1.1 TSI CCS 2015, statique des fluides (ballon solaire)

source : exemples officiels CCS 2015 TSI

Le ballon solaire est un aérostat semblable à la montgolfière sauf qu'il n'utilise pas de brûleur, ni aucune autre source de chaleur exceptée celle fournie par le soleil.
Les objectifs d'un vol de ballon solaire sont très variés. Cela peut aller du simple plaisir de le voir voler, jusqu'à l'expérience embarquée avec radio-transmission des données et suivi du ballon par GPS, en passant par la traditionnelle photographie aérienne. Certaines personnes utilisent même leur ballon pour s'élever dans les airs. (source texte et image : Wikipédia)

On étudie dans la suite divers aspects liés aux ballons solaires : caractéristiques du vol, mesures... On effectue les hypothèses simplificatrices suivantes :

- l'atmosphère est supposée au repos, isotherme de température T ;
- le ballon et sa charge constitue le système étudié, de masse m ;
- le rayonnement solaire maintient le gaz à l'intérieur de l'enveloppe du ballon à la température $T_i > T$;
- l'enveloppe du ballon est indéformable et ouverte sur l'extérieur ;
- l'air ambiant exerce sur le système une force de trainée $\vec{F} = \alpha \vec{v}$ ou $\vec{v}$ est la vitesse du ballon.

1. Pourquoi le ballon peut-il voler ?

2. Déterminer l'équation différentielle du mouvement et sa solution.

3. Le ballon embarque un capteur de pression. Que mesure-t-il au cours de son ascension, supposée verticale ?

Dans le but de réaliser un ballon de grande taille, on étudie le comportement dynamique d'un modèle réduit construit à l'échelle de sorte que les valeurs du coefficient α soient les mêmes dans les deux cas. On mesure la vitesse de la chute du modèle réduit, de masse $m = 485\,\mathrm{g}$. Après une phase d'accélération, cette vitesse se stabilise à $v = 1.5\,\mathrm{m/s}$. Le ballon est initialement rempli d'air à la température T.

4. En déduire la valeur de α. Pourquoi est-il intéressant d'estimer α ?

5. En pratique le ballon solaire ne peut dépasser une altitude limite. Expliquer et estimer cette altitude limite.

On donne : constante des gaz parfaits $R = 8.314\,\mathrm{J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}}$, masse molaire de l'air $M = 29\,\mathrm{g \cdot mol^{-1}}$, température de l'atmosphère $T = 10°\mathrm{C}$, température à l'intérieur du ballon chauffé par le soleil $T_i = 30°\mathrm{C}$. Le candidat peut être amené à employer des grandeurs non listées ici.

1.2 TSI CCS 2015, électromagnétisme (laser mégajoule)

source : odt 2015 planche 125, énoncé très probablement incomplet : devrait être plus long, ou alors c'est un exercice supplémentaire

Le sujet décrit le principe de fonctionnement du laser MegaJoule, situé en Gironde. Le texte compte une dizaine de lignes et l'examinateur laisse du temps au candidat pour le lire soigneusement.
Les informations importantes sont : 264 lasers concentrent leurs rayons vers une cible. L'énergie de ces 264 lasers est $E = 1.8\,\mathrm{MJ}$ et le temps d'émission est $t = 4\,\mathrm{ns}$. On considère les rayons laser comme des OPPM et on appelle S leur section, qui correspond à un disque de $10\,\mathrm{mm}$ de diamètre.

1. Calculer l'amplitude du champ électrique et magnétique associés à chaque faisceau laser.

2. Les cibles sont des atomes de deutérium et de tritium (ce sont des isotopes de l'hélium). Ces éléments sont-ils ionisés sous l'effet des lasers ?

On donne $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\,\mathrm{H/m}$.

1.3 PSI CCS 2017, électronique (filtre passe-haut)

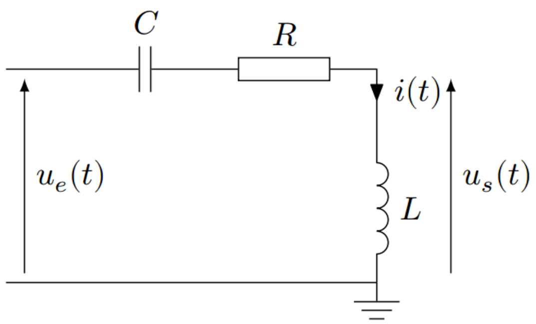
source : exemples officiels CCS 2017 PSI

On cherche à traiter un signal électrique proche de 300 Hz, comportant un bruit à 50 Hz que l'on veut filtrer. Plus précisément, on souhaite construire un flitre passe-haut présentant une atténuation importante à $f_1 = 50\,\mathrm{Hz}$ ($G_{\mathrm{dB}}(f_1) \leq -20\,\mathrm{dB}$), mais la plus faible possible à $f_2 = 300\,\mathrm{Hz}$ ($G_{\mathrm{dB}}(f_2) \geq -0.5\,\mathrm{dB}$).

1. Tracer le gabarit du filtre. Un filtre passe haut du premier ordre peut-il convenir ? Justifier.

On considère maintenant un filtre passe haut RLC du second ordre, constitué d'une résistance R, d'un condensateur de capacité C et d'une bobine d'inductance L.

Sa fonction de transfert s'écrit $\underline{H} = \dfrac{-x^2}{1 - x^2 + \mathrm{j}\frac{x}{Q}}$ avec $x = \omega/\omega_0$.



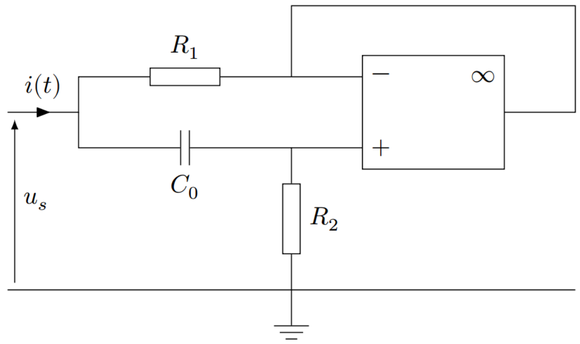
2. Déterminer l'expression de ω_0 et de Q en fonction de R, L et C.

3. Afin d'éviter les distorsions de signal, on souhaite $Q = 1/\sqrt{2}$. Déterminer ω_0, puis la valeur minimale de L sachant que $C \leq 10^{-6}\,\mathrm{F}$.

Commenter le résultat obtenu.

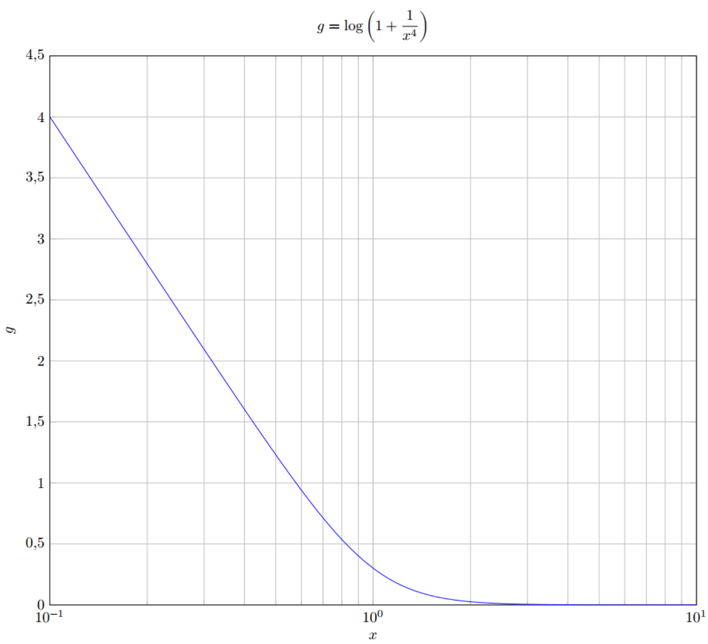
On exploitera la courbe donnée en annexe, représentant la fonction $g(x) = \log(1 + 1/x^4)$ en fonction de x.

Plutôt que d'utiliser une bobine, on décide de simuler une inductance avec un montage à ALI, supposé idéal :



4. Montrer que l'on a la relation $R_1 C_0 \mathrm{j}\omega\, \underline{u}_s + \underline{u}_s = R_1 R_2 C_0 \mathrm{j}\omega\, \underline{i} + R_1\, \underline{i}$.

5. Déterminer C_0, R_1 et R_2 pour que le montage ci-dessus convienne ($C_0 \leq 10^{-6}\,\mathrm{F}$).



1.4 Mesure de longueur d'onde à l'aide du dispositif des trous d'Young

On dispose de trous d'Young, d'un laser de longueur d'onde $\lambda_0 = 633\,\mathrm{nm}$ connue avec précision, d'un écran, d'une lentille, et d'un second laser dont on souhaite déterminer la longueur d'onde. Proposer un protocole permettant de réaliser cette mesure. On détaillera le dispositif expérimental, les mesures à effectuer, et les calculs nécessaires pour les exploiter.

> Les trois exercices qui suivent portent sur les moteurs électriques (à courant continu, asynchrone et synchrone). On fera probablement le premier en classe. Les deux autres sont là si vous souhaitez réviser ces points du programme.

1.5 Induction (moteur à courant continu)

On étudie un moteur à courant continu, avec lequel on réalise différents essais :

- Essai 1 : Alimenté sous une tension $U_1 = 200\,\mathrm{V}$ et avec une charge sur l'arbre moteur égale à la charge nominale, le moteur tourne à $\Omega_1 = 1500\,\mathrm{tour}\cdot\mathrm{min}^{-1}$ avec un courant d'induit $I_1 = 4.2\,\mathrm{A}$.
- Essai 2 : Sans charge sur l'arbre moteur (donc à vide), la même vitesse de rotation est atteinte avec une tension $U_2 = 143\,\mathrm{V}$ et un courant d'induit $I_2 = 0.19\,\mathrm{A}$.
- Essai 3 : Démarrage du moteur avec charge nominale : il faut $\Delta t = 2.8\,\mathrm{s}$ pour atteindre 90% de la vitesse de rotation du régime permanent.

On rappelle par ailleurs que :

- l'action des forces de Laplace sur le rotor produit un couple moteur, dit couple électromagnétique, donné par $\Gamma_{em} = Ki$ avec i le courant dans l'induit et K une constante qui caractérise le moteur utilisé (et qui est proportionnelle à l'intensité du champ magnétique produit par l'enroulement statorique) ;
- la rotation du rotor entraine dans le champ magnétique fixe créé par l'enroulement statorique entraine la création d'une force électromotrice e, que l'on prendra en convention générateur dans le schéma électrique équivalent du moteur.

On note R la résistance de l'enroulement de l'induit, U la tension d'alimentation de l'induit, et J le moment d'inertie du rotor et de l'arbre par rapport à son axe de rotation.
Enfin, on note $\Gamma_{r,\mathrm{vide}}$ le couple résistant lorsque le moteur tourne à vide, et $\Gamma_{r,\mathrm{n}}$ le couple résistant lorsque le moteur tourne avec une charge nominale. On note ce même couple Γ_r pour un régime quelconque.

1. Rappeler la relation existant entre la puissance mécanique des forces de Laplace et la puissance électrique associée à la fem e.

L'utiliser pour en déduire une expression de e en fonction de K et de la vitesse de rotation ω.

2. Écrire l'équation électrique associée à l'induit.

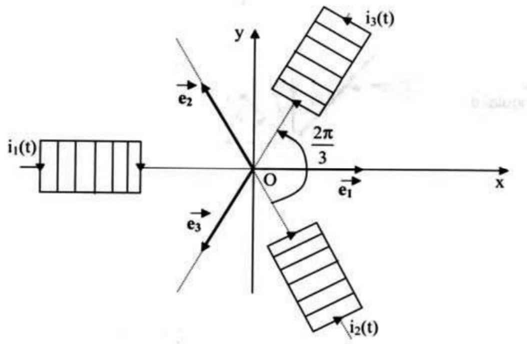
Écrire l'équation mécanique associée à la rotation de l'arbre.

3. Exploiter les différents essais pour déterminer la valeur de la résistance d'induit R, de la constante K, des couples résistifs $\Gamma_{r,\mathrm{vide}}$ et $\Gamma_{r,\mathrm{n}}$, et du moment d'inertie J.

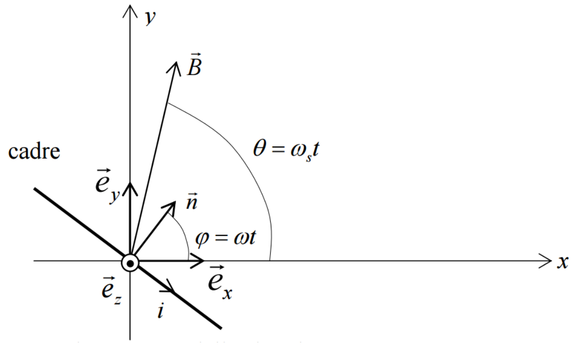
4. Définir et calculer le rendement de ce moteur en charge nominale.

1.6 Induction (moteur asynchrone)

On considère ici un moteur asynchrone :



Les bobinages statoriques produisent au centre un champ magnétique tournant $\vec{B}(t)$ de norme constante B_0 et tournant à la vitesse angulaire ω_s.



Le rotor est modélisé par une spire rectangulaire, pouvant tourner autour de l'axe z. On la représente ici vue de dessus. On note S sa surface et $\vec{n}$ le vecteur normal à cette surface.

On note $\Omega = \omega_s - \omega$.

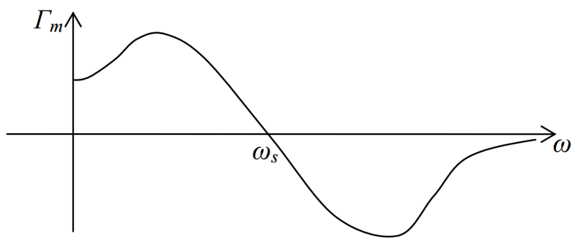
1. **a.** Le couple exercé sur la spire est donné par $\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B}$, avec $\vec{M} = i\,S\vec{n}$ et $i(t)$ le courant parcourant la spire.
Expliquer physiquement ce qui provoque ce couple.

b. On note R la résistance de la spire et L son inductance. Donner l'expression du flux $\Phi(t)$ du champ $\vec{B}$ à travers la spire en fonction de B_0, Ω et S. Puis établir l'équation électrique portant sur le courant i.

La résolution en régime permanent, avec le formalisme complexe, de l'équation sur i permet d'obtenir $i(t)$, puis le calcul du couple moyen Γ_m.

On a en particulier $|\underline{I}_m|^2 = \dfrac{(B_0 S\Omega)^2}{R^2 + (L\omega)^2}$

et $\Gamma_m = \langle \vec{\Gamma} \cdot \vec{e}_z \rangle = \dfrac{(B_0 S)^2}{2L} \dfrac{RL\Omega}{R^2 + (L\Omega)^2}$. Cette fonction est tracée ci-contre.



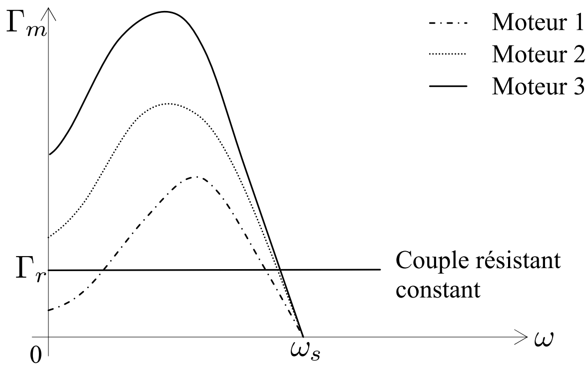
2. À quelle condition sur la vitesse angulaire ω du moteur le couple est-il moteur ?
À quoi correspond physiquement la valeur du couple lorsque ω tend vers 0 ?

On place une charge sur le moteur : cette charge exerce alors un couple Γ_r (compté positif) sur l'arbre moteur. On note J le moment d'inertie de l'arbre.

3. **a.** Écrire le théorème du moment cinétique pour établir une relation entre $\dot{\omega}$, J, Γ_m et Γ_r.

b. On se donne un couple résistif Γ_r constant en fonction de ω. Des trois moteurs ci-contre, lequel (ou lesquels) est susceptible de démarrer ? Expliquer.

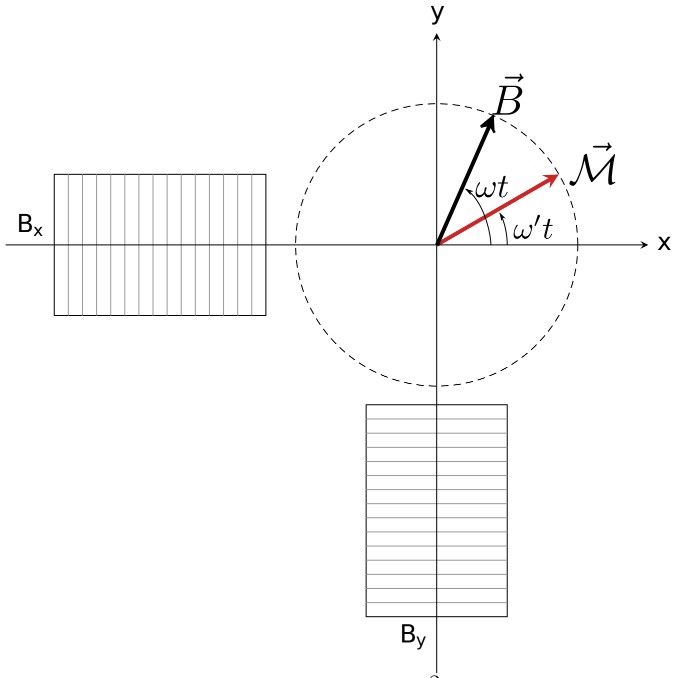
c. On se place en régime permanent. On considère le moteur 1 ci-contre. Quelles sont, graphiquement, les valeurs possibles pour ω ? Montrer que seule la plus grande correspond à un fonctionnement stable du moteur.



4. **a.** Donner l'expression de la puissance mécanique fournie par le moteur, $\mathcal{P}_\mathrm{m} = \Gamma_m \omega$, et de la puissance électrique consommée $\mathcal{P}_\text{él} = \mathcal{P}_\mathrm{m} + \mathcal{P}_J$ avec $\mathcal{P}_J$ les pertes joules.
En déduire l'expression du rendement η en fonction de ω/ω_s.

b. La vitesse de rotation des moteurs asynchrones s'écarte rarement de plus de 5% de la vitesse de synchronisme ω_s. En déduire la valeur correspondante du rendement.

1.7 Induction (moteur synchrone)



On considère un moteur synchrone. On retient une modélisation simple :

- Le rotor est assimilé à un moment magnétique $\vec{\mathcal{M}}$ (on rappelle qu'il peut s'agir d'un aimant permanent, ou bien d'une spire parcourue par un courant). La direction de $\vec{\mathcal{M}}$ tourne à la vitesse angulaire ω'.
- Les bobinages statoriques produisent un champ magnétique $\vec{B}$ tournant à la vitesse angulaire ω, de norme constante.
- Le couple exercé sur le rotor est ainsi donné par $\Gamma = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B}$.
- On se place en régime permanent.

On prendra 50 tours par seconde pour la rotation du champ magnétique, $\mathcal{M} = 8\,\mathrm{A \cdot m^2}$, et $B = 0.2\,\mathrm{T}$.

1. D'après le principe du moteur synchrone, que dire de ω et de ω' ? Et donc de l'angle $\theta = (\vec{\mathcal{M}}, \vec{B})$?

2. Que vaut θ pour un fonctionnement à vide ? Et pour un couple moteur $\Gamma_c = 0.65\,\mathrm{N \cdot m}$?

Dans ce dernier cas donner également la puissance fournie par le moteur.

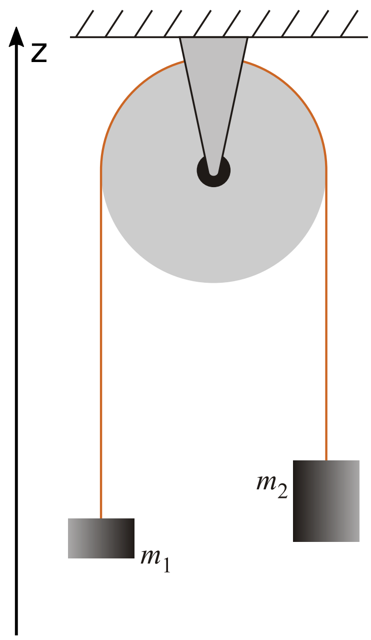
3. La vitesse de rotation dépend-elle de la charge ?

Quel est le couple maximal que peut fournir ce moteur ?

1.8 PT 2015, mécanique (machine d'Atwood)

source : beos 1461 modifié

Pas très difficile si l'on est méthodique



La machine d'Atwood est utilisée pour étudier la chute libre des corps de façon “ralentie”. Elle est schématisée ci-contre.
On suppose que le fil est inextensible et de masse négligeable, que la liaison pivot de la poulie avec le bati est sans frottement. On note J le moment d'inertie de la poulie par rapport à son axe de rotation.
On prend l'exemple $m_1 < m_2$.

1. On suppose dans un premier temps que le moment d'inertie J peut être considéré comme nul.

Déterminer l'accélération de la masse 1.

2. Cette fois on ne néglige plus J. Reprendre le calcul précédent.

1.9 TSI CCP 2015, bille dans demi-sphère -> révision coordonnées cylindriques

> *Exercice à faire pour réviser les coordonnées cylindriques : surtout et au moins les questions 1 et 2, et essentiellement* ***faire un schéma correct*** *et des* ***projections correctes****.*
> Voir la correction sur le site de la classe.

Une bille de masse m, assimilable à un point matériel, est lâchée à l'intérieur d'une demi-sphère de rayon R, sans vitesse initiale. On néglige les frottements et on repère la position de la bille par l'angle θ avec la verticale.

1. Faire un bilan des forces s'appliquant sur la bille.

2. Appliquer le principe fondamental de la dynamique et en déduire l'équation différentielle qui régit le mouvement de la bille.

3. Résoudre l'équation différentielle.

4. Déterminer la réaction du support à la bille.

5. Calculer l'énergie mécanique de la bille.

6. Montrer que l'énergie mécanique se conserve.

7. Appliquer le théorème du moment cinétique.

8. Quelle méthode est la plus efficace ?

Coups de pouce

1.5 – Rappels sur le moteur à courant continu

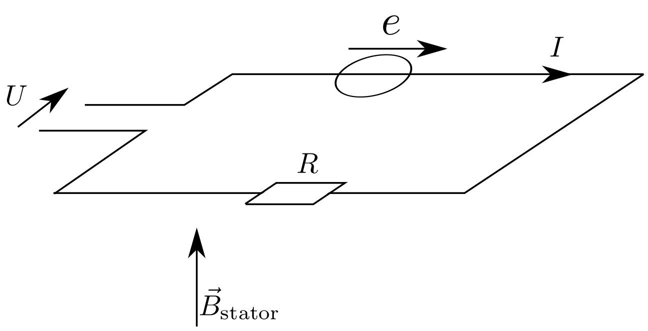
- Rotor et stator :

- *Le stator, partie fixe liée au bâti. Des aimants permanents ou un enroulement de fil parcouru par un courant produisent un champ magnétique $\vec{B}(M)$ fixe.*

  Dans le cas de l'enroulement de fil on parle de circuit inducteur.

- *Le rotor, partie qui tourne et liée à l'arbre en rotation. Il comporte un ensemble de spires qui sont alimentées par la tension U, et donc parcourues par un courant i. Un fil parcouru par un courant i dans un champ $\vec{B}$ subi une force de Laplace, et c'est précisément ceci qui fait tourner le rotor.*

  Le circuit électrique constitué des spires du rotor est appelé l'induit.



- Couple électromagnétique (forces de Laplace) :

L'action des forces de Laplace s'obtient en intégrant la force $dF_{\text{Lapl}} = i\overrightarrow{dl} \wedge \vec{B}$ *le long des spires de l'induit. Certains exercices peuvent faire effectuer ce calcul dans des situations simplifiées. Dans tous les cas, on aboutit à une expression de la forme suivante pour le couple résultant des actions de Laplace (aussi appelé couple électromagnétique) :*

$$\boxed{\Gamma_{em} = K \times i,}$$

avec K *une constante qui dépend du moteur (nombre de spires, géométrie), et qui est proportionnelle au champ* $\vec{B}$ *produit par le stator.*
On rencontre parfois la notation $\Gamma_{em} = k\Phi \times i$*, avec* k *une constante et* Φ *le flux maximal du champ magnétique produit par le stator à travers le circuit de l'induit.*

- Force électromotrice induite :

Le rotor qui tourne constitue un circuit qui bouge dans un champ magnétique fixe : il y a donc création d'une force électromotrice e *dans ce circuit. On la considère en convention générateur comme sur le schéma électrique équivalent ci-dessus. Pour la déterminer, on peut soit utiliser la loi de Faraday* $e = -\dfrac{\Phi}{dt}$*, soit plus simplement utiliser la relation entre puissance mécanique des forces de Laplace et puissance électrique associée à la fem :*

$$\mathcal{P}_{Lapl} + \mathcal{P}_{fem} = 0,$$

avec $\mathcal{P}_{Lapl} = \text{couple} \times \text{vitesse angulaire} = \Gamma_{em}\omega$*, et* $\mathcal{P}_{fem} = e \times i$*.*
On a donc $ei = -\Gamma_{em}\omega = -Ki\omega$*, d'où la fem*

$$\boxed{e = -K\,\omega.}$$

- Équation électrique :

On effectue une loi des mailles sur le circuit électrique équivalent : $U = -e + ri$*. On a donc*

$$\boxed{U = K\omega + Ri.}$$

- Équation mécanique :

On applique le théorème du moment cinétique au {rotor+arbre}, dont on note J *le moment d'inertie total par rapport à son axe de rotation. Les couples à prendre en compte sont le couple électromagnétique (*> 0 *pour un moteur, c'est lui qui produit la rotation) et le couple résistif total* Γ_r *(*< 0*, il représente les forces de frottement et le couple à fournir pour entraîner la charge voulue) :*

$$J\frac{d\omega}{dt} = \Gamma_{em} + \Gamma_r, \quad \text{soit} \quad \boxed{J\frac{d\omega}{dt} = K\,i + \Gamma_r.}$$

Et en régime permanent on a $\dfrac{d\omega}{dt} = 0$*.*

1.7 *– Le couple fourni par le moteur est* $\boxed{\vec{\Gamma} = \vec{\mathcal{M}} \wedge \vec{B} = \mathcal{M}B\,\sin\theta\,\vec{e}_z.}$