un excellent niveau, couvrant l'optique géométrique et ondulatoire : une référence (existe en français), un livre à posséder !

[SXT] Optique expérimentale, Hermann coll. Enseignement des sciences, Sextant, ISBN 270566315X

Très complet sur la partie expérimentale, c'est également une mine d'informations mais il vaut mieux avoir quelques bases avant de l'aborder.

[PER] Optique, Masson, J.- P. Perez, ISBN 2-225-85213-8

[BRU] Optique, Masson, G.Bruhat, ISBN 2225826528

Traité d'optique qui traite essentiellement et exhaustivement l'aspect ondulatoire et quantique.

B – Mesures

Propriété essentielle :

Lorsque deux ondes lumineuses interfèrent, l'intensité résultante n'est pas la somme des intensités des deux ondes. On rappelle la formule donnant l'intensité de la lumière au point P lorsque deux ondes lumineuses 1 et 2 interfèrent en ce point :

$$I(\mathbf{r}) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi(\mathbf{r}))$$

$\varphi(\mathbf{r})$ est le déphasage au point \mathbf{r} entre les ondes 1 et 2.

I – Interférences par division du front d'onde : bifentes d'Young

Figure Young's experiment. (a) Cylindrical waves superimposed in the region beyond the aperture screen. (b) Overlapping waves showing peaks and troughs. (c) The geometry of Young's experiment. (d) A path-length difference of one wavelength corresponds to $m = \pm 1$ and the first-order maximum. (e) (Photo courtesy M. Cagnet, M. Francon, and J. C. Thrierr: *Atlas optischer Erscheinungen*, Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 1962.) (f) A modern version of Young's experiment using a photodetector (e.g., a photovoltaic cell or photodiode like the RS 305-462) and an X-Y recorder. The detector rides on a motor driven slide and scans the interference pattern.

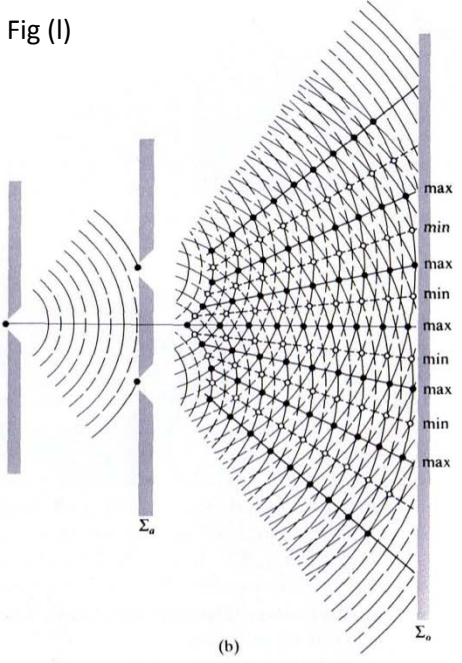
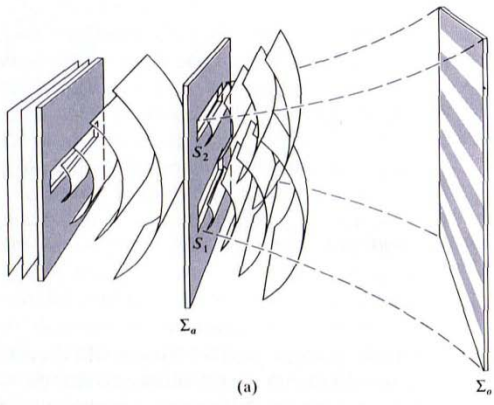
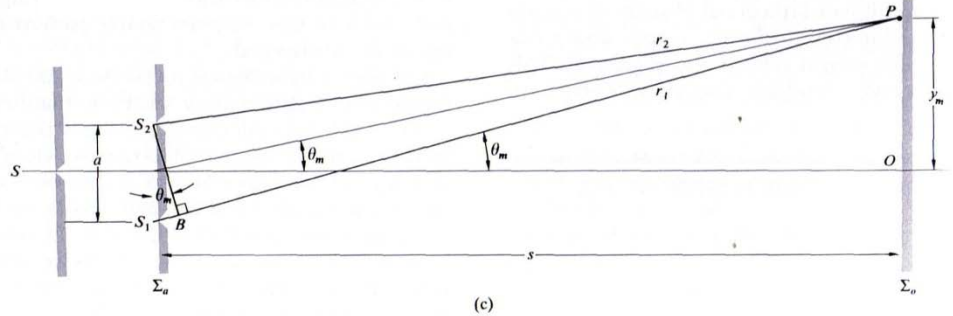
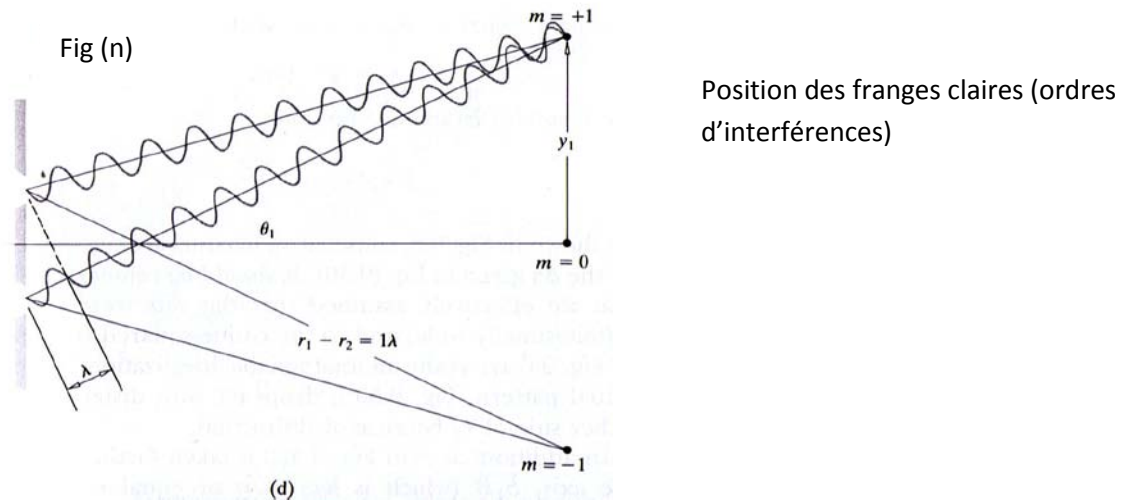


Fig (m)



Ci-dessus est représenté le schéma de principe de l'expérience de Young. Reportez vous au polycopié théorique pour le détail des calculs de la figure d'interférence (p 10-11). Afin de pouvoir réaliser des mesures relativement lumineuses avec un oculaire doté d'un micromètre, vous adapterez la disposition de la manip en rajoutant 2 lentilles et un filtre (fig (o)). L'oculaire prend alors la place de l'écran, et la position de la $m^{\text{ème}}$ frange lumineuse donnée initialement par $y_m = m.s.\lambda / a$ sera alors remplacée par :

$$y_m = m.f_2.\lambda/a.$$



- **Mesure d'interfrange et paramètres physiques de la bifente**

Faire le schéma présenté sur la figure suivante (fig(o)) :

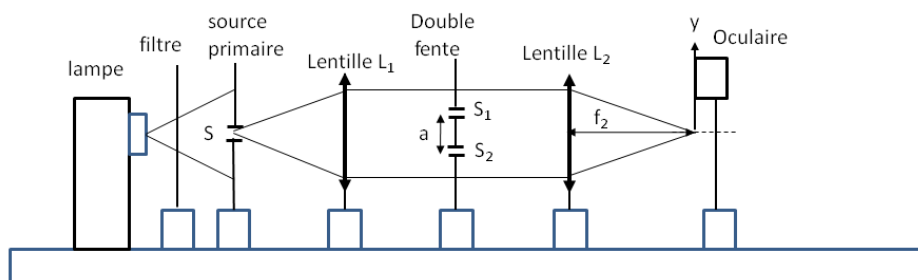


Fig (o)

Représentez ce que vous voyez à l'oculaire. Faire une mesure de l'interfrange

Déduire de cette mesure la distance entre les fentes. Faites une figure précise qui montre bien de quelle distance il s'agit, si on prend en compte la largeur de chacune d'elles.

On pourra ensuite faire la mesure directe au microscope optique.

Y-aurait-il une façon de déterminer la largeur de chaque fente, en les supposant identiques ?

Pour info : les trous d'Young à la maison

Trous d'Young : Prendre une feuille de bristol ou une petite carte. Faire 2 petits trous à l'aiguille ou au compas, ils doivent être distants d'environ 3 rayons. Observer une source quasi ponctuelle située à plus de 20 mètres (lampadaire, feu de signalisation)

etc...mais pas le soleil ou son reflet !) en positionnant les trous très proches d'un œil. Vous verrez les franges, perpendiculaires à l'axe joignant les centres des trous, avec une irisation due éventuellement à la présence de multiples longueurs d'ondes dans la lumière.

- **Complément : cohérence spatiale**

La cohérence spatiale, qui est liée au caractère non ponctuel de la source lumineuse, est un paramètre très important pour pouvoir observer des interférences. On peut le mettre en évidence expérimentalement, il suffit pour cela d'élargir la fente source jusqu'au brouillage complet de la figure d'interférence.

- **Pour info : cohérence temporelle ou longueur de cohérence**

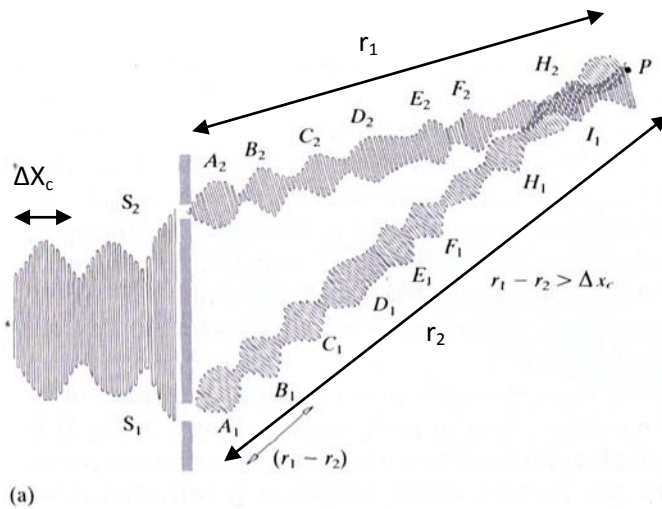


Fig (p) : Les trains d'ondes issus des sources secondaires qui se recouvrent ne sont plus issus du même train d'onde primaire : les interférences sont brouillées.

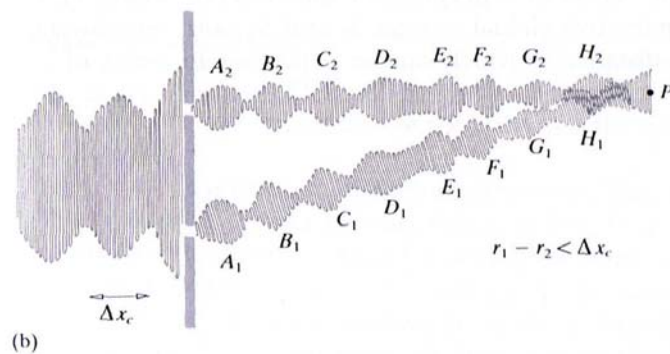
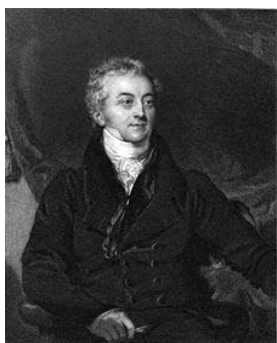


Fig (q) : Les trains d'ondes issus des sources secondaires qui se recouvrent partiellement sont issus du même train d'onde primaire : les interférences sont possibles.

Figure A schematic representation of how light, composed of a progression of wavegroups with a coherence length Δx_c , produces interference when (a) the path-length difference exceeds Δx_c and (b) the path-length difference is less than Δx_c .

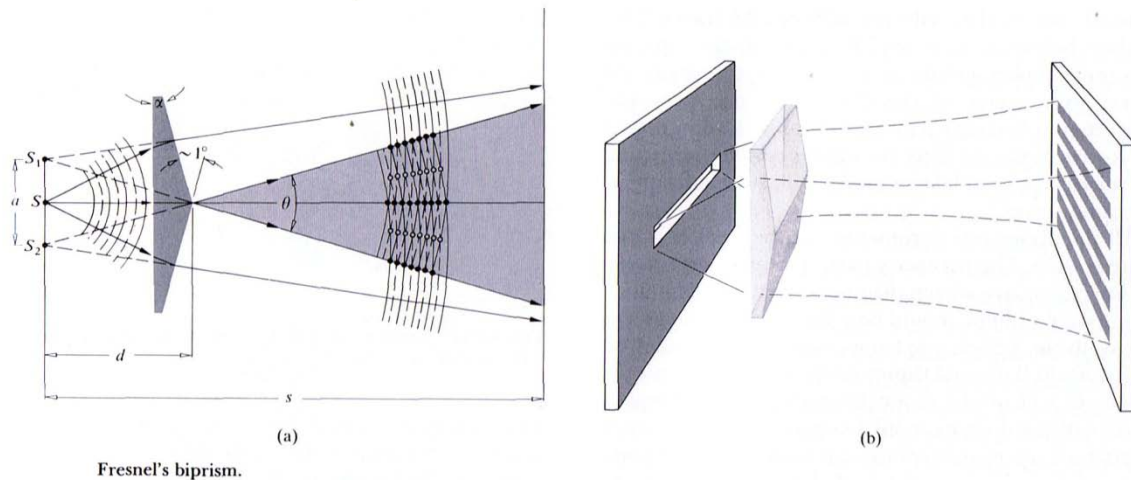


Thomas Young

Comme ordre de grandeur, la longueur de cohérence d'une lampe à incandescence est de quelques μm . Pour un laser, elle va de quelques dizaines de cm jusqu'au kilomètre.

Thomas Young (1773-1829), médecin, physicien, philosophe, égyptologue anglais. Il contribue à des avancées décisives dans des domaines aussi différents que la mécanique des milieux continus (module de Young), l'optique, la physiologie médicale et la linguistique !

II – Interférences par division du front d'onde : biprisme de Fresnel



Cette manipulation nécessite une lampe, une fente source S , pour la cohérence spatiale de l'expérience, le biprisme, un filtre et un oculaire qui remplace l'écran et permettra de mesurer l'interfrange. On se propose de remonter à l'angle α du biprisme.

La mise en place des éléments est délicate. Il faut absolument que la fente source et l'arête du biprisme soient parfaitement alignés. Vous devez également repérer la zone où les interférences peuvent se produire. On en profitera pour observer à l'œil le dédoublement des sources en se plaçant derrière le prisme (observation des sources S_1 et S_2 sur la figure).

Représentez les éléments du banc, leurs caractéristiques, leurs positions lorsque vous faites vos mesures, après avoir essayé différentes configurations géométriques. Représentez également ce que vous voyez à l'oculaire, et ce que vous avez fait pour évaluer l'interfrange.

La mesure de l'interfrange i vous donnera la distance a entre les sources, donc la valeur de Θ . Vous remonterez à l'angle α en appliquant une loi de réfraction aux faibles angles ($\alpha \ll 1$) sur un rayon axial issu de S , ce qui vous donnera le lien entre α et Θ .

Évaluez l'erreur de mesure sur i , puis sur α .

- Complément : détermination géométrique de α

En observant uniquement les zones de recouvrement des faisceaux déviés, sans utiliser les interférences produites, on peut également remonter à l'angle α . Dire si la précision obtenue est alors meilleure que celle de la méthode interférentielle.

- Complément : y a-t-il un sens pour le biprisme ?

Suivant les ouvrages, on trouve des schémas expérimentaux dans lesquels le biprisme est soit monté arête devant [BRU] ou inversement [BRE][HEC]. Tentez de répondre à cette question, expérimentalement et/ou théoriquement.

Autre montage :

On peut également observer les franges d'interférence en utilisant un montage plus simple. Il faut placer sur le banc un laser He-Ne, une lentille de 5 cm de focale pour faire converger puis diverger le faisceau laser, et placer le bi-prisme juste après. On observe alors les franges sur le mur qui joue le rôle d'écran situé à plusieurs mètres. On peut mesurer l'interfrange i , puis en déduire la distance $a = S_1 S_2$, puis Θ et α .

II– Interférences par division d’amplitude : Anneaux de Newton

On se propose de mesurer le rayon de courbure R d’une lentille plan-convexe par une méthode interférentielle.

-Disposer une lame de verre sur la platine du microscope

-Mettre au point sur la lame

- Poser la lentille de rayon de courbure R au centre de la lame. Afin de limiter les risques de détérioration du matériel, positionner l’objectif quasiment contre la lentille puis remonter lentement afin de localiser les anneaux de Newton (franges d’interférence circulaires)

-Amener leur centre au milieu du champ

La difficulté essentielle de cette expérience est de repérer les anneaux, et de faire en sorte que l’anneau central soit sombre. En effet, cela dépend de l’état de surface entre la lentille et la lame, un grain de poussière étant suffisant pour décaler l’ensemble du système de franges.

On a les relations suivantes (voir le détail des calculs en annexe):

$$x^2 \approx 2.R.d$$

Le rayon x_m du $m^{\text{ème}}$ anneau sombre vérifie : $x_m = (m \cdot \lambda_0 \cdot R)^{1/2}$

Faire un tracé de x_m en fonction de $m^{1/2}$ pour plusieurs ordres afin de déterminer avec précision le rayon de courbure R de la lentille. Tracez les barres d’erreur, pour cela vous constaterez que la précision des mesures n’est pas la même et dépend fortement de l’ordre m . Vous en déduirez un encadrement sur R par le tracé de droites extrémales.

Pourquoi les interférences obtenues sont-elles qualifiées de franges d’égale épaisseur ?

- Pour info : banc de test de lentilles et franges d’égale épaisseur avec du liquide savonneux.

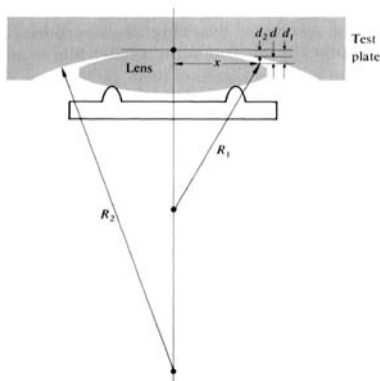


Fig (s)

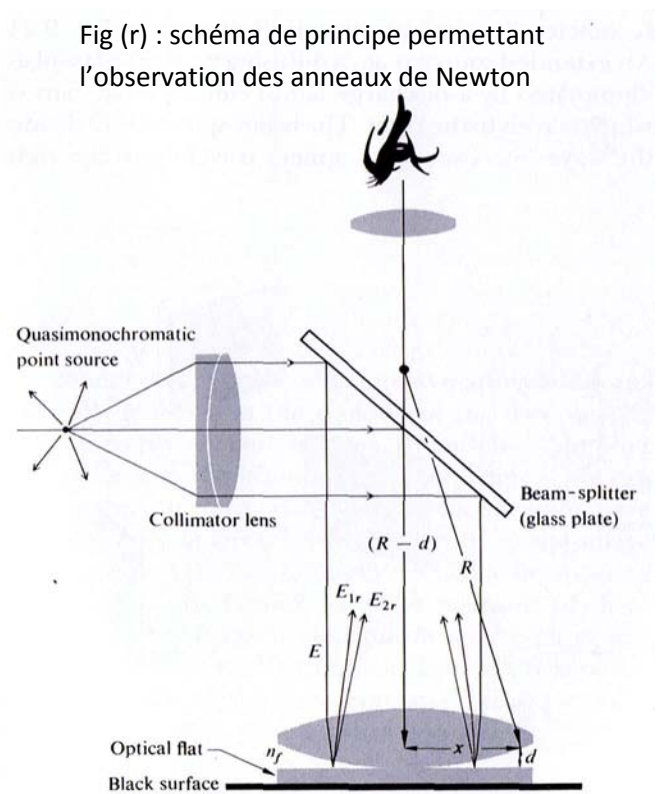
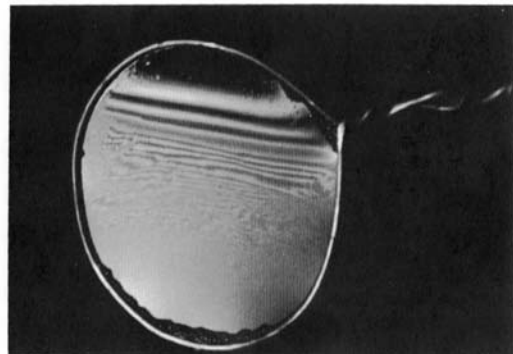


Figure A standard setup to observe Newton's rings.



A wedge-shaped film made of liquid dishwashing soap. (Photo by E. H.)

ANNEXE – Eléments optiques

I – Sources de lumière

Lampes spectrales : elles émettent un spectre de raies caractéristique des atomes qu'elles contiennent. Un flux d'électrons émis par effet thermoélectronique provoque des collisions entre les électrons et les atomes de la vapeur, qui subissent alors des transitions vers des états excités. Leur désexcitation produit la lumière observée.

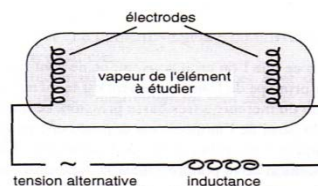


Figure : Schéma d'une lampe spectrale.

Tableau : Longueurs d'ondes des principales raies visibles émises par les lampes spectrales les plus courantes.

Élément	Longueur d'onde (nm)	Couleur
Sodium (Na)	589,00	doublet jaune
	589,59	
Mercure (Hg)	365,02	ultraviolet
	404,66	violet
	435,83	violet
	546,07	vert
	579,07	doublet jaune
Cadmium (Cd)	479,99	bleu
	643,85	rouge
Zinc (Zn)	468,01	bleu
	472,22	bleu
	481,05	bleu
	636,23	rouge
Hydrogène (H)	410,17	violet
	434,05	bleu
	486,13	bleu
	656,28	rouge

Laser He-Ne : Laser est l'acronyme de "Light by Amplification of Stimulated Emission of Radiations".

Le milieu « actif » ou gaz He-Ne est excité par des décharges haute tension ce qui provoque une inversion de population (il y a plus d'atomes dans un état excité qu'au repos). Quelques photons émis de manière spontanée provoquent l'émission stimulée, qui sera amplifiée par les multiples allers-retours dans la cavité.

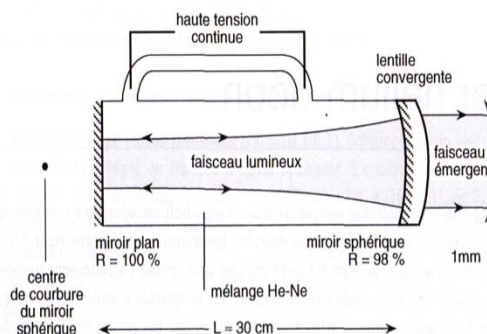


Figure : Schéma du tube d'un laser He-Ne usuel.

La lentille convergente incluse à la sortie du tube permet de réduire la divergence du faisceau.

L'intensité lumineuse n'est pas uniforme dans un faisceau Laser, elle a un profil gaussien.

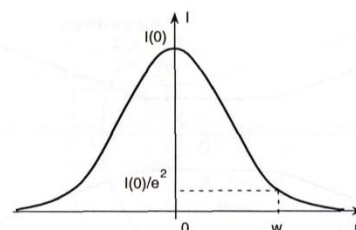


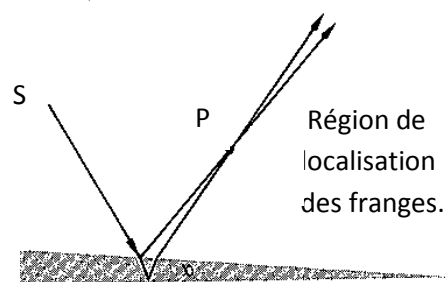
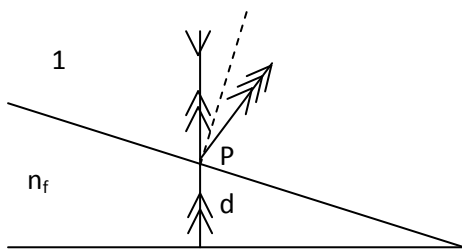
Figure : Intensité du laser dans un plan orthogonal à l'axe du faisceau.

Anneaux de Newton

L'observation des anneaux de Newton est un exemple de phénomène d'interférences par division d'amplitude dont le principe est rappelé ci-dessous.

Principe des interférences par division d'amplitude: exemple du coin de verre

On éclaire un coin de verre avec une onde plane perpendiculairement à la face inférieure du coin.



Rq : le schéma de gauche est simplifié, mais est suffisant pour effectuer le raisonnement présenté ci-dessous. La simplification consiste à ne pas représenter la réfraction des rayons. Par exemple, on a négligé la réfraction du rayon incident (symbolisé par >) à l'interface ($1 \Rightarrow n_f$). Pour mémoire, le schéma de droite, plus réaliste, tient compte de la réfraction, pour un rayon d'incidence faible quelconque

Chaque rayon incident (symbolisé par >) donne naissance à un rayon réfléchi (symbolisé par >>>) sur la surface supérieure et à un deuxième rayon (symbolisé par >>) qui ressort après un aller-retour dans le verre. Ces deux rayons vont interférer à la surface du coin de verre en P sur le schéma. Le déphasage entre les deux ondes qui interfèrent en P est égal à $(2\pi/\lambda)$ multiplié par la différence de chemin optique entre les deux rayons en P qui vaut $2n_f d$. Il faut de plus ajouter un déphasage supplémentaire de π , car toute fonction d'onde doit être multipliée par $e^{i\pi}$ chaque fois que le rayon qui porte l'onde correspondante est réfléchi à une interface du type milieu de faible indice/milieu de fort indice. C'est le cas ici pour la fonction d'onde liée au rayon (>>>) (qui provient de la réflexion du rayon (>) sur une interface d'indices ($1 \Rightarrow n_f$)).

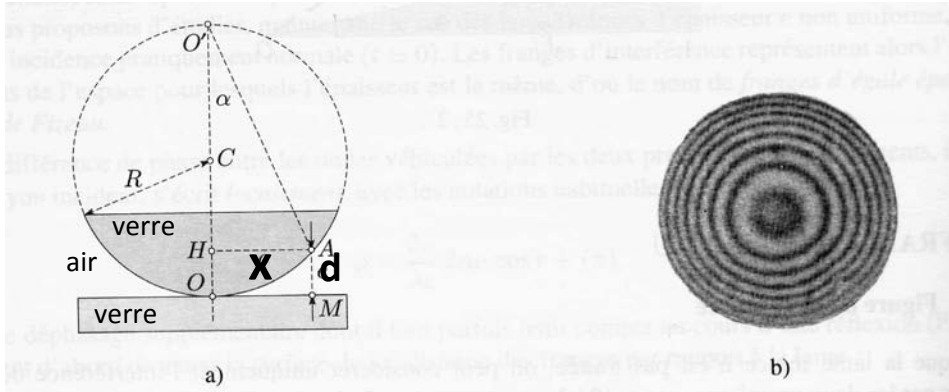
On rappelle la formule donnant l'intensité de la lumière au point P lorsque deux ondes lumineuses 1 et 2 interfèrent en ce point :

$$I(\mathbf{r}) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi(\mathbf{r})) \quad (\alpha)$$

$\varphi(\mathbf{r})$ est le déphasage au point \mathbf{r} entre les ondes 1 et 2. On va voir comment le calculer dans le cas des anneaux de Newton.

Cas des anneaux de Newton

On considère le système suivant : **lame d'air** comprise entre une lentille plan convexe en contact avec la face plane d'une lame de verre (voir fig (a)). Le raisonnement est très similaire au précédent.



$$\tan \alpha = \frac{HA}{O'H} = \frac{OH}{HA} \quad \text{d'où} \quad d(2R - d) = x^2 \quad \text{et} \quad d = \frac{x^2}{2R} \quad \text{puisque } d \ll 2R$$

Par conséquent, en incidence normale, la différence de phase s'écrit ($n_f \sim 1$ pour l'air, $\lambda_f \sim \lambda_0$):

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} 2d + \pi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{x^2}{R} + \pi$$

Le déphasage supplémentaire de π est ici dû à la réflexion du rayon \gg sur l'interface inférieure ($1 \Rightarrow n$)

La symétrie cylindrique du problème donne lieu à des anneaux dits de Newton (voir fig (b)).

Le centre des anneaux est sombre puisque pour $x = 0$, $\varphi = \pi$ (reporter $\varphi = \pi$ dans l'expression (α)),

Les rayons r_m des différents anneaux sombres sont donnés par :

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} 2d_m = 2m\pi$$

$\frac{2\pi}{\lambda_0} \frac{x_m^2}{R} = 2\pi m$ m étant un entier positif. Il en résulte que :

$$x_m = \sqrt{R\lambda_0 m}$$

MACHINES ELECTRIQUES : MOTEURS ET GENERATRICES



MACHINES ELECTRIQUES : MOTEURS ET GENERATRICES

1. Introduction

L'objectif de ce TP est de comprendre le fonctionnement de deux machines électriques très couramment utilisées : les génératrices et les moteurs. Ces dispositifs utilisent des phénomènes et concepts d'électromagnétisme très généraux : forces de Laplace, induction....

2. Force de Lorentz et force de Laplace

2.1.1 Force de Lorentz.

De manière générale, une charge q possédant une vitesse \vec{v} soumise à un champ magnétique \vec{B} subit une force magnétique appelée force de Lorentz \vec{F}_{Lor} :

$$\vec{F}_{\text{Lor}} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$



H. Lorentz 1853-1928 (Pays-Bas)
Prix Nobel 1902

2.2.1 Force de Laplace

La force de Laplace est la force qui s'exerce sur un élément de conducteur filiforme de longueur dl parcouru par un courant i et placé sous un champ magnétique \vec{B} . Elle est une conséquence de la force de Lorentz exercée par le champ magnétique sur les électrons mobiles dans le conducteur. C'est l'interaction permanente des électrons mobiles avec les charges fixes (ions positifs) du conducteur, qui en les maintenant à l'intérieur du conducteur, transmet la force de Lorentz à l'ensemble du conducteur. Cette force a pour expression :

$$d\vec{F}_{\text{Lap}} = i d\vec{l} \wedge \vec{B}$$

L'élément $d\vec{l}$ est orienté algébriquement dans le même sens que i algébrique

Sous forme intégrale, pour un conducteur filiforme entre A et B

$$\vec{F}_{\text{Lap}} = \int_A^B i d\vec{l} \wedge \vec{B}$$



P.S. de Laplace 1749-1827
(France)

3 Moteurs

Nous allons nous intéresser dans cette partie au principe de fonctionnement d'un moteur continu qui fait appel principalement aux notions de couple mécanique exercé sur le rotor par les forces de Laplace vues précédemment dans le paragraphe (la modélisation électrique du moteur fait également appel à la notion d'induction et à la loi de Lenz-Faraday (p13-p15). Nous étudierons deux moteurs appelés moteur série et moteur shunt.

3.1 Principe général de fonctionnement

Faisons circuler (figure 1) un courant dans un système à cadre mobile plongé dans un champ magnétique uniforme.

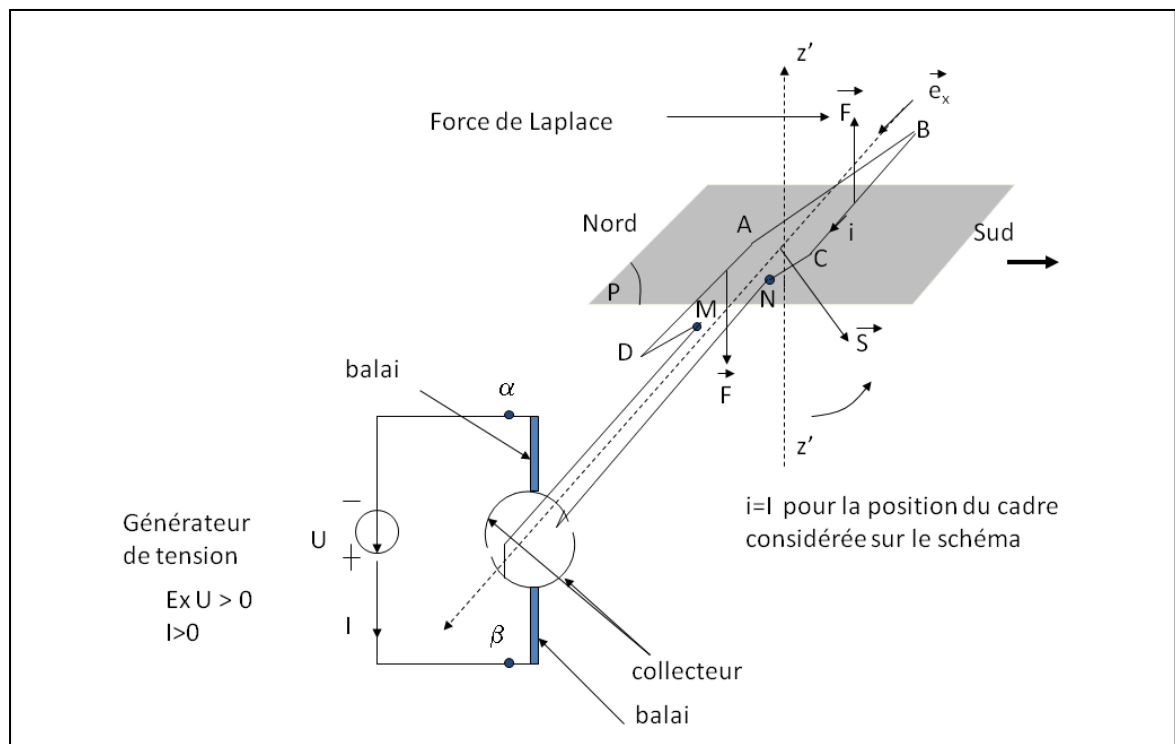


Fig. 1

Le système de deux-demi bagues métalliques isolées entre elles couplées à des contacts frottants appelés balais est nommé collecteur (Fig 2). Il permet de commuter le signe de la tension appliquée aux extrémités du cadre à chaque demi-tour (voir l'annexe pour les différentes positions du collecteur au cours du temps)

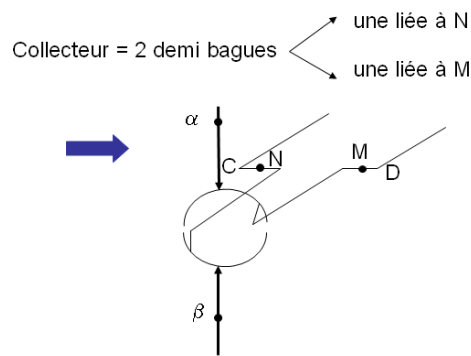


Fig 2.

Les forces de Laplace qui s'exercent sur les brins AD et BC du cadre forment un couple qui tend à faire tourner le cadre (voir le rappel de la définition d'un moment et d'un couple en annexe). Les forces de Laplace qui s'exercent sur les brins AB et DC passent par l'axe de rotation donc sont sans effet d'un point de vue de la rotation. Grâce au collecteur, la tension appliquée au cadre V_{NM} va changer tous les demi-tours : $V_{NM} = \pm U$. Le courant dans le cadre mobile change donc de sens tous les demi-tours. Du coup, les deux forces de Laplace qui s'exercent sur les brins AD et BC sont toujours orientées de sorte à entrainer le cadre dans le même sens au fil du temps. Grâce au collecteur, le couple des forces de Laplace ne change pas de signe au cours du temps. On peut montrer qu'il s'écrit :

$$\vec{\Gamma} = \Gamma \vec{e}_x = SIB |\sin(\Omega t)| \vec{e}_x \quad \text{avec } S = AB \cdot AD \text{ la surface du cadre}$$

Rq) Si on utilisait des bagues collectrices (voir Fig 11) pour alimenter le cadre, le sens du courant serait constant dans le temps et c'est le couple des forces de Laplace qui changerait de signe tous les demi-tours, ce qui empêcherait l'effet moteur (le couple s'exprimerait dans ce cas de la manière suivante : $\vec{\Gamma} = \Gamma \vec{e}_x = SIB \sin(\Omega t) \vec{e}_x$)

Sous l'action du courant injecté par un générateur externe, les forces de Laplace produisent un couple qui met le rotor en mouvement. Il y a conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique.

Une manière intuitive (figure 3) de comprendre la base du fonctionnement du moteur est de considérer que lorsqu'un courant électrique circule dans le rotor celui-ci devient équivalent à un aimant. Le pôle sud de cet aimant est attiré par le pôle nord du champ magnétique horizontal, ce qui entraine la rotation du cadre, qui passe par inertie la position d'équilibre (ligne neutre zz'), puis le sens du courant change dans le rotor, ce qui inverse donc les pôles de l'aimant équivalent. Le pôle nord de l'aimant équivalent est maintenant en regard du pôle nord du stator qui le repousse donc, et ainsi de suite tous les demi-tours.

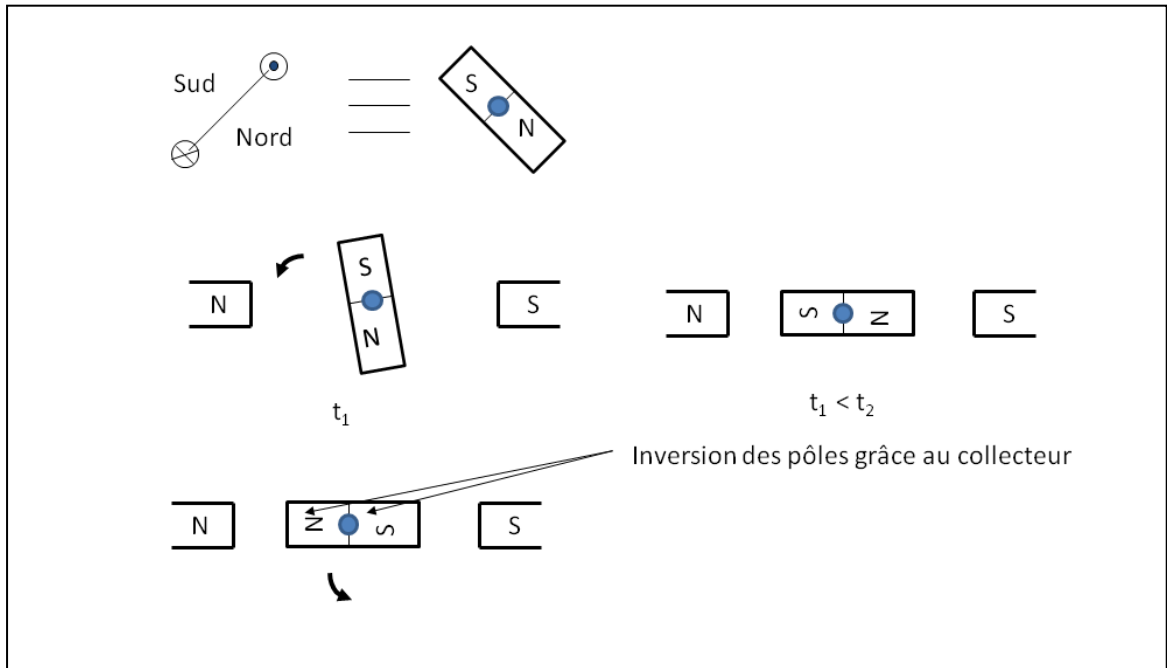


Fig. 3

Dans la pratique, le rotor n'est pas constitué d'un seul cadre mais de plusieurs cadres décalés entre eux d'un certain angle. Cela mène finalement à un couple moteur constant au cours du temps, comme présenté dans la figure suivante (figure 4):

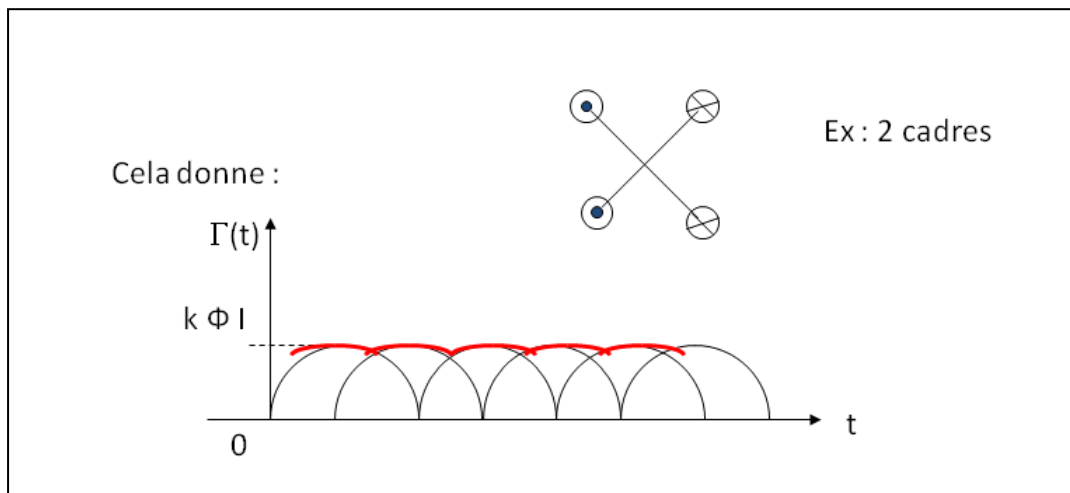


Fig. 4

On peut montrer de manière générale que le couple des forces de Laplace s'écrit:

$$\Gamma = k\phi I \text{ avec } \phi = B.S$$

Avec ϕ le flux créé par le champ magnétique dans une spire, I le courant qui circule dans le rotor et k qui dépend de la géométrie du moteur, du nombre de cadres mobiles constituant le rotor et du nombre de spires par cadre. Ce couple est responsable du mouvement de rotation du rotor.

Sous l'action du courant injecté par un générateur externe, les forces de Laplace produisent un couple qui met le rotor en mouvement. Une fois le rotor en mouvement, on a donc un cadre (ou plusieurs) mobile en rotation dans un champ magnétique. On peut donc reproduire le raisonnement qui sera développé au paragraphe 4 concernant les génératrices. Le flux du champ magnétique à travers le cadre va donc dépendre du temps et d'après la Loi de Lenz-Faraday, une force dite contre-électromotrice va se développer au sein du cadre, qui tend à faire circuler un contre-courant dans le sens opposé de celui injecté par le générateur externe. La somme du courant injecté par le générateur externe et du contre-courant est le courant I défini précédemment. On peut montrer que la force contre-électromotrice qui se développe aux bornes du rotor est :

$$E = k\phi\Omega \quad \text{avec } \Omega \text{ vitesse angulaire de rotation}$$

On peut modéliser (Fig. 5) d'un point de vue électrique la partie rotor du moteur. On note U la tension aux bornes des balais, R la somme des résistances du rotor, des connections et des contacts balais-collecteur. On a :

$$U = E + RI$$

Rq) Dans ce modèle, U , E et I sont algébriques. Le signe de E dépend implicitement du signe de U : E possède le même signe que U et est plus faible en valeur absolue.

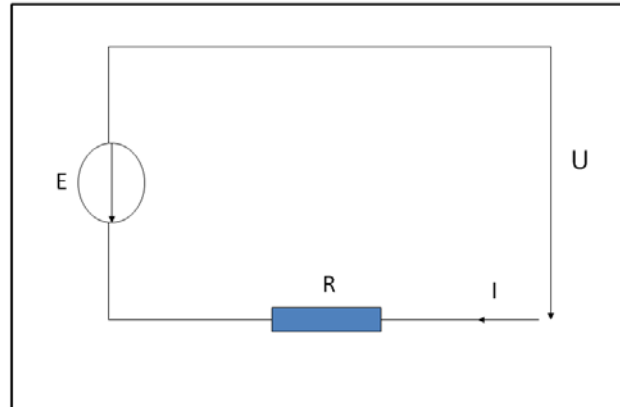


Fig. 5

On peut alors exprimer la vitesse angulaire de la manière suivante:

$$\Omega = (U - RI)$$

Manipulations:

La liste du matériel est la suivante :

- 1 alimentation continue 12V
- 1 ampèremètre
- 1 rhéostat 32 Ω
- 1 planchette de montage
- 1 rotor bipolaire
- 2 aimants permanents
- 2 balais

Les différents éléments et une aide pour effectuer le montage sont présentés en photo dans le fascicule posé sur votre table

Ci-dessous le circuit électrique du montage à effectuer :

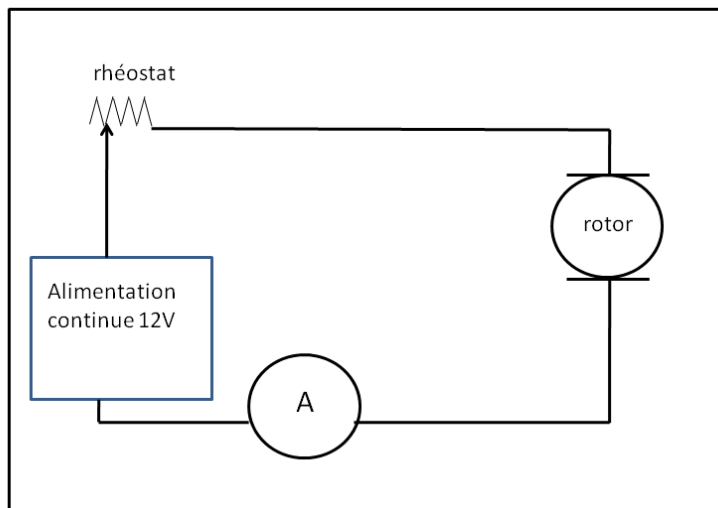


Fig. 6

Un conseil :

Chaque rotor est pourvu de bagues collectrices et d'un collecteur. Les balais fixés dans leurs glissières par un système à ressort assurent le contact électrique avec les bagues ou le collecteur. Il faut manipuler les balais avec précaution. Ils ne doivent être montés que lorsque le porte-balais est bien en place sinon on risque de les endommager. Pour les débrancher, il ne faut pas les tirer par leur câble de connexion qui n'est nullement prévu pour un tel usage.

Manipulations:

Réaliser le montage de la figure. Faire varier la résistance du rhéostat de façon à régler le courant $I = 1,5 \text{ A}$. Utiliser les deux aimants permanents pour créer un champ magnétique stationnaire horizontal dans lequel est plongé le rotor.

- Que se passe-t-il lorsque les balais sont branchés sur les bagues collectrices ? Expliquez
- Que se passe-t-il lorsque les balais sont branchés sur le collecteur ? Expliquez

Dans ce cas, que faut-il modifier pour observer la rotation dans le sens inverse ?

3.2. Moteur Série

Principe:

Dans ce moteur, le rotor et le stator sont alimentés en série par une même source de tension. Le courant dans le stator est noté I' , et est égal à I qui désigne le courant qui circule dans le rotor. Comme B crée par le stator est proportionnelle au courant qui le traverse, il est proportionnel à I ($B=\alpha I$), et donc le flux ϕ ($\phi =B.S$) est proportionnelle à I .

Le schéma du montage est indiqué ci-dessous :

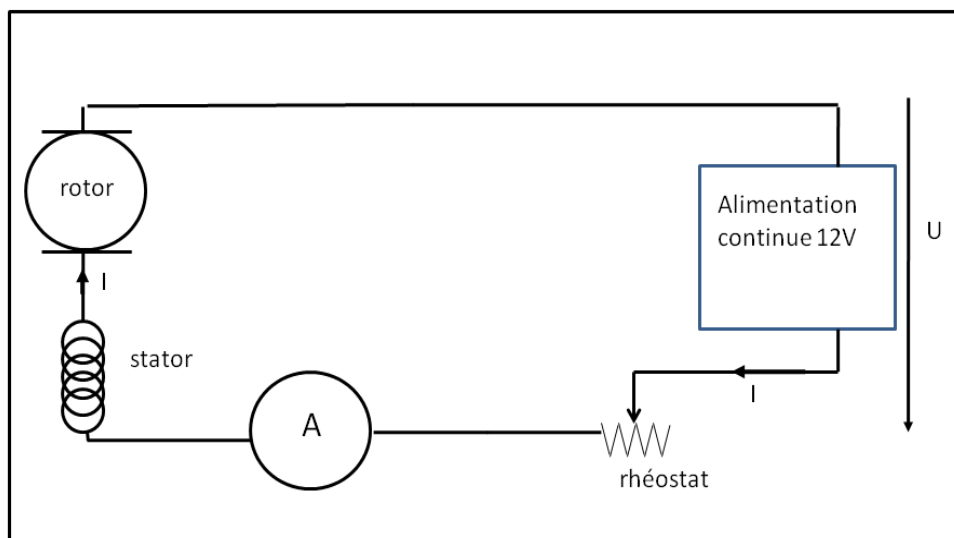


Fig 7

La liste du matériel est la suivante :

- 1 alimentation continue 12V
- 1 ampèremètre
- 1 rhéostat 32 Ω
- 1 planchette de montage
- 4 pièces polaires étroites à tétons (le rôle des pièces polaires, qui servent à guider les lignes de champ magnétique, est détaillé en annexe)
- 4 bobines de 250 spires (1,5 Ω)
- 1 rotor multipolaire
- 2 balais

Les différents éléments et une aide pour effectuer le montage sont présentés en photo dans le fascicule posé sur votre table

Manipulations:

Quelques conseils :

-Le centrage des pièces polaires se fait à l'aide d'un disque placé dans un sens convenable. La bonne marche du montage dépend directement de l'écartement de l'entrefer. On doit se donner la peine de faire un montage bien soigné. Le diamètre du disque de centrage étant légèrement supérieur à celui des rotors, les pièces polaires sont, de ce fait, toujours parfaitement en place. Il n'est pas nécessaire que le disque de centrage tourne librement entre les pièces polaires. Faire l'effort de bien fixer les pièces polaires : il serait dangereux qu'elles se déplacent en cours de manipulation.

-Les tétons sur lesquels sont enfilées les bobines doivent s'appuyer contre la plaque métallique après le montage de la pièce polaire pour assurer la continuité des lignes de champ.

-Les pièces polaires étant fixées, on remplace le disque de centrage par le rotor choisi. A la suite du rotor, on enfle sur l'axe le porte-balais qui a un double rôle : (i) maintenir le rotor à l'aide de la vis pénétrant dans la gorge de l'axe ; (ii) porter les balais par lesquels passera le courant.

Réaliser le montage de la figure 7.

- Donner les expressions particulières du couple en fonction du courant et de la vitesse en fonction du courant. Tracez en graphe de principe représentant ces deux fonctions.

- Comment varie en fonction de la charge le courant total I (pour faire varier la charge, effectuer un freinage manuel en faisant frotter la courroie sur l'axe du moteur)? Expliquez

-Quelles conclusions peut-on tirer sur les variations du couple et de la vitesse sur les propriétés de ce moteur?

-Ce moteur peut-il s'emballer à vide ?

3.3 Moteur Shunt

Principe:

Dans ce moteur, le rotor et le stator sont alimentés en parallèle par une source de tension. Le courant dans le stator noté I' est fixé par la tension U du générateur de tension et la résistance des bobines du stator. Ce courant est indépendant de I , courant qui circule dans le rotor. Comme B est proportionnel à I' ($B = \alpha I'$), le flux ϕ ($\phi = B.S$) est proportionnel à I' et est donc indépendant de I .

Le schéma du montage est indiqué ci-dessous :

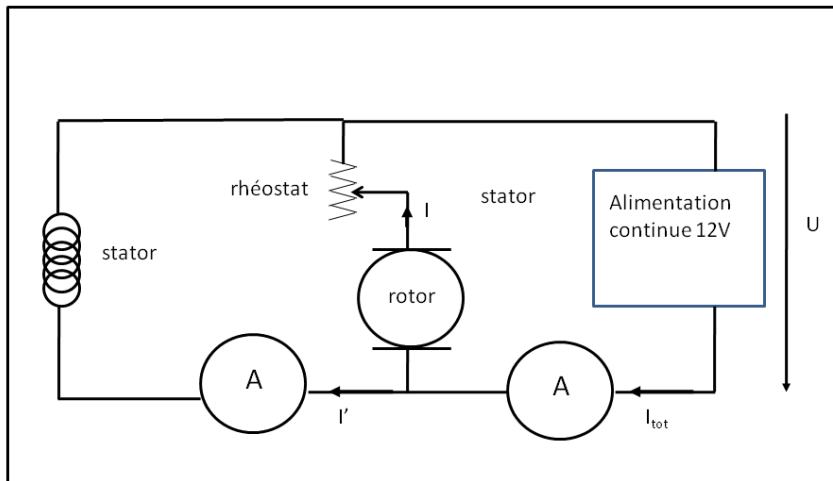


Fig. 8

La liste du matériel est la suivante :

- 1 alimentation continue 12V
- 2 ampèremètres
- 1 rhéostat 32Ω
- 1 planchette de montage
- 4 pièces polaires étroites à tétos
- 4 bobines de 50Ω (1000 spires)
- 1 rotor multipolaire
- 2 balais

Les différents éléments et une aide pour effectuer le montage sont présentés en photo dans le fascicule posé sur votre table

Manipulations:

Réaliser le montage de la figure 8.

- Donner les expressions particulières du couple en fonction du courant et de la vitesse en fonction du courant. Tracez en graphe de principe représentant ces deux fonctions.
- Comment varie en fonction de la charge le courant total et le courant dans le stator (pour faire varier la charge, effectuer un freinage manuel en faisant frotter la courroie sur l'axe du moteur)? En déduire la variation du courant dans le rotor. Expliquez
- Pour une charge donnée, comment peut-on régler la vitesse ?
- Quelles conclusions peut-on tirer sur les variations du couple et de la vitesse sur les propriétés de ce moteur?
- Ce moteur peut-il s'emballer à vide ?

4 Génératrice triphasée

Dans cette partie, nous allons décrire le principe de fonctionnement d'une génératrice de tension, basé sur le phénomène d'induction et la loi de Lenz-faraday. Les applications des ces génératrices liées au phénomène d'induction sont nombreuses et d'une importance considérable. Toute la production de l'énergie électrique est basée sur ce principe. Que ce soit dans les centrales hydrauliques, thermiques nucléaires, ou éoliennes un liquide (l'eau) ou un gaz (vapeur d'eau, air) entraîne mécaniquement une turbine couplée à une génératrice. Le système convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans la vie quotidienne, citons l'exemple des dynamos qui permettent l'éclairage sur les vélos, et les lampe de poches à diodes électroluminescentes « à manivelle ». Dans le cadre de ce TP nous allons nous intéresser à la réalisation d'une génératrice triphasée (qui permettra d'alimenter ensuite un moteur asynchrone triphasé (voir partie 5)).

4.1 Principe de fonctionnement

Principe:

Génératrice monophasée :

Pour commencer, nous nous intéressons d'abord au principe de fonctionnement d'une génératrice monophasée.

Pour simplifier, considérons un cadre avec une spire soumis à un champ magnétique \vec{B} :

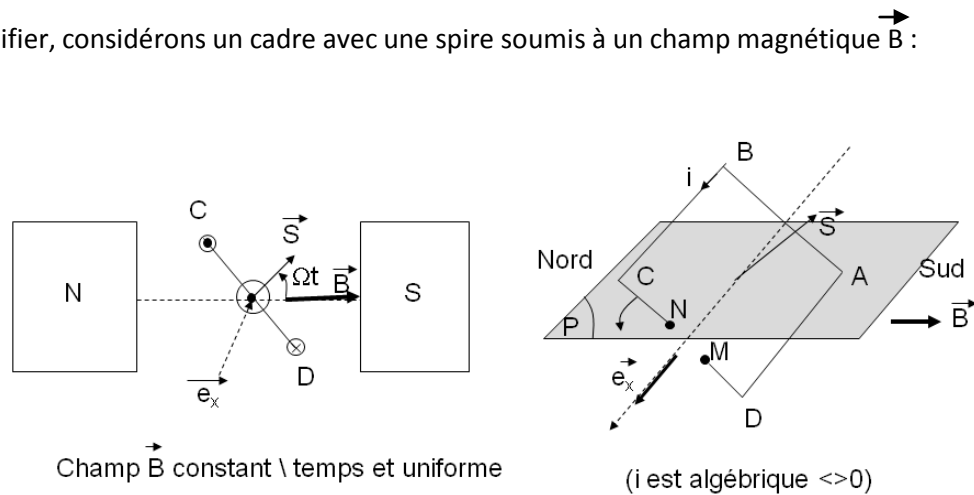


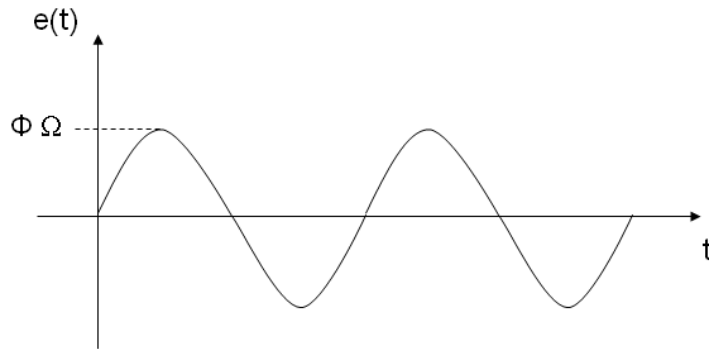
Fig . 9

Supposons que l'on entraîne mécaniquement le cadre à une vitesse angulaire Ω . Orientons arbitrairement le contour du cadre (on oriente \vec{S}). Le flux du champ magnétique ϕ à travers le cadre s'écrit :

$$\phi(t) = \vec{B} \cdot \vec{S}$$

$$\phi(t) = \phi \cos(\Omega t) \text{ avec } \phi = B.S$$

Le flux du champ magnétique à travers le cadre varie au cours du temps. D'après la loi de Lenz-Faraday, il apparaît une force électromotrice induite aux bornes du cadre :



$$V_{NM}(t) = e(t) = -d\phi/dt = \phi\Omega \sin(\Omega t)$$

Fig. 10

On obtient une tension sinusoïdale : Nous avons fabriqué un générateur de tension alternative. Il y a conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique.

On peut récupérer cette tension soit avec 2 bagues collectrices, soit avec un collecteur :

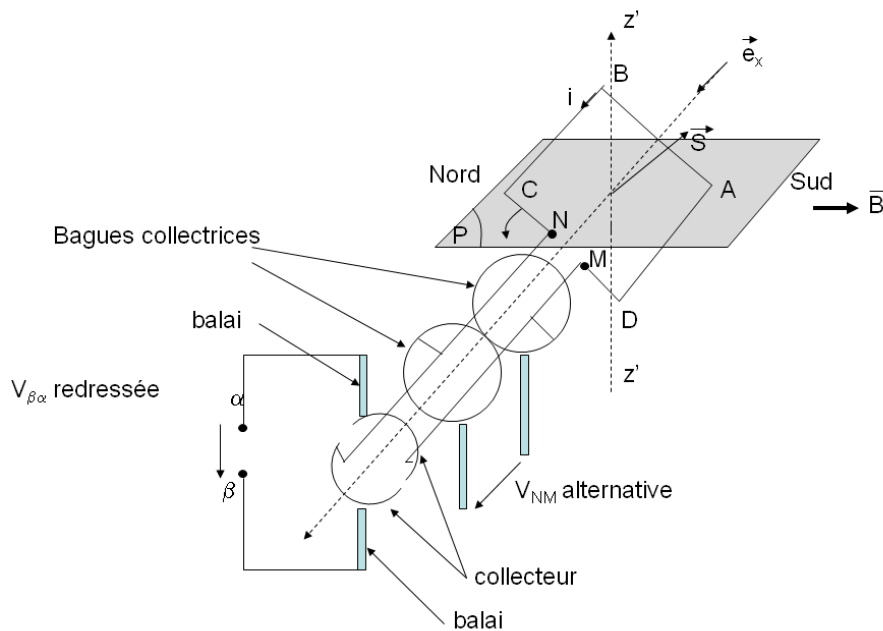


Fig 11

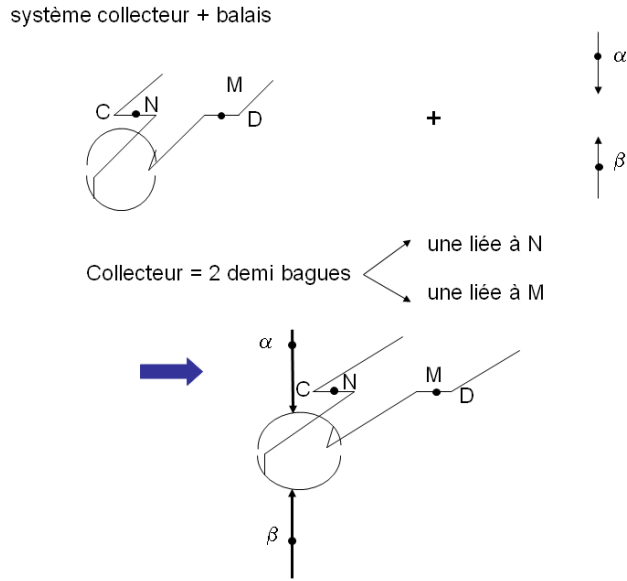


Fig. 12.

Si on utilise (les bagues collectrices +balais), on récupère $V_{NM}(t) = e(t)$ tension alternative (alternateur). C'est le cas qui nous intéresse ici dans l'étude de la génératrice monophasée.

Remarque : Si on utilise le système (collecteur (c'est-à-dire deux demi-bagues conductrices séparées par un isolant) + balais) :

Le système (collecteur+balais) permet d'obtenir une tension $V_{\beta\alpha}(t)$ redressée, c'est-à-dire :

- $V_{\beta\alpha}(t) = e(t)$ pour $e(t) > 0$
- $V_{\beta\alpha}(t) = -e(t)$ pour $e(t) < 0$

(voir l'annexe pour les différentes positions du collecteur au cours du temps)

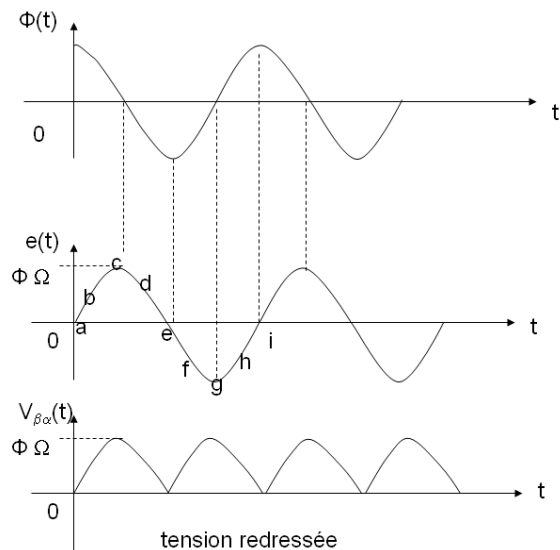


Fig 13

La commutation se fait le long de l'axe zz' qui est la direction du cadre lorsque $e(t)$ s'annule puis change de signe. zz' est la ligne neutre. Dans le cas du moteur vu au paragraphe 3, cette tension récupérée aux bornes du cadre est appelée la force contre électromotrice. Dans la pratique, le rotor comporte un nombre n de cadres avec un nombre de spires N pour chaque cadre, ce qui permet de récupérer une force contre-électromotrice continue au borne du rotor notée E . On a $E=k\phi\Omega$ avec Ω vitesse angulaire de rotation.

Cas de la génératrice triphasée :

Passons maintenant au principe de la génératrice triphasée. Elle comporte 3 cadres portant n spires (bobines) décalés angulairement de 120° (voir Fig 14). Une des extrémités de chaque bobine est connectée en un point appelé le neutre (montage étoile). Ce neutre n'est pas accessible dans notre rotor tripolaire. On entraîne mécaniquement les cadres à une vitesse angulaire Ω dans un champ magnétique produit par un stator. On obtient alors 3 tensions simples v_1, v_2, v_3 entre le neutre et chaque extrémité des bobines qui sont connectées aux bagues collectrices. Ces tensions sont déphasées angulairement de 120° c'est-à-dire déphasées temporellement de $T/3$ (Fig 15).

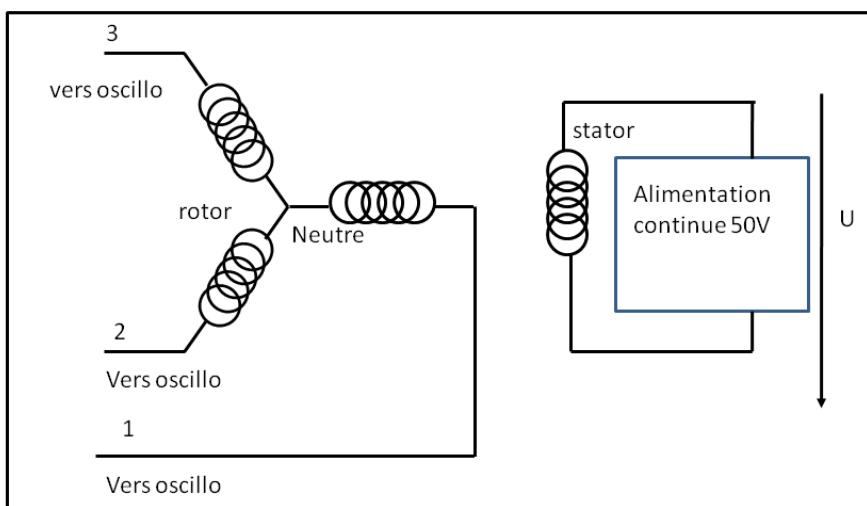


Fig 14

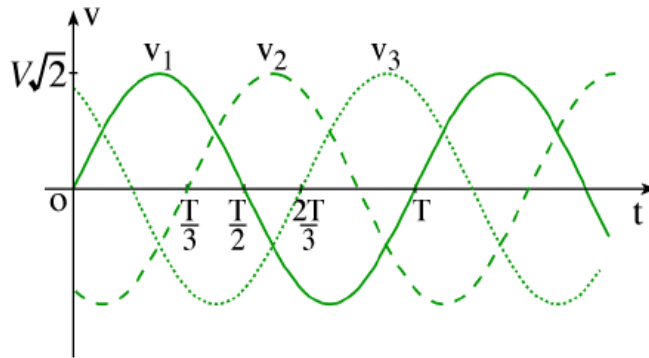


Fig 15

4.2 Manipulations

Dans ce type de génératrice, le champ magnétique est fixe (stator), et le cadre induit est mobile (rotor) entraîné mécaniquement par une source d'énergie mécanique, ici un moteur commercial.

La liste du matériel est la suivante :

- 1 oscilloscope
- 1 alimentation continue à régler à 50Vmax. **Attention ! à utiliser avec les câbles sécurisés**
- 1 planchette de montage+1 moteur commercial (asynchrone triphasé)+1 courroie d'entraînement
- 4 pièces polaires larges à tétons
- 4 bobines de 1400 spires (250 Ω)
- 1 rotor tripolaire
- 3 balais branchés sur les bagues collectrices

Les différents éléments et une aide pour effectuer le montage sont présentés en photo dans le fascicule posé sur votre table

Sur une même base en bois sont disposés un moteur électrique d'entraînement commercial et une planchette-support dont on peut faire varier la distance au moteur. Le moteur électrique d'entraînement est un moteur triphasé de 250W, tournant à une vitesse de 3000 tours/mn. Un interrupteur inverseur permet de le mettre en marche « avant » ou « arrière ». La planchette support est pourvue d'une plaque métallique en forme de couronne, d'un axe en acier et de différentes bornes qui, n'ayant aucune connexion avec l'intérieur servent seulement de relais pour les conducteurs. Des trous filetés pratiqués dans la plaque métallique sont destinés à la fixation des pièces polaires.

Faites tourner le moteur commercial et observer la tension obtenue à l'oscilloscope

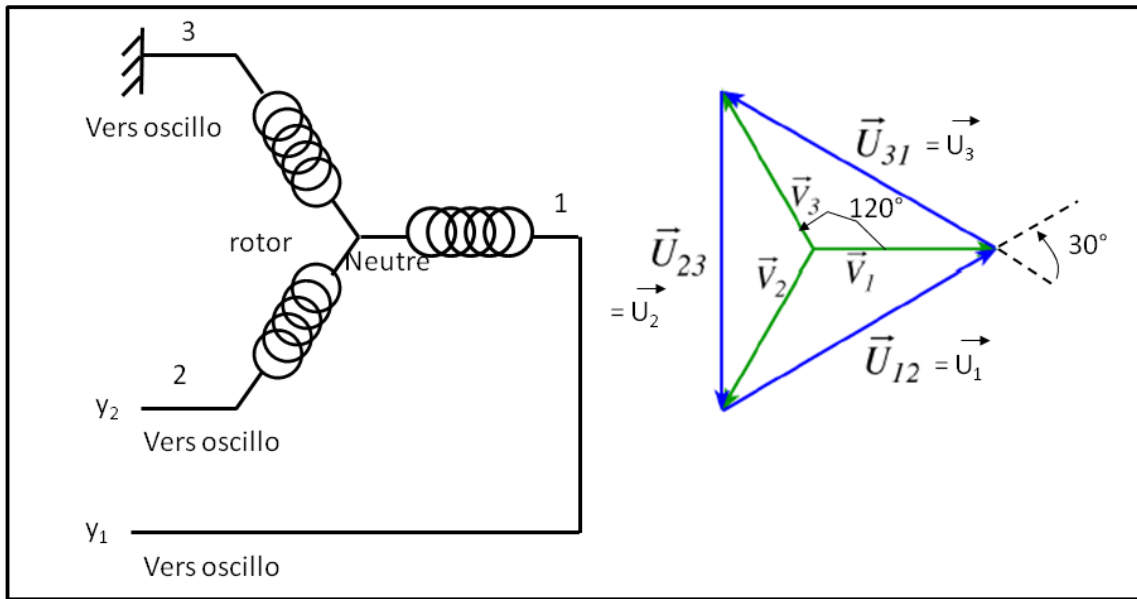


Fig 16

- Mesurer le déphasage entre les tensions
- Comment faire varier l'amplitude de ces tensions ?

5 Moteur Asynchrone

Principe:

Production d'un champ magnétique tournant :

Le stator du moteur asynchrone est constitué de la manière suivante. Il s'agit d'un système de 3 bobines à 120° l'une de l'autre alimentées par des tensions triphasées (déphasées temporellement de $T/3$). Le champ magnétique résultant (voir annexe) est un champ tournant à la vitesse angulaire $\Omega = 2\pi f$ avec f fréquence des tensions triphasées.

Fig 17

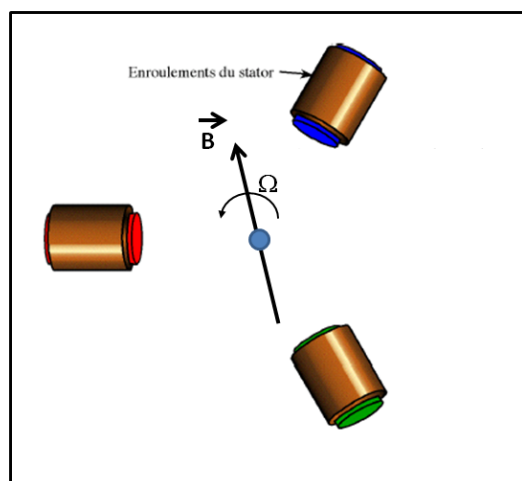
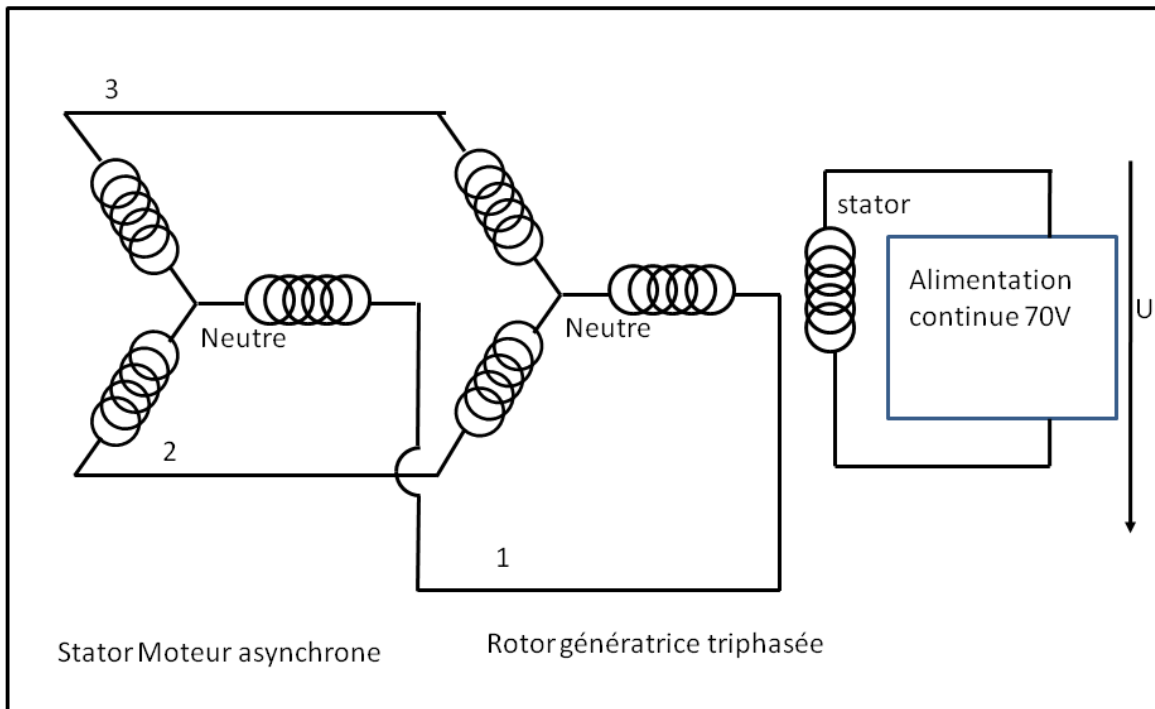


Fig 18



Réaliser le montage électrique de la figure 18 (avec l'enseignant) et placer une boussole au centre du stator pour visualiser la rotation du champ magnétique tournant. Rq : les 3 bobines du stator sont montées en étoile.

- Inverser le sens de rotation du moteur et observer
- Inverser 2 fils de phase au niveau du stator et observer
- Le montage de la figure 18 consiste en un montage étoile pour les bobines du stator. Monter maintenant ces bobines en triangle.
- Inverser le sens de rotation du moteur et observer
- Inverser 2 fils de phase au niveau du stator et observer
- Quel est le montage qui permet en principe de créer le champ magnétique de plus grande amplitude ?

Rotation du moteur asynchrone:

Le rotor d'un moteur asynchrone est le plus souvent « une cage d'écurie » (voir fig 19). Dans la réalité, l'intérieur de la cage est occupé par un matériau ferromagnétique, afin d'optimiser le flux magnétique traversant celle-ci. Cette cage est placée au milieu du champ magnétique tournant.

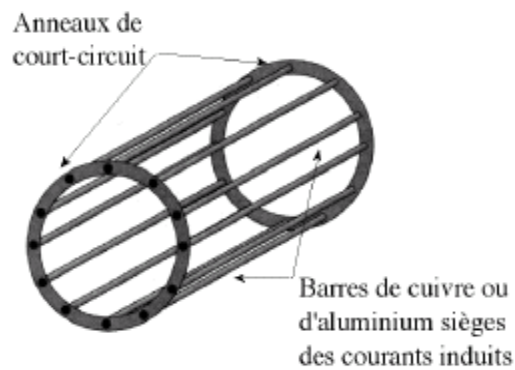


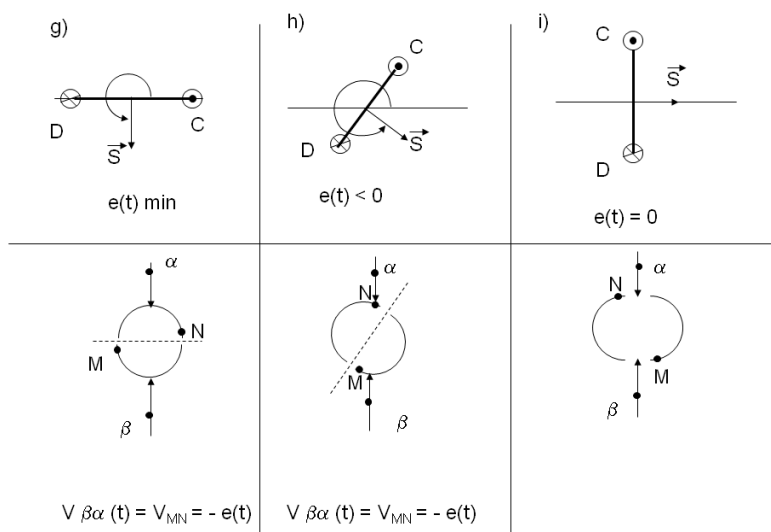
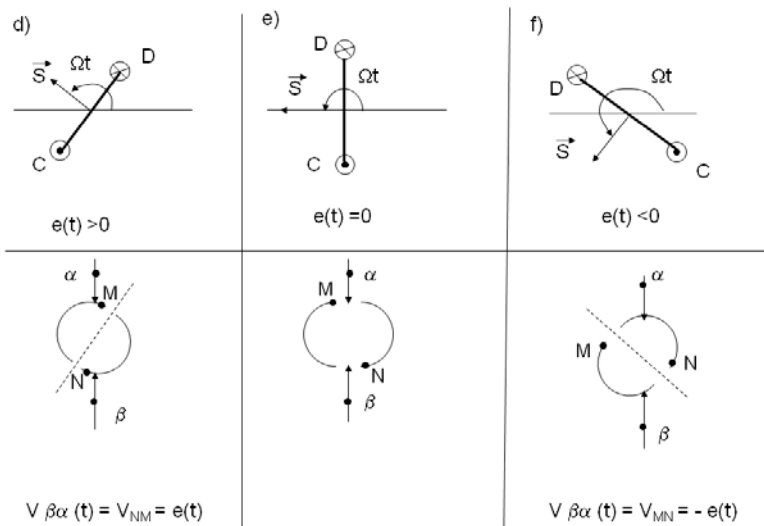
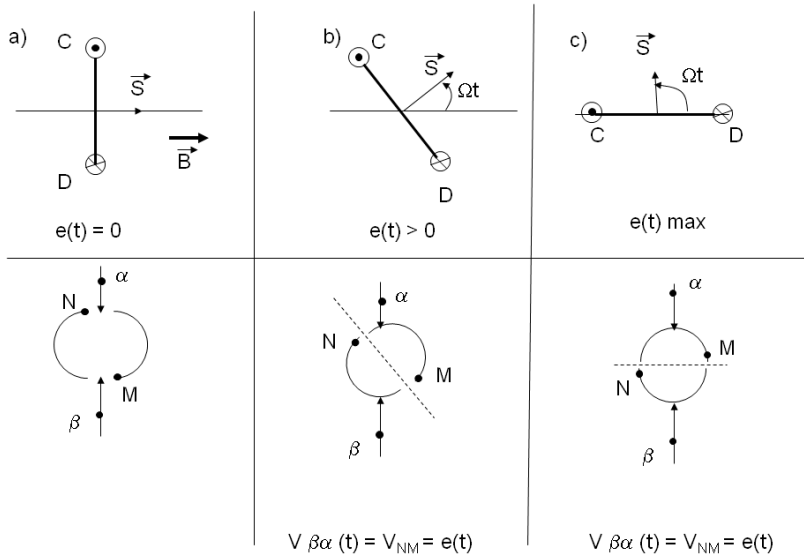
Fig 19

La liste du matériel à utiliser est la suivante :

- la génératrice triphasée précédente
- une plaquette de montage
- 3 pièces polaires larges à tétos
- 3 bobines $1,5 \Omega$ 250 spires
- un rotor à cage d'écureuil

- Expliquer le fonctionnement du moteur asynchrone en considérant pour simplifier que la cage est uniquement constituée de 2 barreaux (cadre simple).
- Pourquoi la vitesse de la cage d'écureuil ne peut elle jamais atteindre la vitesse du champ magnétique tournant ?
- Inverser le sens de rotation du moteur commercial et observer
- Inverser 2 fils de phase au niveau du stator et observer
- Monter les bobines du stator en triangle
- Inverser le sens de rotation du moteur et observer
- Inverser 2 fils de phase au niveau du stator et observer
- Quels sont les différences et les avantages du moteur asynchrone par rapport aux moteurs continus ?

Annexe 1 : Position relative des demi-bagues du collecteur et des balais



Annexe 2
Rôle des pièces polaires : guidage des lignes de champ magnétique

Supposons un bobine (ici 250 spires)



une pièce polaire large à téton



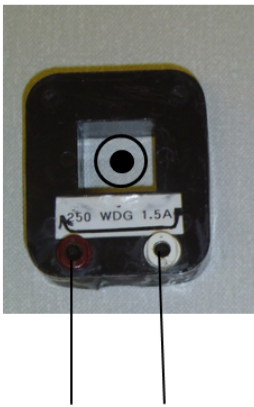
montées comme ci-dessous



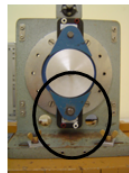
Le rôle de la pièce polaire (qui est en matériau ferro-magnétique) est de canaliser et guider les lignes de champ magnétique

Supposons que le courant qui circule $\rightarrow \odot$ crée un champ B \odot

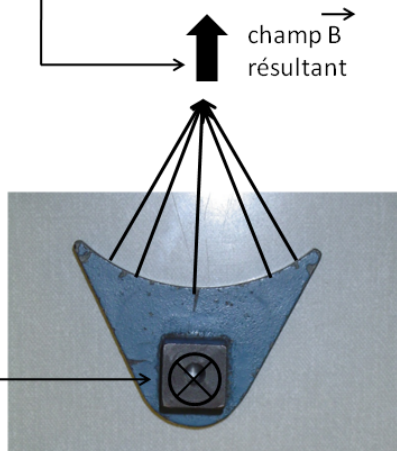
Bobine (ici 250 spires)



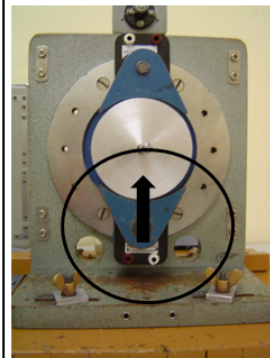
Compte-tenu du montage



Le champ B entrant dans la pièce polaire large à téton est orienté comme ci-dessous et le champ résultant est vertical vers le haut



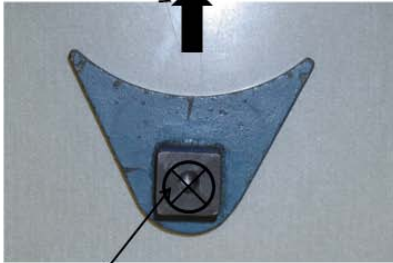
Ce qui donne finalement Un champ magnétique vertical vers le haut pour la pièce polaire inférieure



Inversement, si la pièce polaire ressent un champ magnétique comme si dessous



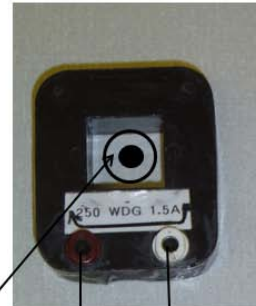
champ B appliqué sur la pièce polaire



champ B sortant de la pièce polaire

Alors le champ B va être transmis à la bobine le long de son axe comme ci-dessous

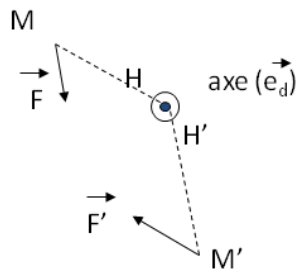
Bobine (ici 250 spires)



champ B ressenti par la bobine

Annexe 3
Moments et couples

a) **Moment** de deux forces appliquées en M et M' par rapport à un axe [(vecteur unitaire \vec{e}_d)]



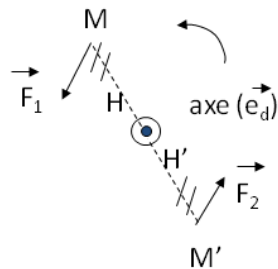
H et H' projetés de M et M' sur l'axe (\vec{e}_d)
(perpendiculairement à l'axe)

$$\vec{\Gamma}_{\text{axe}} = \vec{HM} \wedge \vec{F} + \vec{H'M'} \wedge \vec{F'}$$

b) **Couple**

Ensemble de deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 telle que $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$ et $\Gamma_{\text{axe}} \neq \vec{0}$

Cas particulier : $\vec{HM} = -\vec{H'M'}$



$$\vec{\Gamma}_{\text{axe}} = \vec{HM} \wedge \vec{F}_1 + \vec{H'M'} \wedge \vec{F}_2$$

$$\vec{\Gamma}_{\text{axe}} = (\vec{HM} - \vec{H'M'}) \wedge \vec{F}_1$$

$$\vec{\Gamma}_{\text{axe}} = 2\vec{HM} \wedge \vec{F}_1$$

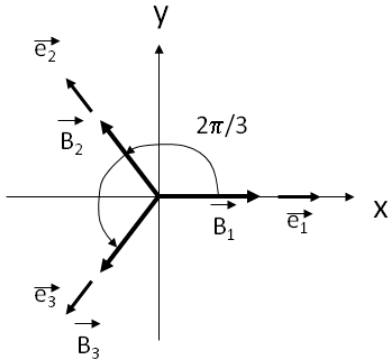
$$\vec{\Gamma}_{\text{axe}} = 2HM F_1 \sin(\vec{HM}, \vec{F}_1) \vec{e}_d$$

$\vec{\Gamma}_{\text{axe}}$ est le moment du couple

Dans notre cas, les forces de Laplace \vec{F} constituent un couple

Annexe 4 Champ magnétique tournant

En alimentant 3 bobines identiques décalées de 120° , par une tension alternative triphasée, on produit 3 champs magnétiques alternatifs. Les 3 champs magnétiques alternatifs produits se composent pour former un champ tournant à l'intérieur du rotor.



Alimentées par de courants triphasés, les bobines créent les champs \vec{B}_1 , \vec{B}_2 , \vec{B}_3 de la forme

$$\begin{aligned}\vec{B}_1 &= B_M \cos \omega t \vec{e}_1 \\ \vec{B}_2 &= B_M \cos (\omega t - 2\pi/3) \vec{e}_2 \\ \vec{B}_3 &= B_M \cos (\omega t - 4\pi/3) \vec{e}_3\end{aligned}$$

Projection sur l'axe Ox

$$B_x = B_M [(\cos (\omega t) + \cos (\omega t - 2\pi/3) \cos (2\pi/3) + \cos (\omega t - 4\pi/3) \cos (4\pi/3))]$$

En utilisant $\cos (a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$
 $\cos (a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$

$$\begin{aligned}\text{et } \cos 2\pi/3 &= -1/2 \\ \sin 2\pi/3 &= \sqrt{3}/2 \\ \cos 4\pi/3 &= -1/2 \\ \sin 4\pi/3 &= -\sqrt{3}/2\end{aligned}$$

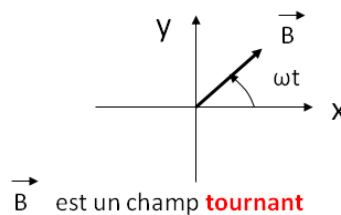
On trouve $B_x = (3/2) B_m \cos \omega t$

Projection sur l'axe Oy

$$B_y = B_M [\cos (\omega t - 2\pi/3) \sin (2\pi/3) + \cos (\omega t - 4\pi/3) \sin (4\pi/3)] = 3/2 B_m \sin \omega t$$

donc

$$\begin{aligned}\vec{B} & \left| \begin{aligned} B_x &= (3/2) B_m \cos \omega t \\ B_y &= (3/2) B_m \sin \omega t \end{aligned} \right.\end{aligned}$$



III) CONTACTEURS

CONTACTEURS

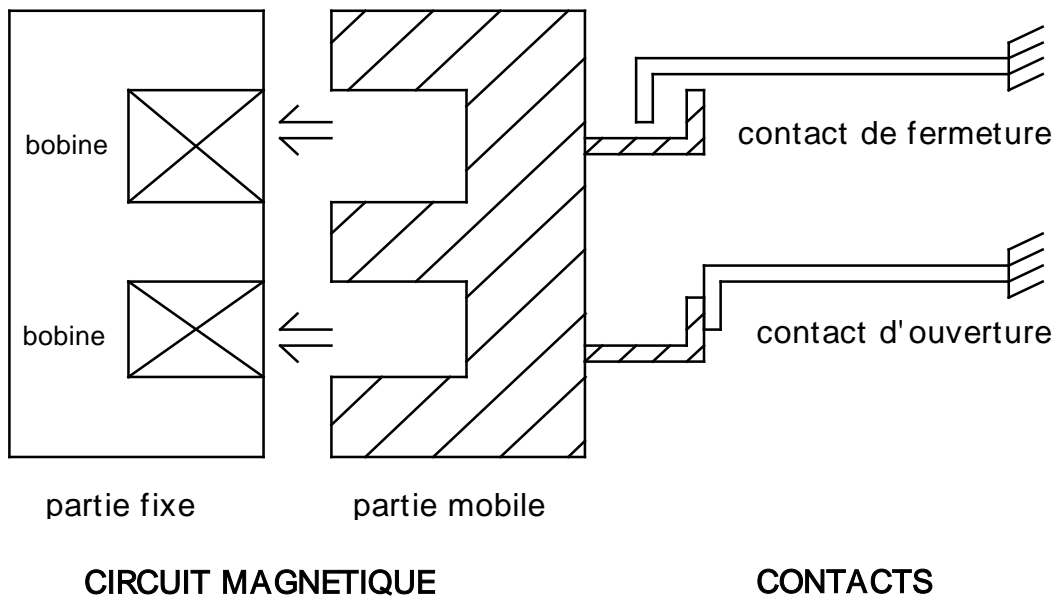
BUT DU T.P.

- Première prise de contact avec du matériel d'électrotechnique.
- Utilisation de contacteurs pour commander rapidement et à distance l'alimentation d'un moteur triphasé pouvant fonctionner dans les deux sens de marche.

I DESCRIPTION D'UN CONTACTEUR

Un **contacteur** est composé d'une partie fixe (une bobine d'induction ainsi qu'une pièce polaire) et d'une pièce mobile à laquelle sont liés mécaniquement divers **contacts**.

Représentation schématique :



Lorsque la bobine d'induction est alimentée, la partie fixe du circuit magnétique joue le rôle d'aimant et attire instantanément la partie mobile. Quand l'alimentation de la bobine cesse, un ressort provoque la séparation rapide de ces deux parties.

En rendant les parties mobiles de divers contacts solidaires mécaniquement de la partie mobile du circuit magnétique d'un contacteur on peut obtenir l'ouverture ou la fermeture de ces contacts.

II UTILISATION D'UN CONTACTEUR

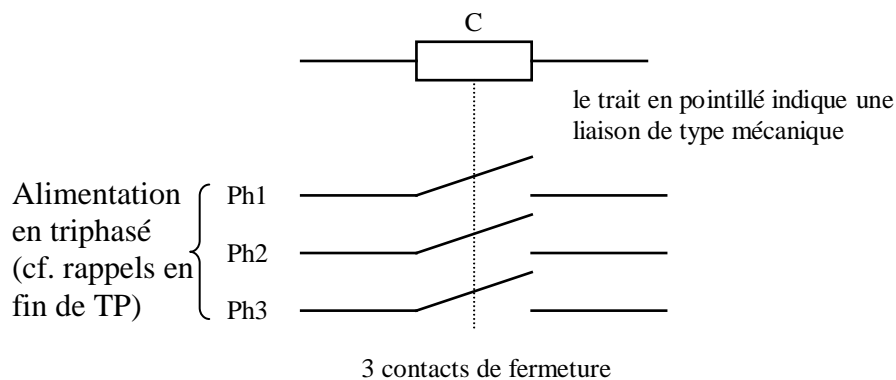
L'emploi des contacteurs s'imposera dans les cas suivants :

- une commande rapide (cas de circuit demandant une puissance élevée ou présentant une self inductance).
- une commande à distance (cas de machine outil, ascenseur,...)

Le circuit d'alimentation de la bobine d'induction du contacteur ne consomme qu'une faible puissance (quelques watts) : on l'appellera **circuit de commande**.

Le circuit d'alimentation du moteur consomme une forte puissance : on l'appellera **circuit de puissance**.

III REPRESENTATION D'UN CONTACTEUR

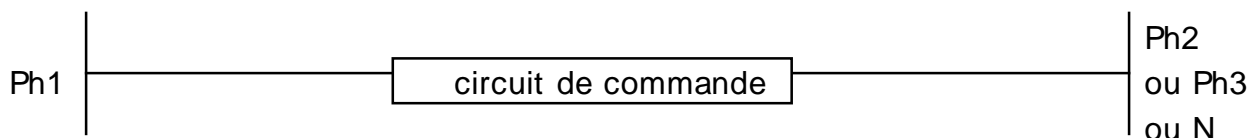


IV PRINCIPE D'ETABLISSEMENT DES SCHEMAS

Les circuits de puissance et de commande seront représentés séparément et ne donneront lieu qu'à des schémas de principe.

IV.1 CIRCUIT DE COMMANDE :

dessin en traits fins continus, sous forme claire le plus souvent rectiligne et horizontale, l'alimentation du circuit de commande étant représenté par deux traits verticaux extrêmes.



IV.2 CIRCUIT DE PUISSANCE :

l'ensemble du câblage se dessine en traits épais.

V MANIPULATION

V.1 CIRCUIT DE COMMANDE.

V.1.1 Préliminaires.

Vous pouvez activer les différents contacts de façon mécanique sans avoir à alimenter la bobine du circuit de commande.

Commencez par reconnaître à l'aide d'un ohmmètre les fonctions des divers organes du montage : contact d'ouverture, contact de fermeture...

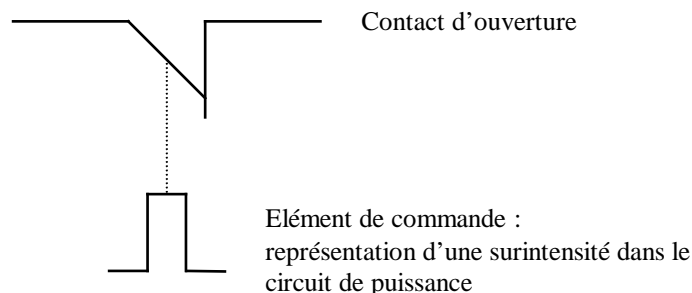
Faites un schéma pour chaque cas suivant (vous utiliserez les symboles graphiques qui vous sont proposés en annexe) :

- l'alimentation de la bobine cessera si l'opérateur n'agit plus
- l'alimentation de la bobine devra se conserver même si l'opérateur n'agit plus (un contact auxiliaire dit "maintien" doit prendre le relais du bouton pressoir)
- la coupure de l'alimentation de la bobine demandera l'intervention de l'opérateur (bouton-poussoir "Arrêt")
- un courant trop intense dans le circuit de puissance devra provoquer la coupure de l'alimentation de la bobine. On utilise pour cela un relais thermique de protection.

Principe du relais thermique de protection :

lors de l'apparition d'une surintensité dans le circuit de puissance, la dilatation des contacts sous l'effet de la chaleur provoque l'ouverture d'un contact dans le circuit de commande. L'opérateur devra "réarmer" cet élément après diagnostic de la panne, sinon l'opérateur ne pourra exécuter une autre manoeuvre. Dans le cas de la manipulation, le réarmement est automatique.

En circuit de commande ce contact se représentera :



V.1.2 Réalisation du câblage.

Pour éviter de travailler en 380 V (tension entre deux phases du secteur) ou en 220 V (tension entre une phase du secteur et le neutre), tensions trop élevées, on utilisera un transformateur triphasé branché au primaire sur le secteur, qui donnera au secondaire une tension d'utilisation plus faible.

Mesurer en **présence d'un enseignant** la tension entre terre et neutre, la tension entre chacune des trois phases et le neutre, puis la tension entre deux des trois phases en amont et en aval du transformateur.
ATTENTION : utilisation de fiches protégées et d'un relais.

L'alimentation du circuit de commande sera faite entre le neutre et une phase. On veut pouvoir commander deux contacteurs C_1 et C_2 . La commande de l'un des deux devra empêcher la commande de l'autre (verrouillage électrique). La commande de C_1 empêchera celle de C_2 si un contact à ouverture de l'équipage de C_1 est placé en série avec la bobine du circuit de commande de C_2 et inversement.

Faire un schéma du circuit de commande général.

La liaison mécanique entre les éléments sera seulement symbolisée par une lettre : ainsi C_1 à côté d'un contact indiquera qu'il est solidaire de l'équipage mobile du contacteur C_1 .

Réaliser ce câblage.

V.2 CIRCUIT DE PUISSANCE

V.2.1 Réalisation du câblage

Un moteur triphasé sera alimenté entre phases (montage triangle entre les trois phases). Le neutre n'est pas nécessaire. Nous obtenons ainsi un sens de marche.

Faire un schéma comprenant un contacteur et un moteur.

Réaliser le schéma qui permettra l'inversion du sens de marche par simple commutation de deux phases.

Un verrouillage électrique entre les deux contacteurs utilisés est-il nécessaire? Justifier.

Pour terminer, vous réaliserez le schéma complet du circuit de puissance en rajoutant les éléments de commande des deux relais thermiques (un élément de commande par phase pour chacun des deux relais) et un sectionneur porte-fusibles (un pôle par phase) capable de couper l'alimentation générale.

Représenter aussi le schéma des circuits de commande des contacteurs.

Réaliser le câblage complet (circuits de puissance et de commande). N'oubliez pas les verrouillages. Faites vérifier avant de procéder aux essais.

V.3 MOTEUR

Les trois enroulements du moteur sont montés en triangle.

Mesurer la résistance de chaque enroulement.

CONTACTEURS

Symboles Graphiques

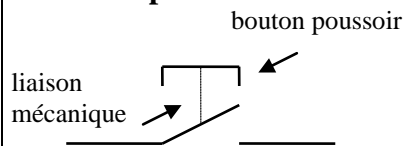
Les contacts se représentent toujours en position repos.

- trait plein : liaison électrique
- trait pointillé : liaison mécanique

Contact de fermeture "F"

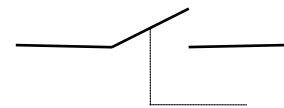


Contact de fermeture commandé par un bouton poussoir



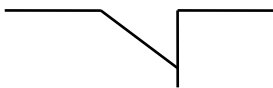
Contact de fermeture commandé par un autre élément

ex : contact de maintien

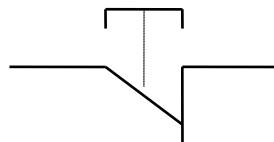


↑
liaison mécanique vers l'autre élément en question

Contact d'ouverture "O"

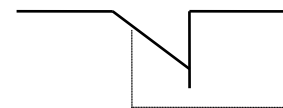


Contact d'ouverture commandé par un bouton poussoir



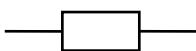
Contact d'ouverture commandé par un autre élément

ex : relais thermique et contact "O" de sécurité

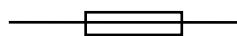


↑
liaison mécanique vers l'autre élément

bobine



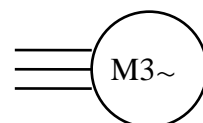
fusible



porte-fusible



moteur triphasé

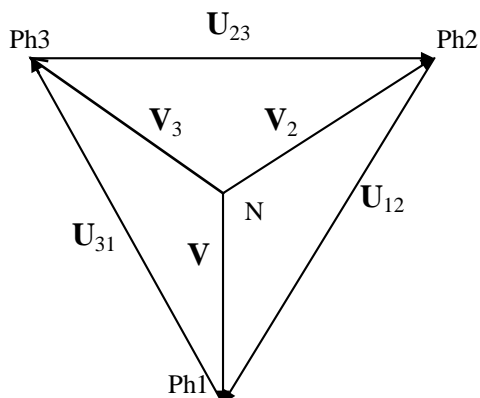


RAPPELS

Secteur triphasé

Les tableaux de distribution électrique permettent de disposer dans les salles de T.P. de tensions alternatives triphasées 220 V ou 380 V : tension 220 V entre borne Neutre et borne Phase ou tension 380 V entre deux bornes Phase. La différence de potentiel entre la borne Neutre et la Terre est généralement faible.

Les tensions entre borne Neutre et bornes Phase ont la même valeur absolue 220 V mais sont déphasées l'une par rapport à l'autre de $\frac{2\pi}{3}$ suivant le schéma suivant.



$$\begin{aligned}U_{12} &= V_1 - V_2 \\U_{23} &= V_2 - V_3 \\U_{31} &= V_3 - V_1\end{aligned}$$

En utilisant la représentation vectorielle des différentes tensions, vérifier que :

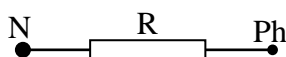
- le rapport entre une tension Phase-Neutre et une tension Phase-Phase est égal à $\frac{1}{\sqrt{3}}$,
- le déphasage entre les tensions U_{12} , U_{23} et U_{31} est encore de $\frac{2\pi}{3}$.

Utilisation de tensions triphasées

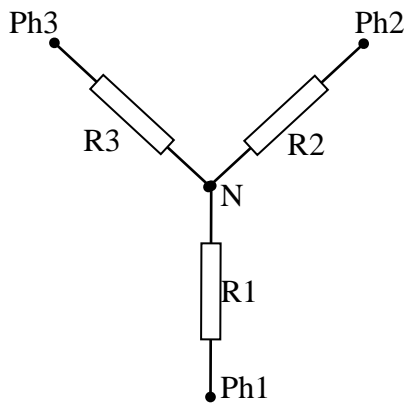
On peut utiliser ces sources de tension de différentes manières :

1. montage monophasé 220 V : entre Neutre et l'une des Phases (2 bornes).
2. montage triphasé 220 V : montage en étoile entre le Neutre et les trois Phases (4 bornes).
3. montage triphasé 380 V : montage triangle entre les trois Phases (3 bornes).

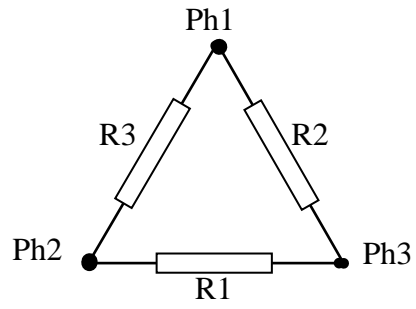
R, R1, R2, R3 sont des récepteurs



1



2



3

Dans le cas du montage en triangle, calculer en fonction de R_1 , R_2 , R_3 la résistance équivalente au dipôle Ph_1, Ph_2 . Mesurer cette résistance dans le cas du moteur. En déduire la résistance d'un enroulement sachant que les trois enroulements sont identiques