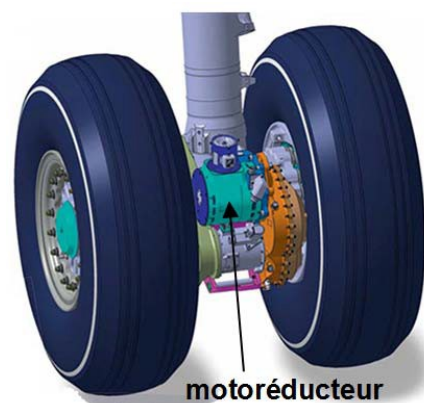


MOTORISATION ÉLECTRIQUE ET ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

En 2012, les voyages aériens ont libéré 689 millions de tonnes de CO₂ dans l'atmosphère. Pour réduire l'empreinte de l'aviation civile sur l'environnement, de nombreux efforts sont actuellement menés. Par cycle de vol, un avion court ou moyen-courrier dépense jusqu'à 4 % de son carburant au sol, durant le taxiage, autrement dit le roulage. Une idée consiste à utiliser au sol la traction par moteurs électriques à la place des réacteurs, c'est le cas de l'EGTS (Electric Green Taxiing System) système de motorisation des trains d'atterrissage, présenté au Bourget en 2013 et qui devrait entrer en service en 2016... (Source www.futura-sciences.com) (figure 5).

Figure 5.



A - Le moteur triphasé

On s'intéresse ici à un moteur triphasé (figure 6) dont la plaque signalétique est représentée sur la figure 7 page 6/9 et indique les grandeurs nominales.

Figure 6



Figure 7

Puissance mécanique P_m	32,0 kW
Vitesse de rotation n	7500 tr.min⁻¹
Facteur de puissance $k = \cos \varphi$	0,86
Rendement	0,90
Réseau	115/200 V
Fréquence réseau	400 Hz

Calculer pour ce régime nominal :

- Q.1** - Le moment du couple moteur T_m .
- Q.2** - La puissance active consommée P_a .
- Q.3** - La valeur efficace de l'intensité du courant en ligne I .
- Q.4** - Sa vitesse de synchronisme n_s , que l'on exprimera en tr.min⁻¹, sachant qu'il comporte 6 pôles.

Caractéristique et accouplement :

On a représenté deux points de fonctionnement A et B de la caractéristique mécanique $T = f(n)$ du moteur ainsi que la caractéristique de la charge "taxiage" $T_R = f(n)$ qui lui sera accouplée (**graphique 1 sur le document réponse**).

- Q.5** - Préciser la nature du fonctionnement du moteur (à vide ou en charge) pour chacun des points A et B.
- Q.6** - Tracer la caractéristique mécanique $T = f(n)$ du moteur sur le **graphique 1 sur le document réponse n° 2 page 9/9**.
- Q.7** - On réalise l'accouplement moteur-charge. Noter les coordonnées du point de fonctionnement notées n_f et T_f sur le **document réponse n° 2 page 9/9**.
- Q.8** - En déduire la puissance mécanique transmise par le moteur à la charge.

B - Variation de vitesse

On s'intéresse ici à la variation de vitesse du moteur qui est assurée par un onduleur triphasé. Celui-ci dispose de deux types de commande, décalée et MLI (**M**odulation de **L**argeur d'**I**mpulsion), qui permettent d'avoir deux formes de tension d'alimentation pour le moteur.

Variation de vitesse.

Le graphique "Aircraft Speed vs Time" (**graphique 2 sur le document réponse n° 2 page 9/9**) représente un exemple d'évolution temporelle de la vitesse de l'avion sur le tarmac durant l'opération de roulage (taxiing). À la vitesse maximale du graphique la fréquence d'alimentation des moteurs est $f = 400 \text{ Hz}$.

Q.9 - Estimer, par lecture graphique, cette vitesse maximale exprimée en MPH.

Q.10 - À l'instant $t = 2,2 \text{ min}$ on a $v = 2,75 \text{ MPH}$ et on suppose que la vitesse v est proportionnelle à la fréquence f . Déterminer alors la fréquence d'alimentation des moteurs à cette vitesse.

Comportement fréquentiel de l'alimentation des moteurs.

Les **figures 8 et 9** donnent les représentations temporelles et fréquentielles (ou spectrales) de la tension et de l'intensité délivrées par une phase de l'onduleur pour les deux types de commande. La fréquence est la même dans chaque cas.

Figure 8
Commande de type décalée

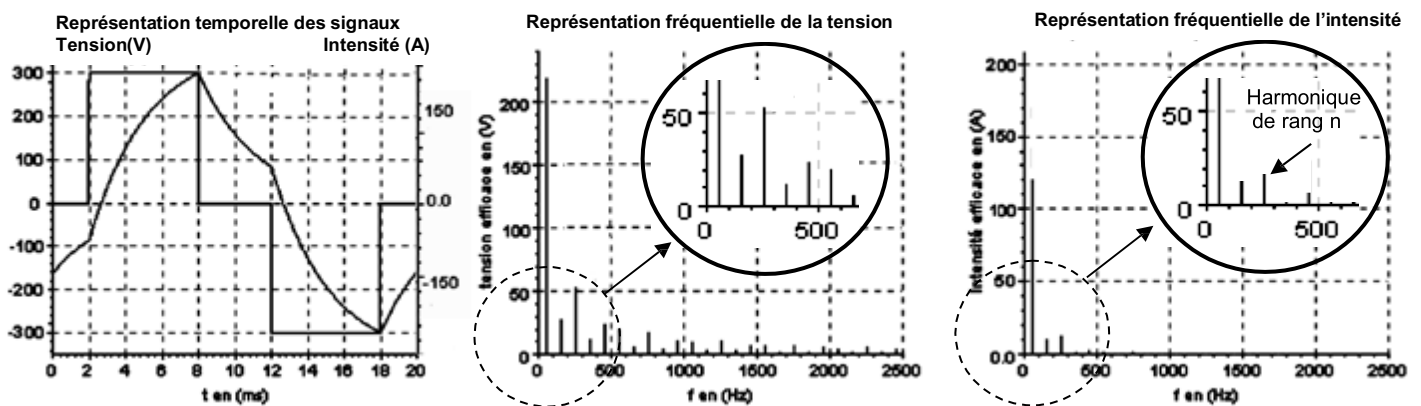
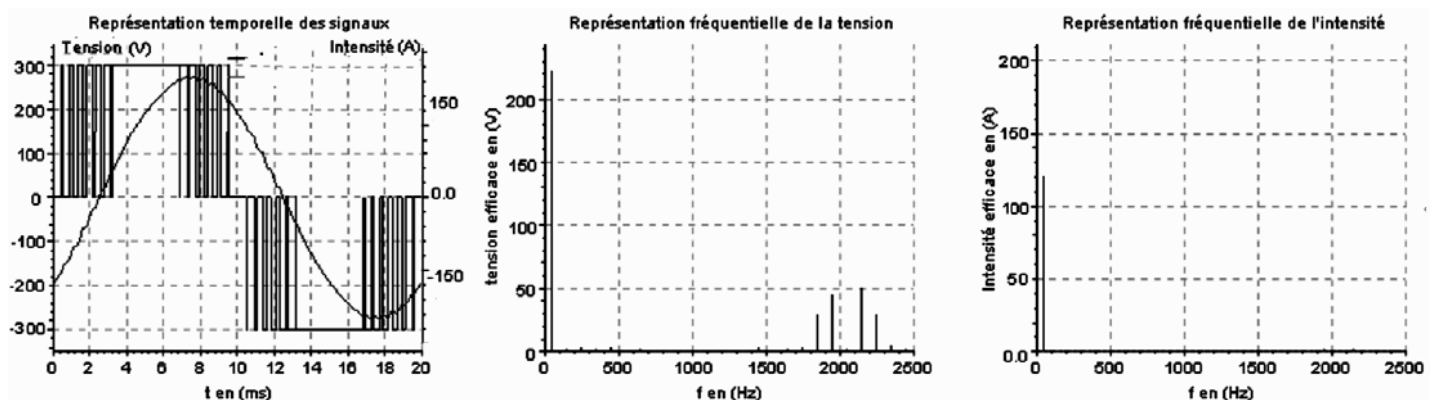


Figure 9
Commande de type MLI (Modulation de la Largeur d'Impulsion)



Q.11 - Identifier, sur la représentation temporelle des signaux et dans le cas d'une commande de type MLI, la forme de la tension et celle du courant.

Q.12 - Déterminer la fréquence des grandeurs électriques à partir d'une des représentations temporelles.

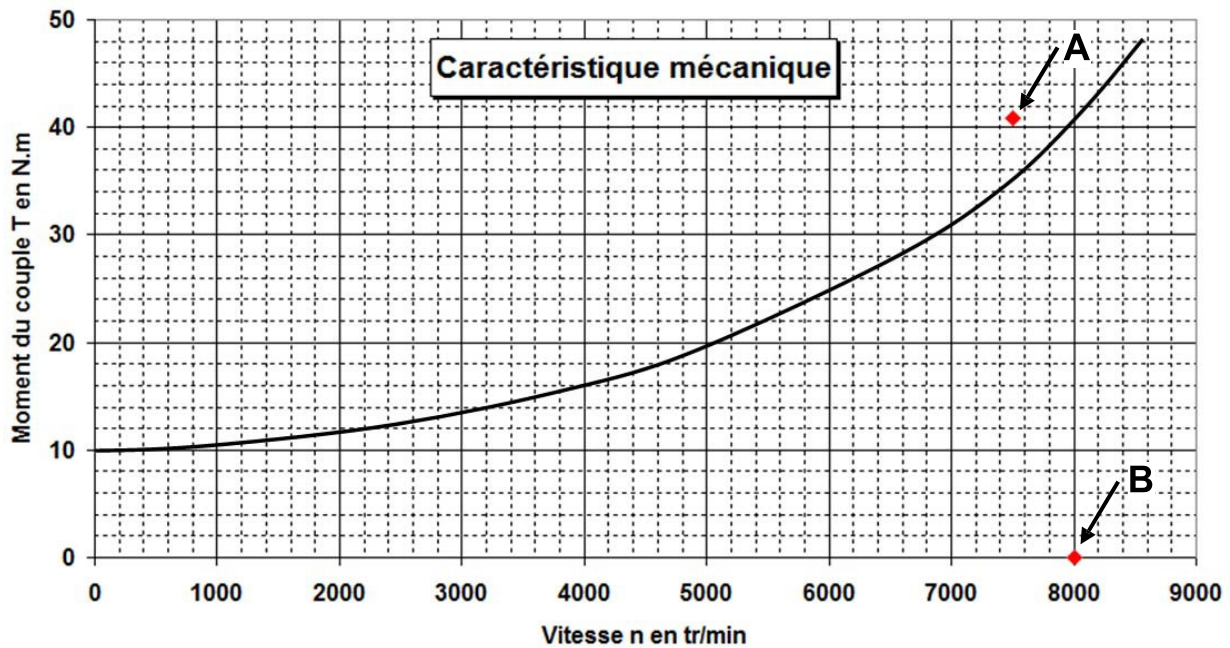
Q.13 - Quelle information de la représentation fréquentielle confirme le résultat précédent ?

Q.14 - Sur la figure 8, la représentation fréquentielle de l'intensité présente trois composantes, le fondamental et deux harmoniques. Préciser le rang des deux harmoniques.

Q.15 - Par analyse des représentations temporelles et fréquentielles, expliquer l'intérêt de la commande MLI par rapport à la commande décalée en donnant deux exemples concrets des effets des harmoniques courants.

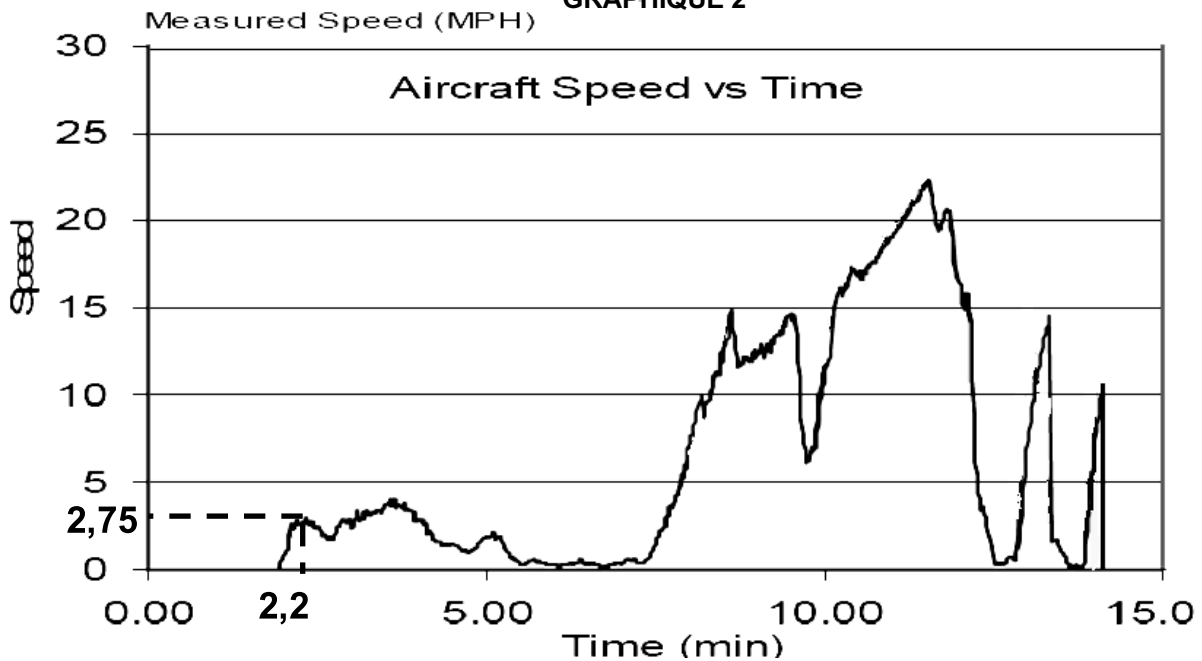
EXERCICE 3 : CARACTÉRISTIQUE ET ACCOUPLEMENT

GRAPHIQUE 1



Coordonnées du point de fonctionnement	$n_f = \dots\dots\dots$	$T_f = \dots\dots\dots$
--	-------------------------	-------------------------

GRAPHIQUE 2



BTS AÉRONAUTIQUE		Session 2016
Nom de l'épreuve : Sciences physiques et chimiques appliquées	Code : AE3SCPC	Page : 9/9

Exercice 3 : Motorisation électrique et électronique de puissance

A - Le moteur triphasé

Q23 Puissance/vitesse de rotation = couple moteur

Avec la puissance en W et la vitesse de rotation en rad/s $((2\pi/60) \cdot \text{Nombre de tr/min})$ Donc $T_m = 32000 / ((2\pi/60) \cdot 7500) = 40,74 \text{ N.m}$

Q24 Puissance active = puissance mécanique / rendement $P_a = 32000 / 0,90 = 35555,55 \text{ W}$

Q25 $P_a = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \phi$ $I = 35555,5 / (200 \cdot \sqrt{3}) \cdot 0,86 = 120 \text{ A}$

Q26 $n_s = 60 f / p$ avec f la fréquence réseau (400Hz) et p le nombre de paires de pôles ($6/2=3$) $n_s = 60 \cdot (400/3) = 8000 \text{ tr/min}$

Q27 Point A : en charge Point B : à vide

Q28

Q29 Les coordonnées du point de fonctionnement du moteur sont : n_f : 7800 tr/min et T_f : 36 N.m

Q30 La puissance mécanique du moteur à charge est : $P_m = C \omega$ avec C le couple du moteur en N.m et ω la vitesse de rotation en rad/s

$P = 36 \cdot 7800 \cdot (2\pi/60) = 29412 \text{ W}$

B- Variation de vitesse

Q31 V_{max} est environ égal à 22 MPH

Q32 2,75 MPH ?

22MPH 400Hz

Produit en croix : $(400 \cdot 2,75) / 22 = 50 \text{ Hz}$

Q33 Le courant est de type sinusoïdal et la tension est de type numérique.

Q34 $f = 1/T = 1/0,02 \text{ s} = 50 \text{ Hz}$

Q35 Sur la représentation fréquentielle de l'intensité, la fréquence de l'intensité efficace vaut 50Hz

Q36 Rang des harmoniques = sa fréquence / fréquence du fondamental

Donc nous sommes en la présence d'harmoniques de rangs 3 et 5.

Q37