

Question 42 : déterminer en justifiant, les quadrants (I, II, III, IV) et les modes de fonctionnement (Moteur/Générateur) de la MCC pour cette application.
 À partir des données imposées par le constructeur, dans le quadrant IV, tracer sur le graphique du document réponses les limites d'évolution de C_m et ω_m que doit pouvoir supporter la MCC.

La machine à courant continu a une excitation à aimants permanents.

Question 43 : en considérant la MCC parfaite (pas de pertes), donner les relations reliant les grandeurs électriques (U_m , I_m) aux grandeurs mécaniques (C_m , ω_m)
 En déduire dans ces conditions les plages de courant et tension que doit pouvoir délivrer le convertisseur afin que la MCC atteigne C_{mMax} et ω_{mMax} , sachant que le coefficient de couplage de la machine $K = K_t = K_e = 0,5$.

Le modulateur d'énergie est composé d'un convertisseur AC/DC et d'un convertisseur DC/DC, le premier fournit une tension u_b régulée au second (voir figure 14).

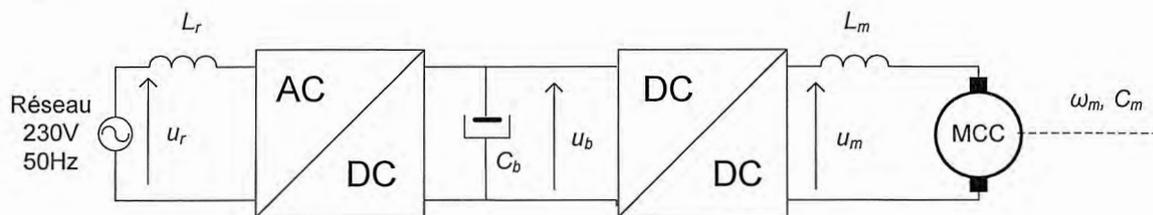


Figure 14 : schéma simplifié de la chaîne de conversion électrique.

On ne tiendra pas compte des pertes dans les convertisseurs.

Afin de respecter les normes sur les harmoniques de courant réseau et obtenir un courant efficace le plus faible possible, le convertisseur AC/DC est asservi de telle sorte que sur une demi-alternance réseau, le courant instantané en entrée du convertisseur soit proportionnel à la tension instantanée d'alimentation.

La tension du bus est considérée constante et égale à 450 V.

Question 44 : pour les points de fonctionnement P0 et P3 du document réponses, calculer le courant moteur I_m , la tension moteur U_m , le courant sur le bus continu I_b , le courant efficace réseau I_r et le déphasage φ coté réseau.

Question 45 : conclure quant au choix de la solution retenue pour la chaîne d'énergie à répondre aux besoins du système home-trainer.

PARTIE 3.2. : étude de la simulation par le home-trainer, des conditions réelles de route.

Objectif : élaborer une loi de commande du couple fourni par la MCC afin que l'effort ressenti par le coureur soit proche de la réalité.

Pour que le vélo de course ait un comportement sur le home-trainer équivalent au comportement sur route, il faut que le home-trainer simule les phénomènes prépondérants suivant :

- l'inertie des masses en mouvement, modélisée par une masse M unique représentant la masse totale du vélo et du cycliste. Le moment d'inertie de la roue avant (fixe sur le home-trainer) ne sera pas pris en compte ;
- la pente de la route, modélisée par une force constante, qui se traduit au niveau du galet par C_{pente} ;
- l'aérodynamique, modélisée par une force proportionnelle au carré de la vitesse du vélo, qui se traduit au niveau du galet par $C_{aero} = A \cdot \omega_m^2$;
- le roulement des pneus sur la route, qui est modélisé par un couple de roulement constant C_{roulPR} .

Le home-trainer a un comportement qui est modélisé en tenant compte des phénomènes prépondérants :

- l'inertie de l'axe galet/moteur, modélisé par un moment d'inertie J_g ;
- le roulement du pneu arrière sur le galet, modélisé par un couple de roulement C_{roulPG} (avec $C_{roulPG} \gg C_{roulPR}$).

Pour la suite du sujet, le couple de la machine à courant continu C_m sera considéré en convention générateur pour la MCC (un couple C_m positif s'oppose à l'avancée du vélo).

Question 46 : déterminer le rapport de réduction k , rapport entre la vitesse de la rotation de la roue arrière du vélo ω_{roue} et la vitesse de rotation du galet ω_m et. Faire l'application numérique.

Question 47 : le vélo étant installé dans le home-trainer, en appliquant à l'ensemble {rotor, galet} le principe fondamental de la dynamique du moment autour de l'axe de rotation du galet, écrire l'équation liant C_{cyc} , C_m , C_{roulPG} , J_g et ω_m .

Question 48 : déterminer l'expression du moment d'inertie équivalent J_{cv} de l'ensemble en mouvement de translation {cycliste+vélo} ramené sur l'arbre du galet en fonction de M , R_{roue} , et k . Faire l'application numérique.

Question 49 : dans les conditions réelles, en appliquant le principe fondamental de la dynamique à l'ensemble {vélo+cycliste} en moment autour de l'axe de rotation du galet, écrire l'équation liant C_{cyc} , C_{pente} , C_{roulPR} , $C_{aéro}$, J_{cv} et ω_m .

Question 50 : en déduire l'expression du couple C_m que doit fournir la MCC pour simuler les conditions réelles de route.

Le couple C_m de la MCC est asservi à une tension de consigne U_{cm} (réalisée par un asservissement du courant de la MCC).

Pour obtenir la loi de commande, il est nécessaire de prendre en compte la vitesse du moteur ω_m , un capteur de vitesse fournit une image de la vitesse sous forme d'une tension U_Ω .

Le modèle du home-trainer avec l'élaboration de la loi de commande est donc un système bouclé, voir ci-dessous.

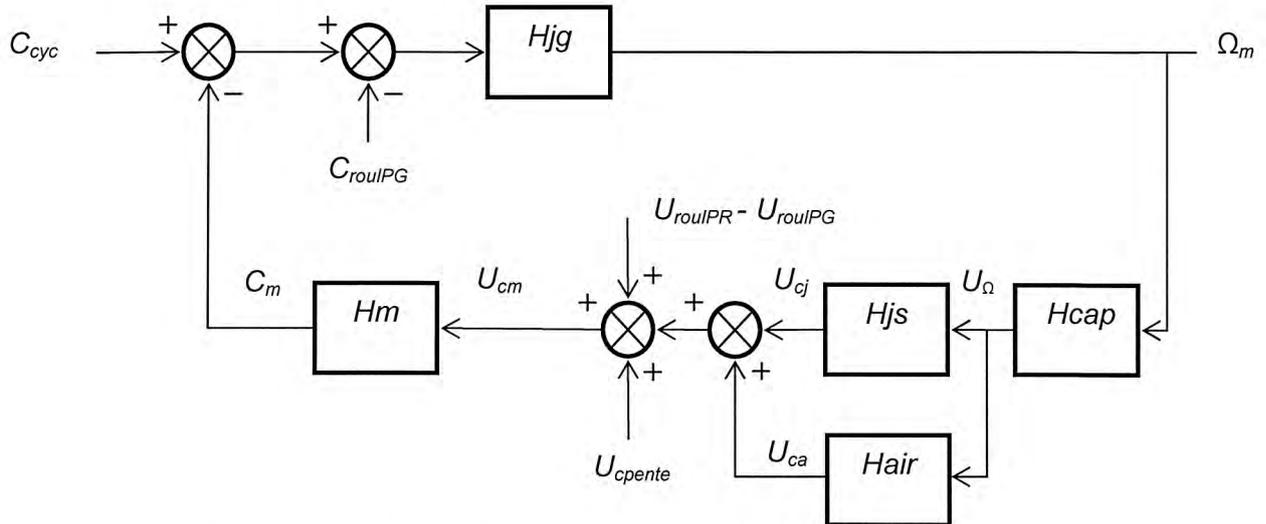


Figure 15 : modèle du home-trainer avec l'élaboration de la loi de commande.

Définition des notations

U_Ω	tension image de la vitesse de rotation du moteur Ω_m
U_{cj}	tension image du couple dû à l'inertie du cycliste
U_{cpente}	tension image du couple dû à la pente
U_{ca}	tension image du couple résistant dû aux frottements aérodynamiques
U_{roulPR}	tension image du couple de roulement des pneus sur la route
U_{roulPG}	tension image du couple de roulement du pneu arrière sur le galet
H_{jg}	fonction de transfert de l'inertie du rotor-galet
H_{cap}	fonction de transfert du capteur de vitesse
H_{js}	fonction de transfert de la simulation du couple d'inertie du cycliste
H_{air}	fonction de transfert de la simulation des frottements aérodynamiques
H_m	fonction de transfert de la MCC, du convertisseur et de l'asservissement de courant

Question 51 : à l'aide des équations mécaniques précédentes, déterminer H_{jg} , H_{js} , en considérant que $H_m = H_{cap} = 1$.

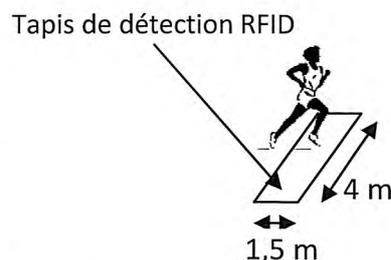
Question 52 : conclure sur l'élaboration de la loi de commande en précisant quelle partie de la figure 15 devra être programmée.

SYNTHÈSE

Question 53 : Au regard des 3 exigences étudiées pour la course duathlon - identifier et chronométrer, analyser les performances en course, entraîner un sportif au cyclisme - rédiger un message sous forme de conseil à destination de chacun des utilisateurs définis dans le diagramme des cas d'utilisation figure 2.

Annexe 1 : détecteur RFID

Le système de détection comporte un tapis antenne et un boîtier de détection (boîtier RFID) intégrant une alimentation autonome, l'électronique RF et un serveur (serveur RFID) pour le paramétrage et la transmission des informations.



Le tapis a une largeur de 1,5 m et une longueur de 4 m.

Le système a une résolution de 10 ms avec une précision de +/-20 ms.

Les données de la couche application seront transmises suivant un protocole propriétaire, on appellera par la suite les messages de ce protocole des message-RFID.

Lorsqu'un tag RFID est détecté un message-RFID est émis contenant l'identifiant du tag RFID ainsi que la date et l'heure de la détection. Tant que le tag RFID est au-dessus du tapis, le message-RFID est envoyé en permanence toutes les 100 ms avec l'heure réactualisée.

Ce message-RFID peut être transmis sur une liaison série (RS232) ou USB ou Ethernet TCP/IP.

On a le choix entre deux formats de données pour le message-RFID :

- mode ASCII, chaque octet correspond un caractère, le codage est l'ASCII ;
- mode binaire, les octets sont interprétés soit en binaire naturel soit en codage BCD.

Les deux octets d'indication de fin du message-RFID sont identiques pour les deux modes soit les caractères de contrôles <CR> <LF> ou en hexadécimal 0x0d et 0x0a (note : les caractères non imprimables comme CR et LF sont représentés entre chevrons simples). Pour les deux modes, LRC a une valeur comprise entre 0 et 0xff. Les différents champs du message-RFID en mode ASCII sont décrits dans le tableau suivant (les millénaires et les siècles ne sont pas codés) :

Byte	Description	Info
0	Header character 1	Frame header, 'a
1	Header character 2	Frame header, 'a
2-3	Reader ID	0-255 in ASCII hex
4-15	Tag ID	MS digit first
16-19	I and Q channel counter	Binary counters 0-255 in ASCII hex
20 -33	Date/Time	Date and time with 10ms resolution. 390ms/10 = 39 = "27" (27 = 0x32 + 0x37) and the month 12 is 0x31+ 0x32.
34-35	LRC	Checksum on bytes 2 to 33
36-37	End of packet (CR, LF)	0x0d, 0x0a

0xYY : YY est un nombre à deux chiffres en hexadécimal (ex. 0x1a → (1a)₁₆=(26)₁₀).
Entre guillemets simples (cote) : caractère (ex. 'c' → caractère c).

ASCII hex : un nombre est exprimé en hexadécimal puis chacun des chiffres de ce nombre est codé en ASCII sur un octet.

Exemple : (160)₁₀ → (a0)₁₆ → 'a' '0' soit 2 octets, code ASCII de 'a' = 97 et code ASCII de '0' = 48.

Tag ID, les centièmes de secondes et le LRC sont aussi en ASCII hex.

Annexe 2 : protocole TCP

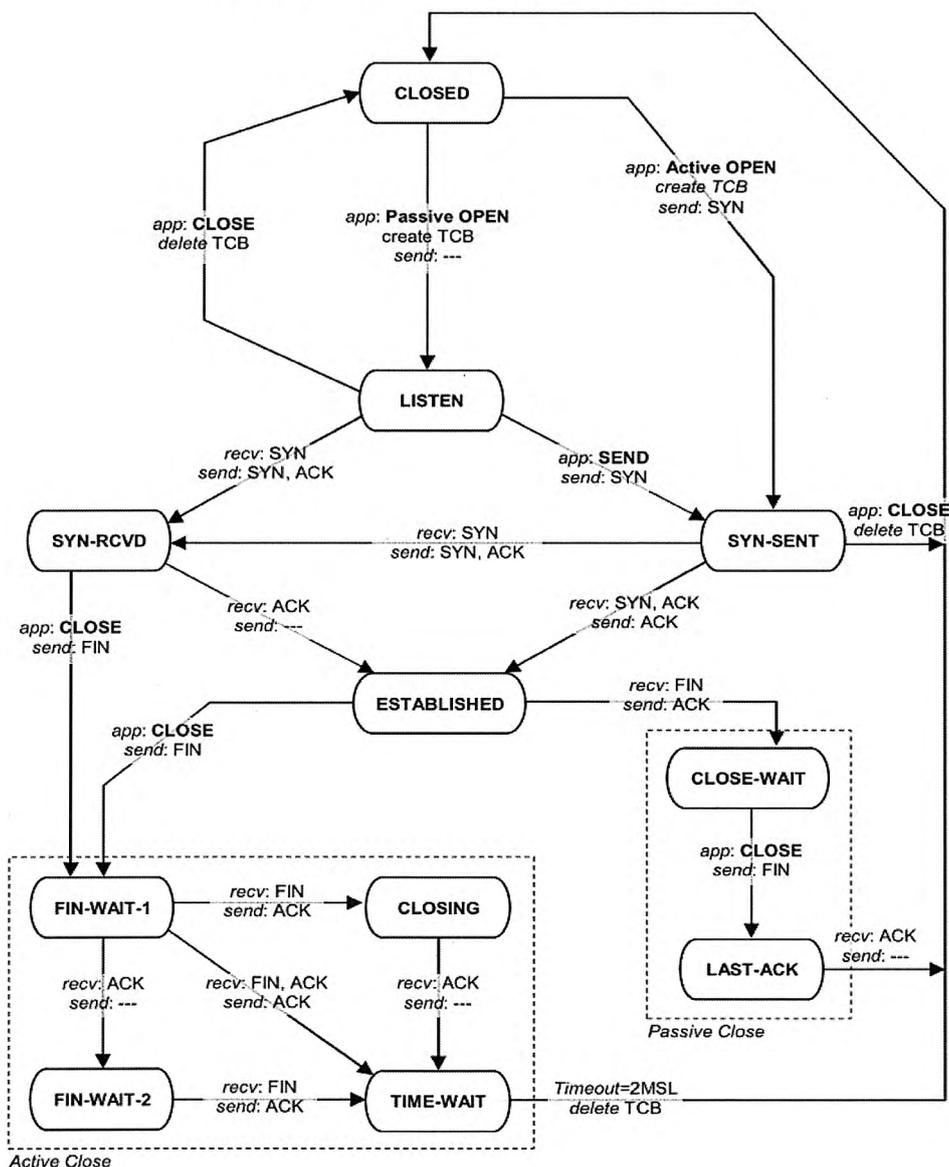
Segment TCP

Bit (0)	Bit (15)	Bit (16)	Bit (31)
Port source (16)		Port de destination (16)	
Numéro d'ordre (32)			
Numéro de reçu (32)			
Longueur de l'en-tête (4) Réserve (6) Bits de code (6)		Fenêtre (16)	
Somme de contrôle (16)		Urgent (16)	
Options (0 ou 32 le cas échéant)			
DONNÉES DE LA COUCHE APPLICATION (Taille variable)			

↑
20 octets
↓

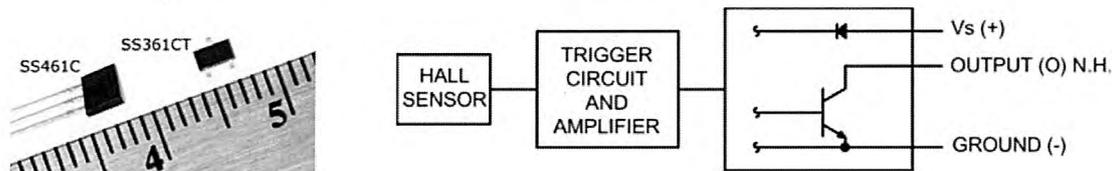
Le Checksum TCP est constitué du complément à 1 sur 16 bits de la somme des compléments à 1 des octets de l'en-tête et des données pris deux par deux (mots de 16 bits).

Diagramme d'état du protocole TCP



Annexe 3 : détecteur de position magnétique

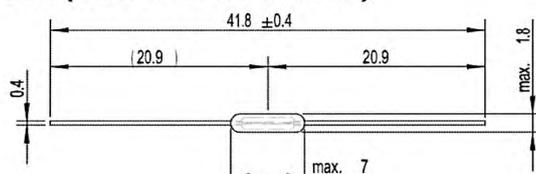
Détecteur de position à effet Hall et deux aimants



Characteristic	Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply voltage	-40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F]	4	–	24	Vdc
Supply current	Vsupply = 5 V at 25 °C [77 °F]	–	4	6	mA
Vsat	Gauss >95	–	–	0.4	V
Output leakage current	Gauss >95	–	–	10	µA
Rise/fall time	Vsupply = 12 V at 25 °C [77 °F]	–	–	1.5	µs
Operate	-40 °C to 85 °C [-40 °F to 185 °F]	5	50	80	Gauss
	-40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F]	5	50	95	
Release	-40 °C to 85 °C [-40 °F to 185 °F]	-80	-50	-5	Gauss
	-40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F]	-95	-50	-5	
Differential	-40 °C to 85 °C [-40 °F to 185 °F]	50	100	160	Gauss
	-40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F]	50	100	190	

Note : 1 Gauss = 10⁻⁴ Tesla

Détecteur de position ILS (Micro Reed Switch)



Electrical Characteristics

	min.	typ.	max.	Unit
Contact Form (ASA)	-	A		
Contact Rating	P _s		10 / 10	W / VA
Switching Voltage	U _s		150 / 120	VDC / VAC
Breakdown Voltage	U _{bd}	200		VDC
Switching Current	I _s		500	mA
Carry Current	I _c		700	mA
Static contact resistance (initial)	CR _s		200	mΩ
Insulation Resistance	R _i	10 ⁹		Ω
Capacitance typ.	C	0.4		pF

Environmental Characteristics

Vibration (50-2000 Hz)			10	g
Shock (1/2 sin 11 ms)			50	g
Operating Temperature	T _{op}	-40	+125	°C

Magnetical Characteristics (of unmodified switch)

Pull in range available	PI	10	30	AT
Drop out	DO	4		AT
Test coil	-		TC-010	-

Mechanical Characteristics

Operate Time (incl. bounce)	t _{op}		0.3	ms
Release Time	t _{rel}		0.1	ms
Switching frequency	f _s		600	Hz
Resonant frequency	f _R	12000		Hz
Life Time (@130VAC / 7W)		50 Mio.		cycles
Contact Material	-	Ru		

Note : avec la bobine de test, 1 AT (ampère-tour) produit une induction de 10 mT

Nom : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	<input type="text"/>																							
Prénom :	<input type="text"/>																							
N° d'inscription :	<input type="text"/>								Né(e) le :	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>								

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

Concours	Section/Option	Epreuve	Matière
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

GDE NUM 2

DOCUMENT RÉPONSES

Questions 9 — 34 — 42

Document réponses

Question 9

Serveur RFID	
Nom du serveur	
IP address	
Netmask	
Gateway	
DNS server	
SNMP	inutilisé
Time server (NTP)	inutilisé
Port	

Interface Ethernet IPv4 sur le PC	
Nom du PC	
IP address	
Netmask	
Gateway	

Question 34

	Détecteur à effet Hall	Détecteur ILS
Sensibilité magnétique		
Temps de commutation		
Tension supportée		
Durée de vie		
Consommation énergétique		
Dimension (encombrement)		
Sensibilité aux vibrations		

Question 42

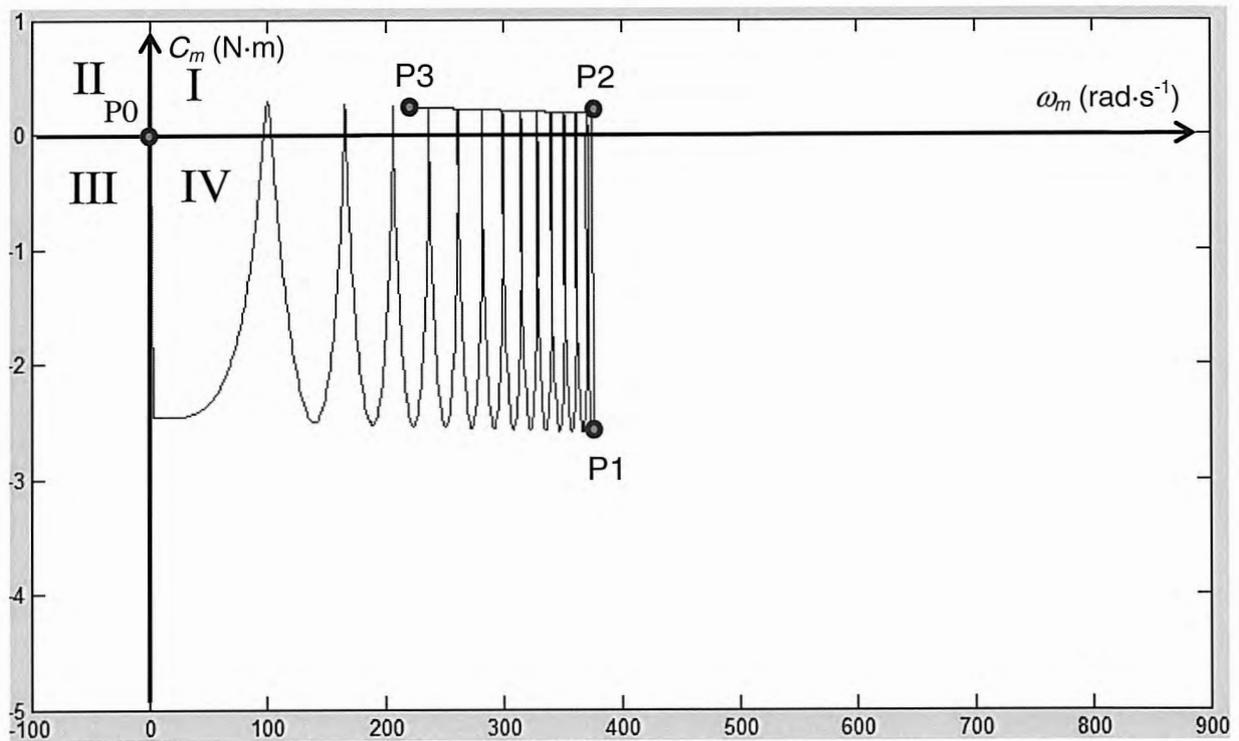


Figure 16 : quadrants de fonctionnement de la MCC, courbe du couple en fonction de la vitesse de rotation.