

SESSION 2014

**CAPET
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

**Section : SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR
Option : INFORMATION ET NUMÉRIQUE**

**ÉTUDE D'UN SYSTÈME, D'UN PROCÉDÉ
OU D'UNE ORGANISATION**

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

SUJET

LE DUATHLON



Sommaire :

- Mise en situation pages 2 à 4
- 1^{re} problématique : organiser l'évènement sportif pages 5 à 8
- 2^e problématique : suivre les performances des cyclistes pages 9 à 20
- 3^e problématique : assurer l'entraînement des cyclistes pages 21 à 27
- Annexes pages 28 à 30
- Documents réponses pages 31 et 32

Le **duathlon** est une activité sportive combinant une épreuve de **course à pied** suivie d'une épreuve de **cyclisme** puis d'une dernière manche de course à pied, le tout dans le même esprit que le triathlon. Les distances parcourues peuvent varier en fonction de l'âge et du niveau des participants ainsi que de l'organisateur de l'évènement. C'est la fédération internationale de triathlon (en anglais : International Triathlon Union ou ITU) qui gère ce sport au niveau international. Actuellement, le duathlon n'a pas encore été déclaré sport olympique, mais l'essor de ce sport étant grandissant d'année en année, il ne serait pas étonnant qu'il le devienne dans la prochaine décennie.



Le 3 septembre 2011 s'est organisé le 1^{er} duathlon du PILAT à Saint-Chamont, il s'agit d'un « duathlon courte distance » c'est-à-dire qu'il comportait environ 10 km de course à pied suivi de 30 km de vélo et enfin

5 km de course à pied. L'évènement a réuni environ 500 participants partagés en différentes catégories : Espoir (1990 à 1995) - Sénior (1972 à 1989) - Vétéran 1 (1961 à 1971) - Vétéran 2 (avant 1961). Dans chacune de ces catégories, les hommes et les femmes concourent séparément.

Pour qu'une épreuve de duathlon puisse exister, deux exigences principales (voir figure 1) doivent être satisfaites :

- organiser l'évènement sportif ;
- entraîner l'athlète à l'épreuve sportive.

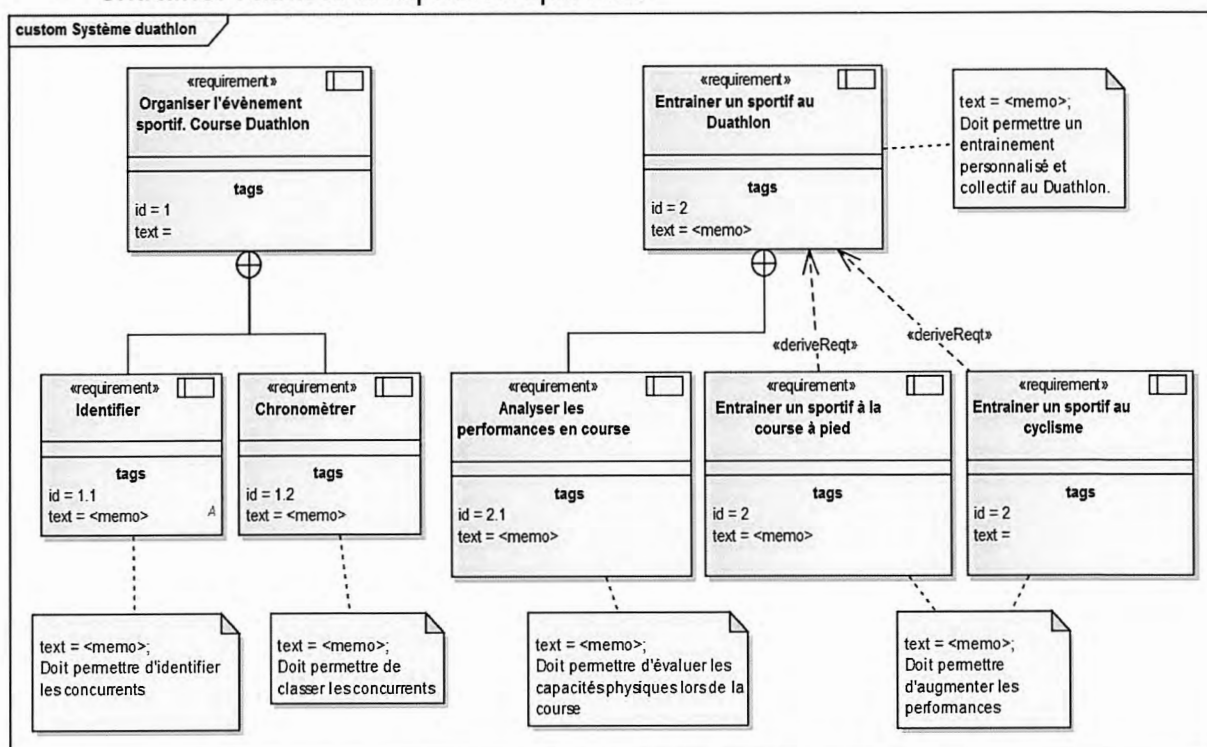


Figure 1 : diagramme des exigences « système duathlon ».

Pour répondre aux exigences du système duathlon lors de la course, différentes données acquises au cours des différentes étapes doivent être collectées et enregistrées. Ces données seront ensuite traitées (voir figure 2) en fonction des cas d'utilisations du système par les acteurs (organisateur course, sportif et entraîneur).

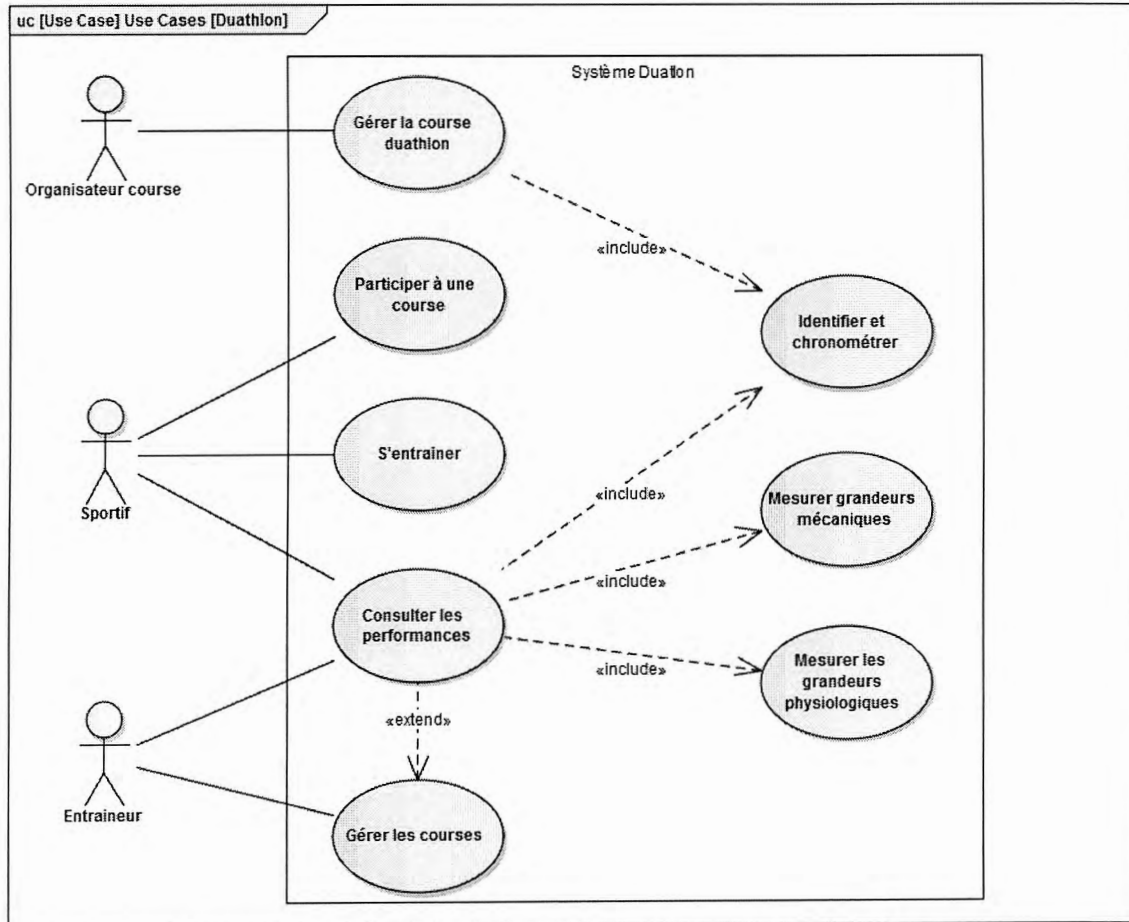


Figure 2 : diagramme des cas d'utilisation « système duathlon ».

Les exigences du système duathlon énoncées précédemment dans la figure 1 sont donc :

- **Exigence 1: identifier et chronométrer**

Pour obtenir les informations d'**identification et de chronométrage** des sportifs durant la course, un système RFID est mis en œuvre comprenant un badge (Tag RFID) placé au niveau des chaussures et un tapis de sol à l'endroit où doit être prise la mesure (voir description en annexe 1). Les détecteurs RFID sont placés au départ, à l'arrivée et aux deux étapes intermédiaires. La détection se fait uniquement durant la course à pied, au niveau de quatre tapis qui formeront quatre points de passage (départ, P1, P2, arrivée). Au niveau des tapis, la vitesse du coureur ne dépassera pas $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Les détecteurs sont associés à des serveurs RFID lesquels communiquent avec des ordinateurs portables situés au départ et à l'arrivée de la course (voir figure 3).

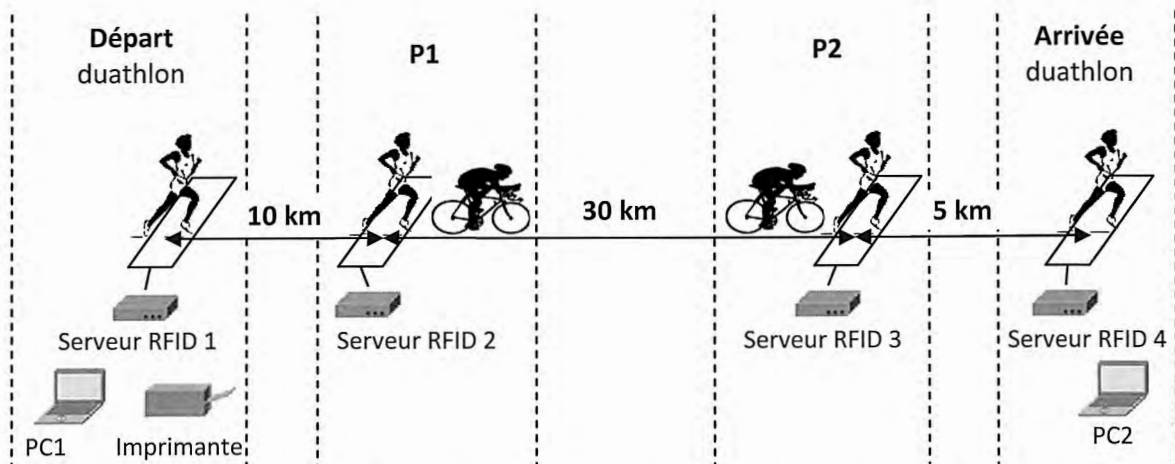


Figure 3 : trajet de la course et points de passage (départ, P1, P2, arrivée) et localisations des matériels.

- **Exigence 2 : analyser les performances en course**

Analyser les performances en course en étudiant notamment les paramètres de temps, mais également d'efforts du sportif au cours de la course. Pour obtenir les informations **mécaniques** (puissance, couple, vitesse) lors de la course vélo, un système SRM est installé sur le vélo.

- **Exigence 3 : entrainer un sportif à la course à pied**

Non étudié ici

- **Exigence 4 : entrainer un sportif au cyclisme**

Entrainer un sportif au cyclisme en lui proposant un programme d'entraînement avec des parcours aux difficultés adaptées et ciblées et ceci tous les jours, quelles que soient les conditions climatiques extérieures. Une solution est d'associer son propre vélo à un home-trainer qui permet de simuler des parcours virtuels.

Trois problématiques liées aux exigences précédentes seront abordées dans ce sujet :

- organiser l'évènement sportif ;
- suivre les performances des cyclistes lors de la course ;
- assurer l'entraînement des cyclistes.

1^e PROBLÉMATIQUE : ORGANISER L'ÉVÉNEMENT SPORTIF

Objectif principal : améliorer la fiabilité du dispositif d'identification et de chronométrage des participants.

Un retour d'expérience à la suite d'une compétition sur l'utilisation du système décrit à l'exigence 1, a révélé des erreurs sur l'identification des participants (passage non détecté) et des imprécisions sur le chronométrage.

Pour remédier à ces dysfonctionnements inacceptables, cette partie propose de vérifier si les détecteurs RFID, le réseau de transmission de l'information et l'ensemble des protocoles utilisés permettent d'obtenir une identification fiable et un chronométrage avec une précision au dixième de seconde. Cette vérification nécessite d'analyser les différents flux d'information et d'identifier les machines concernées. Il faudra aussi s'assurer qu'il est peu probable que l'origine de ces défaillances soit liée à une malveillance provenant d'Internet.

Partie 1.1. : validation de la détection RFID

Objectif : analyser et valider la fiabilité du format des données de la couche application du système RFID.

Un descriptif du système RFID est donné en annexe 1.

Le système étudié utilise uniquement la liaison Ethernet TCP/IP du détecteur RFID.

L'application traitant les données communique par l'intermédiaire d'un socket sur TCP. Le socket fournit à l'application le message-RFID qui correspond à l'ensemble des données reçues délimitées par la suite de deux caractères de contrôles <CR> <LF>.

Les message-RFID sont stockés dans une chaîne de caractères nommée « data » (le premier caractère est indexé à 0).

Le message-RFID suivant (mode ASCII) est reçu :

```
aa400000000123450a2a01123018455938a7<CR><LF>
```

Question 1 : donner la taille en nombre de caractères de cette trame.

Question 2 : l'information « Date/Time » est au format YY :MM :hh :mm :ss :ms. Donner le temps exact de détection de ce tag RFID.

Question 3 : dans le cas de l'utilisation du format de données en mode binaire, déterminer la taille de la trame sachant que les 2 caractères d'entête ('a'a') correspondent à un nombre en hexadécimal (avec deux chiffres) et que seuls la date (année/mois/jour) et le temps (heure/minute/seconde) sont codés en BCD (les centièmes de secondes sont en binaire).

Question 4 : donner les avantages et inconvénients des deux formats ASCII et binaire.

Question 5 : conclure quant au choix du format ASCII pour l'application et à ses répercussions sur la fiabilité de la transmission et le chronométrage des participants.

Partie 1.2. : configuration du réseau

Objectif : vérifier la configuration du réseau de communication dans le but d'analyser les transmissions et ainsi prévoir le comportement du système dans les cas de défaillances.

Pour relier les différents points de passage, une liaison téléphonique mobile à la norme 3G est utilisée.

Grâce à l'utilisation d'un VPN (Virtual Private Network), les différentes machines peuvent être considérées comme étant connectées sur un unique réseau local privé dont la représentation logique équivalente est donnée (voir figure 4).

Un accès internet est rendu possible via le routeur r0. Seuls les PC1 et 2 y auront accès.

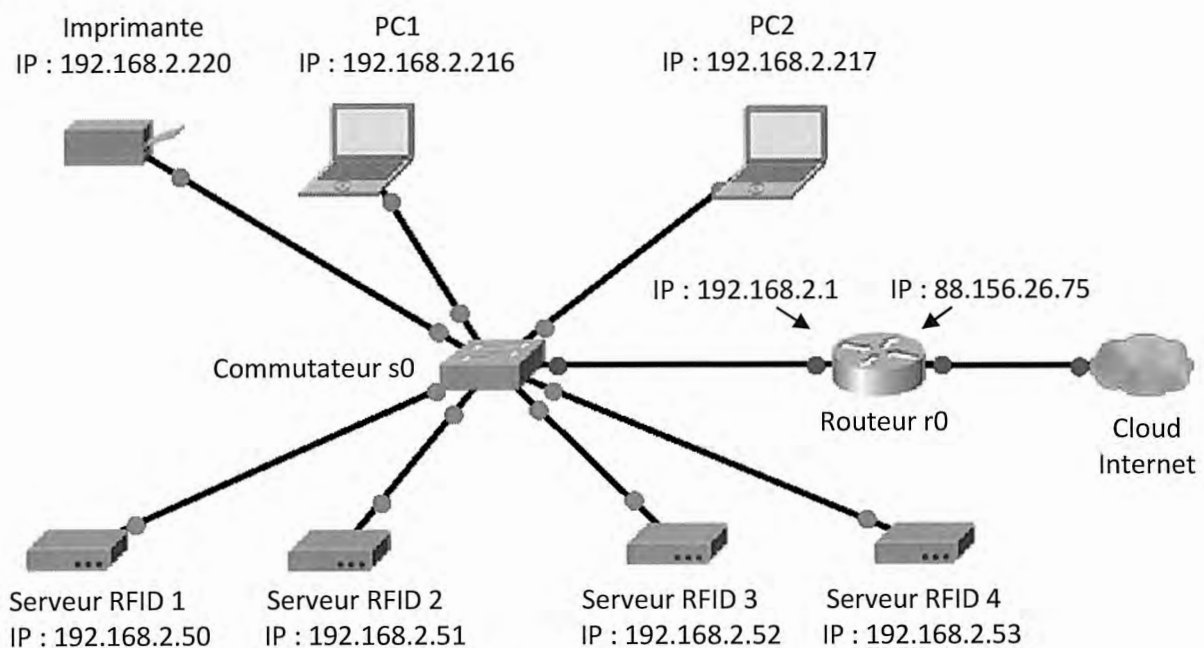


Figure 4 : réseau LAN équivalent et adressage des machines.

Question 6 : comment le VPN via internet permet-il de se protéger contre une défaillance de sécurité comme une attaque extérieure ?

Sur un des PC, un logiciel d'analyse réseau permet de capturer toutes les données transitant par son interface Ethernet.

Sur le même PC, et lors du lancement du logiciel de gestion de la course qui communique avec les détecteurs RFID, l'analyseur relève ces deux trames :

134	12.313935	CompalIn_47:80:df	Broadcast	ARP	who has 192.168.2.53? Tell 192.168.2.216
135	12.314940	MoxaTech_11:44:b0	CompalIn_47:80:df	ARP	192.168.2.53 is at 00:90:e8:11:44:b0

Détails des deux trames :

- ⊕ Frame 134: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits)
- ⊕ Ethernet II, Src: CompalIn_47:80:df (88:ae:1d:47:80:df), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
- ⊖ Address Resolution Protocol (request)
 - Hardware type: Ethernet (0x0001)
 - Protocol type: IP (0x0800)
 - Hardware size: 6
 - Protocol size: 4
 - opcode: request (0x0001)
 - [Is gratuitous: False]
 - Sender MAC address: CompalIn_47:80:df (88:ae:1d:47:80:df)
 - Sender IP address: 192.168.2.216 (192.168.2.216)
 - Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
 - Target IP address: 192.168.2.53 (192.168.2.53)
- ⊕ Frame 135: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)
- ⊕ Ethernet II, Src: MoxaTech_11:44:b0 (00:90:e8:11:44:b0), Dst: CompalIn_47:80:df (88:ae:1d:47:80:df)
- ⊖ Address Resolution Protocol (reply)
 - Hardware type: Ethernet (0x0001)
 - Protocol type: IP (0x0800)
 - Hardware size: 6
 - Protocol size: 4
 - opcode: reply (0x0002)
 - [Is gratuitous: False]
 - Sender MAC address: MoxaTech_11:44:b0 (00:90:e8:11:44:b0)
 - Sender IP address: 192.168.2.53 (192.168.2.53)
 - Target MAC address: CompalIn_47:80:df (88:ae:1d:47:80:df)
 - Target IP address: 192.168.2.216 (192.168.2.216)

Question 7 : indiquer quelle(s) machine(s) reçoit(vent) la trame 134.

Question 8 : préciser le rôle du protocole responsable de cet échange et déterminer d'après ces relevés, l'adresse MAC du tapis RFID ainsi que le nom du fabricant.

Pour mettre à l'heure et synchroniser les serveurs RFID, le PC envoie à tous les serveurs une commande de réglage contenant l'heure du PC.

Lors d'une mise à l'heure d'un serveur RFID, la communication suivante a été relevée (pour le protocole TCP, voir annexe 2) :

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
60	5.121397	192.168.2.216	192.168.2.53	TCP	58136 > ndmp [SYN] Seq=0 win=8192 Len=0 MSS=1460 wS=8
61	5.123135	192.168.2.53	192.168.2.216	TCP	ndmp > 58136 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=4096 Len=0 MS
62	5.123203	192.168.2.216	192.168.2.53	TCP	58136 > ndmp [ACK] Seq=1 Ack=1 win=64240 Len=0
63	5.123323	192.168.2.216	192.168.2.53	TCP	58136 > ndmp [PSH, ACK] Seq=1 Ack=1 win=64240 Len=26
64	5.123363	192.168.2.216	192.168.2.53	TCP	58136 > ndmp [FIN, ACK] Seq=27 Ack=1 win=64240 Len=0
66	5.128248	192.168.2.53	192.168.2.216	TCP	ndmp > 58136 [ACK] Seq=1 Ack=27 win=4070 Len=0
67	5.128249	192.168.2.53	192.168.2.216	TCP	ndmp > 58136 [ACK] Seq=1 Ack=28 win=4096 Len=0
70	5.149807	192.168.2.53	192.168.2.216	TCP	ndmp > 58136 [FIN, ACK] Seq=1 Ack=28 win=4096 Len=0
71	5.149851	192.168.2.216	192.168.2.53	TCP	58136 > ndmp [ACK] Seq=28 Ack=2 win=64240 Len=0

Détail de la trame numéro 63, avec la totalité des octets la constituant :

```

⊕ Frame 63: 80 bytes on wire (640 bits), 80 bytes captured (640 bits)
⊕ Ethernet II, Src: CompalIn_47:80:df (88:ae:1d:47:80:df), Dst: MoxaTech_11:44:b0 (00:90:e8:11:44:b0)
⊕ Internet Protocol, Src: 192.168.2.216 (192.168.2.216), Dst: 192.168.2.53 (192.168.2.53)
⊕ Transmission Control Protocol, Src Port: 58136 (58136), Dst Port: ndmp (10000), Seq: 1, Ack: 1, Len: 26
  Source port: 58136 (58136)
  Destination port: ndmp (10000)
  [Stream index: 14]
  Sequence number: 1 (relative sequence number)
  [Next sequence number: 27 (relative sequence number)]
  Acknowledgement number: 1 (relative ack number)
  Header length: 20 bytes
  ⊕ Flags: 0x18 (PSH, ACK)
  Window size: 64240
  ⊕ Checksum: 0x230d [validation disabled]
  ⊕ [SEQ/ACK analysis]
  ⊕ Data (26 bytes)
    Data: 61623030303730313131313035313730323133333731306538...
    [Length: 26]
0000 00 90 e8 11 44 b0 88 ae 1d 47 80 df 08 00 45 00 ....D... .G...E.
0010 00 42 06 97 40 00 80 06 6d c1 c0 a8 02 d8 c0 a8 .B..@... m.....
0020 02 35 e3 18 27 10 6e 01 4f 6f 00 17 86 fe 50 18 .5...'n. 00....P.
0030 fa f0 23 0d 00 00 61 62 30 30 30 37 30 31 31 31 ..#...ab 00070i11
0040 30 35 31 37 30 32 31 33 33 37 31 30 65 38 0d 0a 05170213 3710e8..

```

Question 9 : à l'aide des différents relevés de l'analyseur et du schéma du réseau LAN (voir figure 4), déterminer les configurations réseau du serveur RFID et de l'interface Ethernet IPv4 sur le PC, qui sont les deux machines concernées par cet échange. Répondre sur le document réponses.

Question 10 : déduire de ce relevé, les protocoles utilisés en couche 3 et 4 du modèle OSI.

Question 11 : expliquer comment s'effectue l'établissement et la fermeture d'une connexion au niveau de la couche transport sur le serveur, en indiquant les rôles du client et du serveur (voir annexe 2).

Au niveau de la couche application, le format de la chaîne pour une mise à l'heure est la suivante :

Hdr	ID	Len	Cmd	Date				Day		time				FCS			
				y	y	m	m	d	d	n	n	h	h		m	m	s

Question 12 : extraire du relevé la chaîne de caractères transmise au serveur pour la mise à l'heure et expliciter les informations.

Question 13 : prévoir le comportement lorsque le serveur RFID ne peut procéder au réglage de l'horloge avec les données transmises par le PC.

Question 14 : prévoir le comportement lorsque la trame 63 est perdue (non reçue par le serveur).

Question 15 : conclure quant à l'amélioration à apporter pour assurer une mise à l'heure sûre des serveurs RFID.

2^e PROBLÉMATIQUE : SUIVRE LES PERFORMANCES DES CYCLISTES

L'objectif de cette partie est de mettre en adéquation les performances physiques du cycliste avec la typologie du parcours par une mesure précise de la puissance développée.

Dans certains sports comme la natation en bassin ou l'athlétisme dans un stade, où l'environnement est standardisé, les performances sont quantifiées par un temps et ainsi les prestations peuvent être comparées entre elles au fil d'une saison ou d'une carrière. En cyclisme sur route, les conditions environnementales de la course ne sont jamais les mêmes, la simple mesure de temps ne permet pas à l'entraîneur de savoir si, son sportif a su gérer l'effort au cours de la course, a été performant par rapport à ses capacités physiques habituelles, il est donc difficile pour lui de programmer des entraînements ciblés.

Ces dernières décennies, les capteurs de puissance fixés sur les vélos se sont démocratisés et permettent de mesurer en conditions réelles de déplacement la puissance développée par le sportif. Cette puissance représente l'effort réel produit par le cycliste puisqu'elle renvoie à l'énergie mécanique dépensée. Ainsi, la mesure de la puissance mécanique en regard de l'effort réalisé est plus précise qu'avec le temps (dépendant de la course) ou la vitesse (dépendante du terrain ou du vent).

Partie 2.1. : étude de la puissance développée par un athlète.

Objectif : évaluer la puissance mécanique développée par un cycliste

Pour avancer et vaincre les résistances (traînées aérodynamiques, résistance au roulement, et force de gravité) qui s'opposent à lui, le cycliste doit produire une énergie. Cette énergie, dite chimique de la contraction musculaire lorsqu'il appuie sur les pédales, se transforme en énergie de propulsion mécanique qui fait tourner les manivelles, qui elles-mêmes entraînent la chaîne puis la roue arrière pour faire avancer le vélo.

La puissance développée par un cycliste provient de trois sources d'énergie différentes :

- le processus phosphagène qui est une transformation chimique au niveau des muscles et fournit la **Puissance Anaérobie Alactique** ;
- le processus glycolyse qui est une consommation des glucides (sucres) et fournit la **Puissance Anaérobie Lactite**. C'est la puissance de réserve qui peut être utilisée à tout moment d'un exercice et qui aboutit à l'épuisement lorsqu'elle est totalement consommée ;
- le processus aérobie qui est la consommation d'oxygène et fournit la **Puissance Aérobie**. C'est la puissance qui peut être maintenue sans épuisement. Elle a une durée infinie dans le temps.

La courbe ci-dessous (voir figure 5) est le résultat d'un test d'effort d'un individu de 70 kg. Elle indique l'évolution de la puissance mécanique maximale par rapport à la production énergétique des différents métabolismes de l'individu testé.

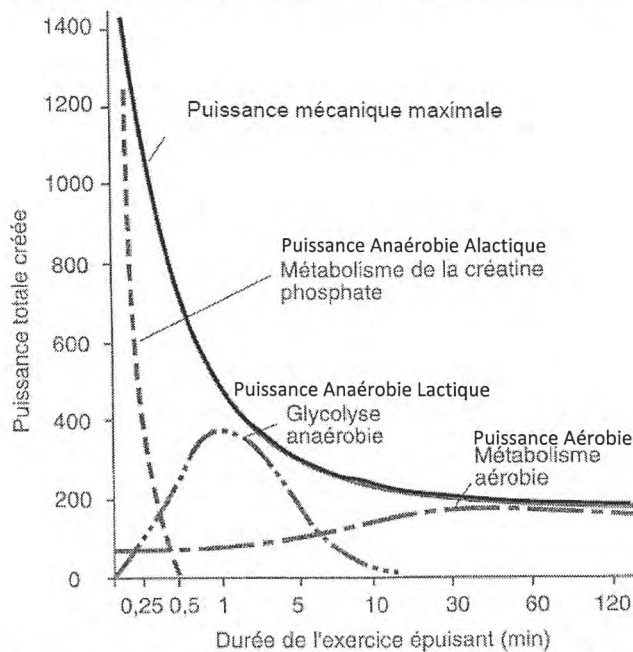


Figure 5 : évolution de la puissance mécanique maximale par rapport à la production énergétique.

Question 16 : à partir de la figure 5, déterminer les 2 puissances maximales Anaérobie Lactique et Aérobie qui caractérisent les capacités sportives de l'individu testé dans le cas d'un d'effort de moyenne et longue durée.

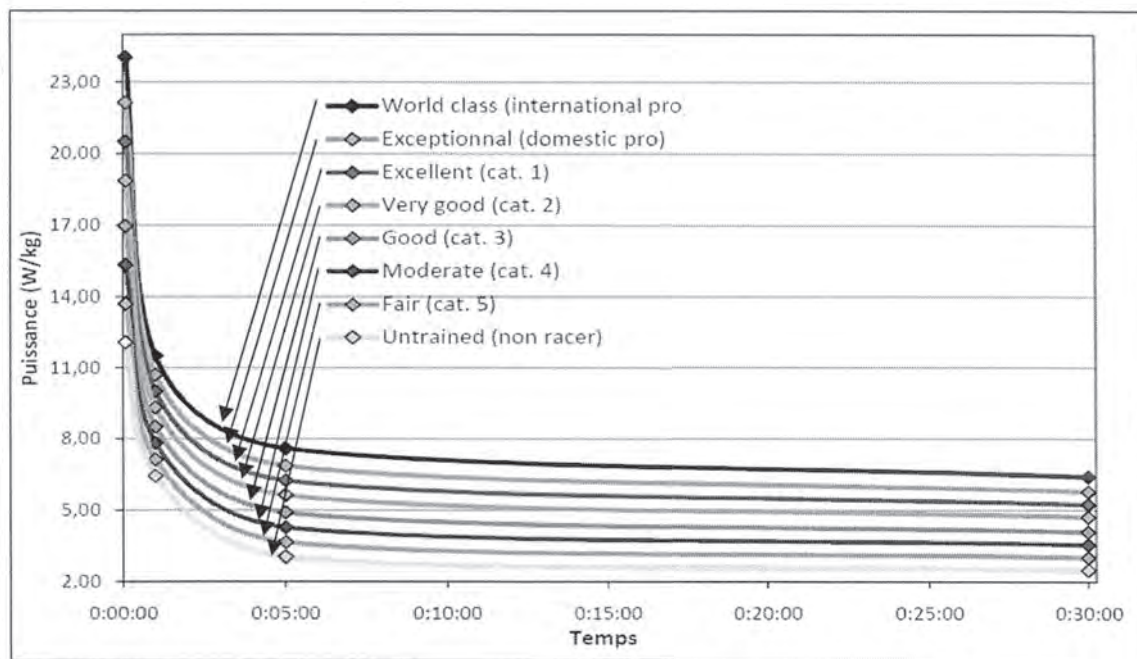


Figure 6 : puissance massique en fonction du temps d'effort (hh:mm:ss) pour des athlètes masculins.

Question 17 : à partir de la figure 6, conclure sur le niveau de performance de l'individu caractérisé à la figure 5.

Objectif : déterminer le niveau sportif d'un cycliste à partir de la puissance moyenne développée lors d'une course.

Nous allons tout d'abord modéliser la puissance $P_{méca}$ développée par le cycliste en fonction de différents paramètres dans le cas d'un déplacement sur une pente d'angle α représenté de façon simplifiée sur le schéma de la figure 7.

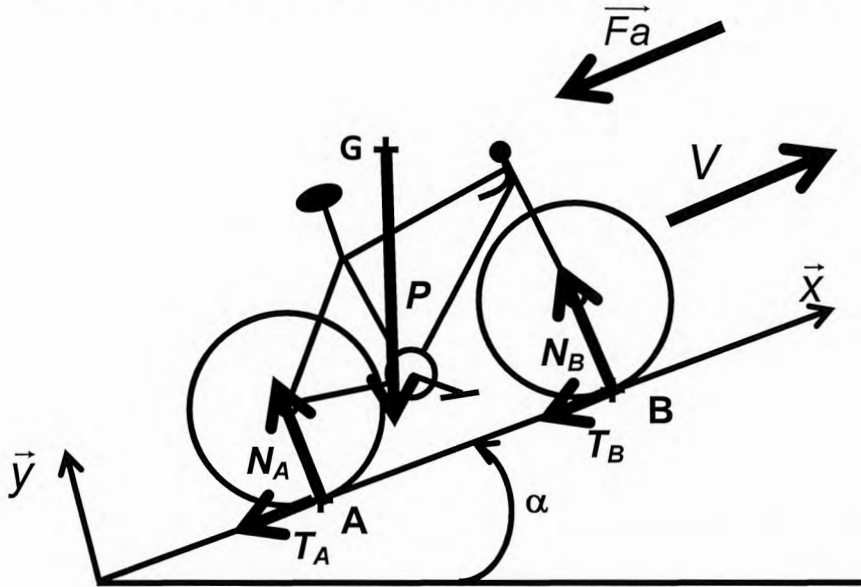


Figure 7 : déplacement d'un cycliste.

Notations

- M masse de l'ensemble {cycliste + vélo}
- g accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)
- D_{roue} diamètre de la roue
- f coefficient de résistance au **roulement** du pneu sur la route
- α angle d'inclinaison de la route par rapport à l'horizontale
- C_x coefficient de pénétration dans l'air de l'ensemble {cycliste + vélo}
- ρ masse volumique de l'air
- S surface frontale normale à la direction du déplacement
- V vitesse de déplacement dans la direction de la route de l'ensemble {cycliste + vélo}

\overline{Fa} force de résistance de l'air de norme $Fa = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$

- N_A composante normale de la force route/roue en A
- T_A composante tangentielle de la force route/roue en A
- N_B composante normale de la force route/roue en B
- T_B composante tangentielle de la force route/roue en B
- P poids de l'ensemble {cycliste+vélo}

Hypothèses :

- roulement sans glissement ;
- moments d'inertie des deux roues négligés ;
- Fa s'applique au centre de gravité de l'ensemble ;
- vitesse constante ;
- toutes les liaisons de l'ensemble {cycliste+vélo} sont parfaites.

Question 18 : écrire la relation entre la composante normale N_A et la composante tangentielle T_A de l'action de contact route/roue dans le cas d'un roulement sans glissement.

Question 19 : en appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ensemble {cycliste+vélo}, en déduire l'expression de la puissance mécanique notée $P_{méca}$ fournie par le cycliste lors de l'ascension d'une pente d'angle α à la vitesse V . Exprimer $P_{méca}$ en fonction de $M, g, C_x, \rho, S, f, \alpha$ et V .

On se place dans le cas du duathlon du Pilat de septembre 2011.

Caractéristiques du parcours vélo

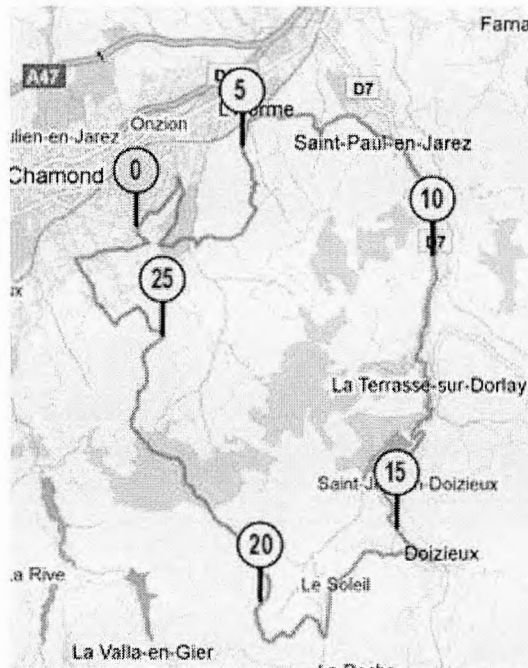


Figure 8 : parcours vélo du duathlon du Pilat

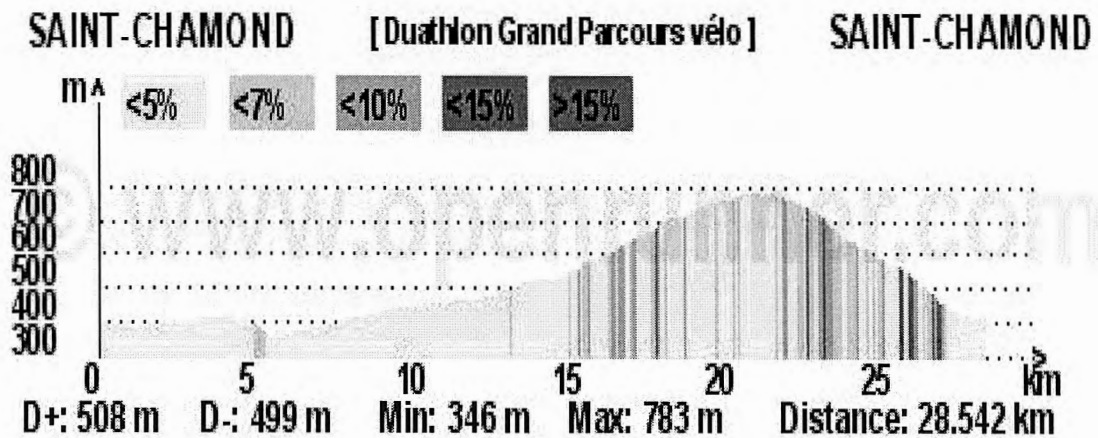


Figure 9 : dénivelé du parcours vélo du duathlon du Pilat.

Caractéristiques du vainqueur de la course

Taille : 1,70 m

Masse : 70 kg

Masse du vélo : 8 kg

Relevé des temps intermédiaires du vainqueur

Parcours	Début parcours	Début ascension		Fin ascension	Fin parcours
Kilomètre du parcours vélo	0	6	15	21	28,542
Temps intermédiaire	00:34:20	00:44:50	00:57:08	1:24:26	1:34:46

Le tableau ci-dessous indique les valeurs typiques de surface frontale S , de coefficient aérodynamique C_x , de coefficient de roulement f pneu/route et la masse volumique de l'air ρ suivant l'altitude.

Valeurs typiques de la surface frontale en m^2 notée « S » en m^2	Valeurs typiques du coefficient aérodynamique « C_x »
0,45 taille comprise entre 1,85 et 1,80 pour 80 kg	Cycliste moyen 0,800
0,425 taille comprise entre 1,80 et 1,75 pour 75 kg	+/- facteurs qui influencent le coefficient aérodynamique
0,4 taille comprise entre 1,75 et 1,70 pour 65 kg	-0,05 en cas de roues aérodynamiques
+/- Facteur de correction corporelle	-0,012 si équipement aérodynamique (casque)
+0,025 si 5 kg en plus par rapport au poids indiqué	+0,012 si équipement large ou de vêtements qui flottent au vent
-0,025 si 5 kg en moins par rapport au poids indiqué	-0,012 si vélo avec profil aérodynamique
+0,025 si position haute sur le vélo	+0,012 si position haute sur le vélo
-0,025 si position basse sur le vélo	-0,012 si position basse sur le vélo
Valeurs typiques du coefficient de roulement f	Valeurs typiques de la densité de l'air ρ ($kg \cdot m^{-3}$)
0,011 vélodrome	1,225 à 0 m
0,012 ciment	1,167 à 500 m
0,014 asphalte rugueux	1,111 à 1 000 m
0,016 asphalte route en mauvais état	1,0057 à 1 500 m

Question 20 : à l'aide des figures précédentes, déterminer la longueur de l'ascension du col du parcours vélo ainsi que son dénivelé et en déduire l'inclinaison moyenne en %.

Question 21 : dans le cadre uniquement de l'ascension du duathlon, calculer la puissance développée par le vainqueur de la course.

Question 22 : conclure quant au niveau sportif du vainqueur du duathlon du Pilat, en vous aidant de la figure 6.

Partie 2.2. : étude du capteur de puissance.

Pour maîtriser sa course, le cycliste doit connaître sa puissance développée et ainsi éviter l'épuisement lors de la compétition, le coureur cycliste a besoin de connaître sa puissance développée à tout instant. Pour cela les cyclistes professionnels munissent leurs vélos de capteur de puissance type SRM dont la précision est définie à +/- 0,5%. Un objectif de gain de puissance de 20 W sur une saison est un objectif raisonnable pour un cycliste professionnel. La précision du capteur est donc un critère fondamental pour pouvoir mesurer la progression du sportif et valider l'efficacité des séances d'entraînement.

Nous rappelons ici qu'une puissance mécanique notée $P_{méca}$ (en watt) est une quantité de travail (en joules) accomplie par unité de temps (en seconde) et que dans le cas du cyclisme, nous l'obtenons par le produit du couple (force appliquée sur les manivelles en rotation) ($N \cdot m$) par la vitesse de pédalage (en $rad \cdot s^{-1}$).

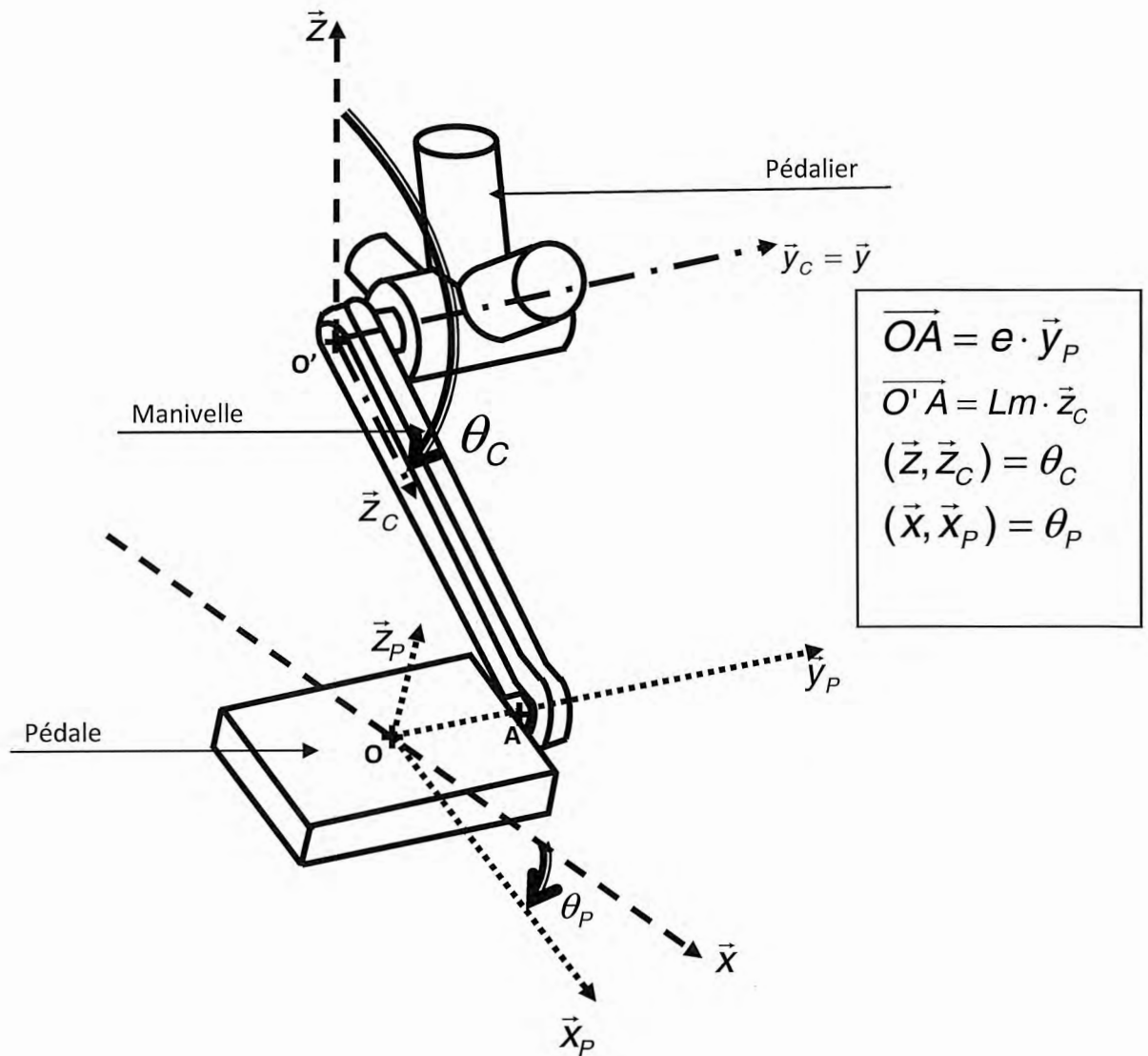
Objectif : déterminer l'endroit le plus adéquat sur le vélo pour effectuer la mesure du couple de pédalage.

La force appliquée sur les manivelles à une certaine vitesse de pédalage renvoie à la $P_{méca}$. Dans la partie précédente, nous avons vu que pour se déplacer, le cycliste doit vaincre les différentes résistances externes à son avancement. Il doit donc créer au niveau du pédalier un couple de pédalage noté C_p , à partir des moments articulaires de la hanche, du genou et de la cheville.

La figure ci-dessous schématise le système de transmission de l'action mécanique exercée par le cycliste au vélo :

Notations :

- $R(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ repère lié à la route où \vec{x} est la direction du déplacement du vélo (horizontale) ;
- $R(O, \vec{x}_C, \vec{y}_C, \vec{z}_C)$ repère lié à la manivelle ;
- $R(O, \vec{x}_P, \vec{y}_P, \vec{z}_P)$ repère lié à la pédale ;
- O centre de la pédale ;
- (O, \vec{y}_C) axe de rotation du pédalier dans son mouvement par rapport à la manivelle ;
- (O, \vec{y}_P) axe de rotation de la pédale dans son mouvement par rapport à la manivelle ;
- e demi-largeur de la pédale ;
- L_m longueur de la manivelle.



Hypothèses :

- la pédale est en liaison pivot parfaite avec la manivelle ;
- la manivelle est en liaison pivot parfaite avec le pédalier ;
- l'action mécanique de la chaussure sur la pédale est modélisable par un glisseur.

$$\{T(\text{chaussure} \rightarrow \text{pédale})\} = \begin{Bmatrix} Fx \cdot \vec{x}_P + Fy \cdot \vec{y}_P + Fz \cdot \vec{z}_P \\ \vec{0} \end{Bmatrix}$$

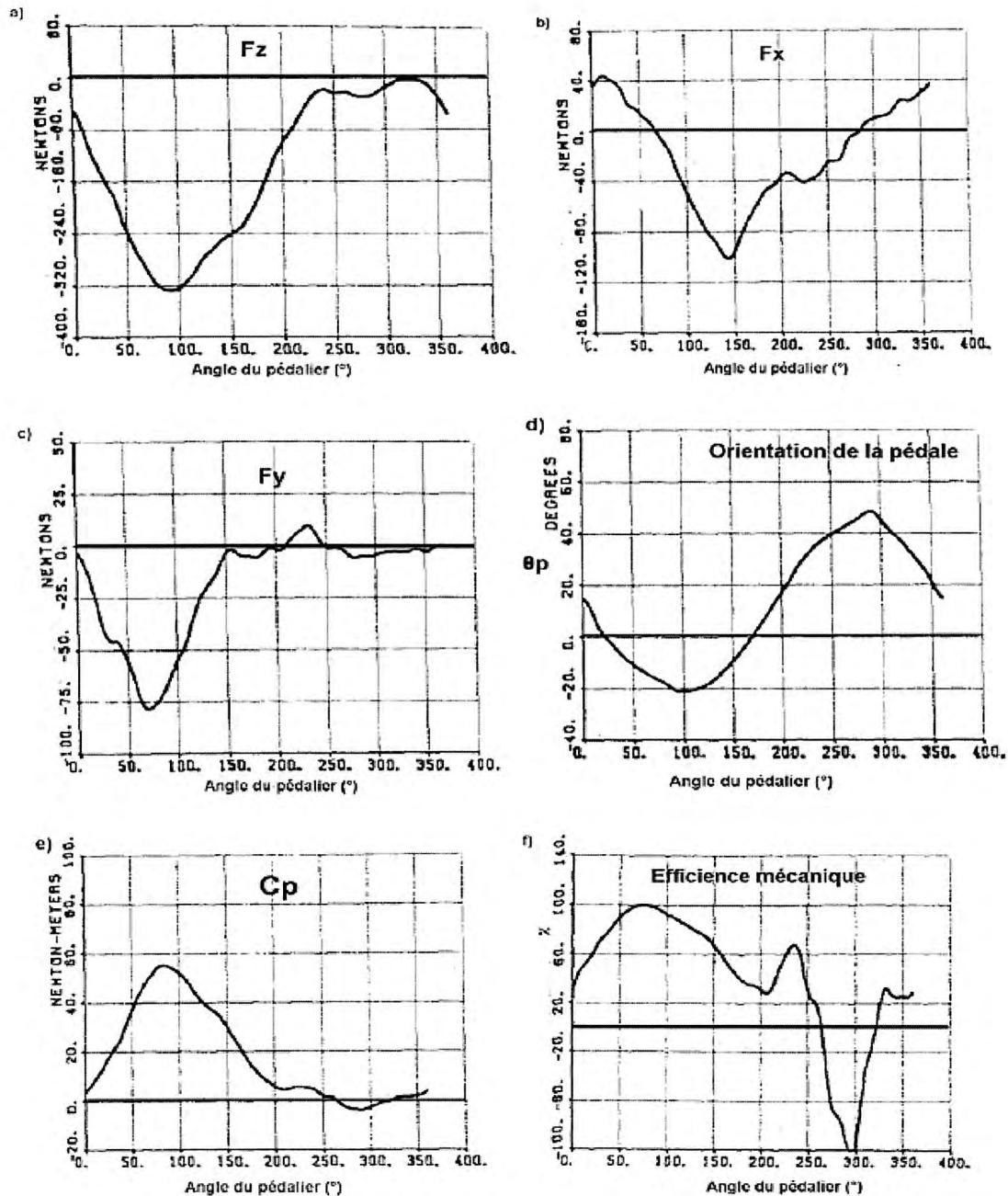
F_x est appelée la composante tangentielle
 F_y est appelée la composante transversale
 F_z est appelée la composante normale

Question 23 : tracer les figures planes faisant apparaître les angles θ_P et θ_C

Question 24 : exprimer le torseur de l'action de la chaussure sur la pédale en O' . En déduire les expressions des composantes M_x , M_y et M_z du couple de pédalage en fonction de F_x , F_y , F_z , θ_C , θ_P , e et Lm .

Question 25 : en déduire l'expression du couple propulsif notée C_p en fonction de $F_x, F_z, \theta_c, \theta_p, e$ et L_m .

Un vélo instrumenté muni de capteurs pour la mesure des efforts sur les pédales, d'un capteur de couple sur le pédalier et de capteurs d'angles a permis de réaliser les relevés suivant chez un cycliste pédalant à $80 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ sur un ergomètre à rouleau à la vitesse de $33 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$:



Question 26 : à partir des courbes ci-dessus, indiquer la valeur du couple propulsif maximal C_{pmax} noté $C_{pmax}(\text{mesuré})$ et la position de la manivelle pour laquelle cette valeur maximale est atteinte.

Question 27 : à partir des courbes ci-dessus, relever F_z et F_x pour la position de la manivelle où le couple maximal est atteint.

Question 28 : à l'aide des valeurs de F_x et F_z relevées à la question précédente et l'expression du couple C_{pmax} de la question n°25, calculer C_{pmax} noté $C_{pmax}(\text{calculé})$.

Question 29 : comparer vos résultats C_{pmax} (mesuré) et C_{pmax} (calculé). Conclure en précisant les avantages et les inconvénients d'une mesure du couple propulsif produit par le coureur par une mesure des efforts sur les pédales, par une mesure du couple sur le pédalier ou par une mesure du couple sur le moyeu de la roue arrière.

Objectif : mesurer précisément la vitesse du vélo.

Pour mesurer la puissance, les coureurs montent des systèmes type PowerMeter SRM qui se compose d'un capteur de couple (non étudié ici) et d'un capteur de mesure de la vitesse du vélo. Le SRM existe sans fil, transmission 2,4 GHz compatible ANT+, ce qui permet de visualiser sur l'écran du PowerControl : puissance, vitesse, distance, intervalle, zones d'intensité, fréquence cardiaque, chronomètre, altitude et température.



Système PowerMeter de SRM



Système PowerControl de SRM

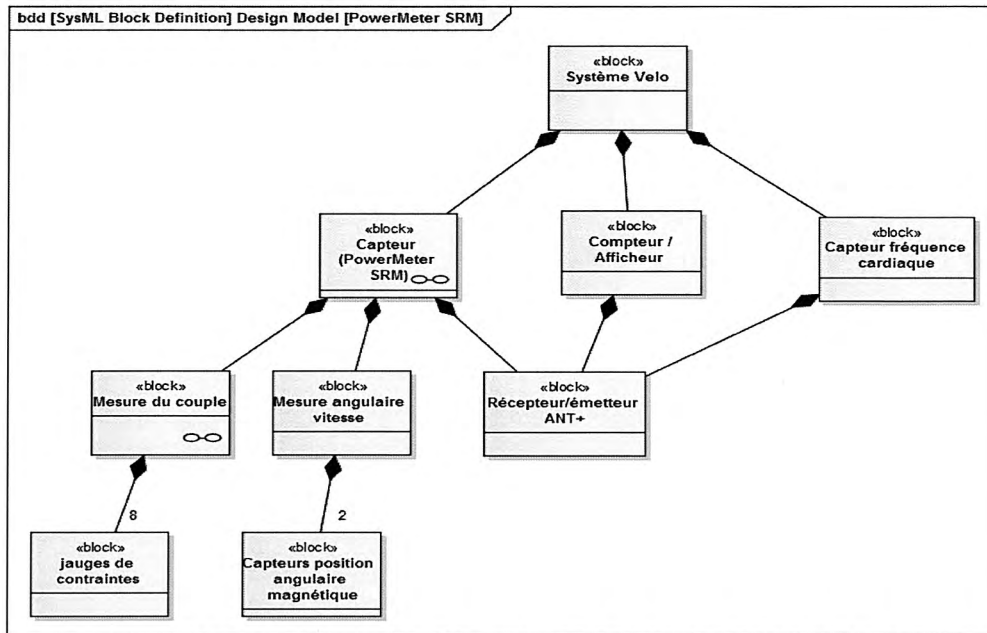


Figure 10 : diagramme de définitions de blocs du PowerMeter SRM

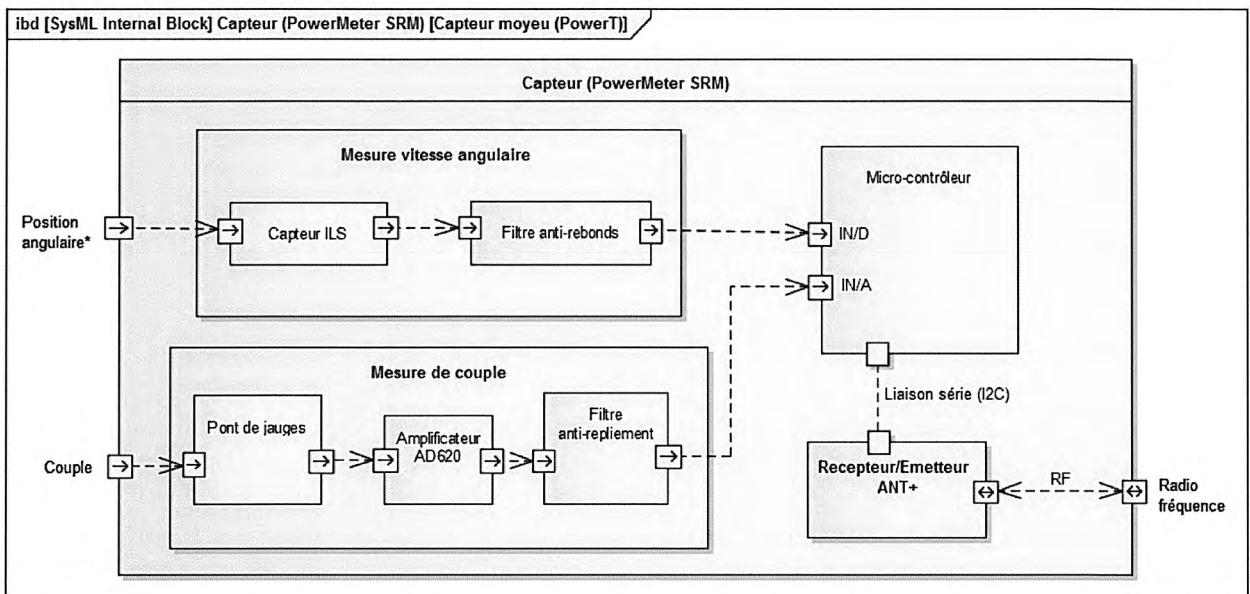


Figure 11 : diagramme de blocs interne du PowerMeter SRM

La vitesse du vélo est mesurée par un capteur magnétique qui détecte la position de deux aimants diamétralement opposés sur l'essieu.

Données

Diamètre de la roue $D_{roue} = 700$ mm

Plage de vitesses = 3 à 95 km·h⁻¹

Question 30 : exprimer le temps entre deux impulsions T_i en fonction de la vitesse d'avance du vélo V en m·s⁻¹.

Question 31 : déterminer la durée minimale T_{imin} en seconde entre deux impulsions du capteur.

Question 32 : déterminer le nombre total de commutations effectué par le détecteur de position lorsque le vélo aura parcouru 50 000 km.

Deux technologies de détecteur ont été envisagées : à effet Hall et ILS (Interrupteur Lame Souple). Les caractéristiques d'un détecteur à effet Hall et d'un détecteur ILS sont données en annexe 3.

Question 33 : écrire les principes de fonctionnement du capteur à effet Hall et de l'ILS.

Question 34 : comparer les caractéristiques des deux technologies en cochant dans le tableau du document réponses le type de détecteur qui est le plus performant pour chaque critère.

La solution retenue est le détecteur ILS.

Question 35 : conclure sur la validité du choix du détecteur ILS à répondre aux contraintes de l'application.

Objectif : adapter la cadence de pédalage en fonction de la puissance à fournir.

À vélo, la puissance à fournir pour rouler à une vitesse donnée peut être obtenue en en mettant l'accent :

- sur la cadence, on mouline alors à haute fréquence ;
- ou sur l'effort, on enroule alors un plus gros braquet (plateau-pignon) en tournant les jambes plus lentement.

Les vélos de course comportent au moins 2 braquets différents au niveau du pédalier et 10 pignons sur la roue arrière.

Braquet	Pignon
Zb1 = 53 dents	Zp1 = 11 dents
Zb2 = 42 dents	Zp2 = 12 dents
	Zp3 = 13 dents
	Zp4 = 14 dents
	Zp5 = 15 dents
	Zp6 = 16 dents
	Zp7 = 18 dents
	Zp8 = 20 dents
	Zp9 = 22 dents
	Zp10 = 24 dents

Question 36 : combien le vélo comporte-t-il de vitesses possibles ?

Question 37 : calculer le plus petit rapport de réduction de la chaîne de transmission du vélo? Justifier pourquoi cette configuration est appelée la 1^{ère} vitesse ? Dans quelle situation de route est-elle utilisée ?

Question 38 : exprimer la vitesse du vélo V en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ en fonction de la cadence de pédalage N_p en $\text{tr}\cdot\text{min}^{-1}$, de Z_b , Z_p et D_{roue} (D_{roue} diamètre de la roue).

Question 39 : calculer N_p dans le cas où le vélo se déplace à $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en première vitesse pour une roue de vélo de 700 mm de diamètre.

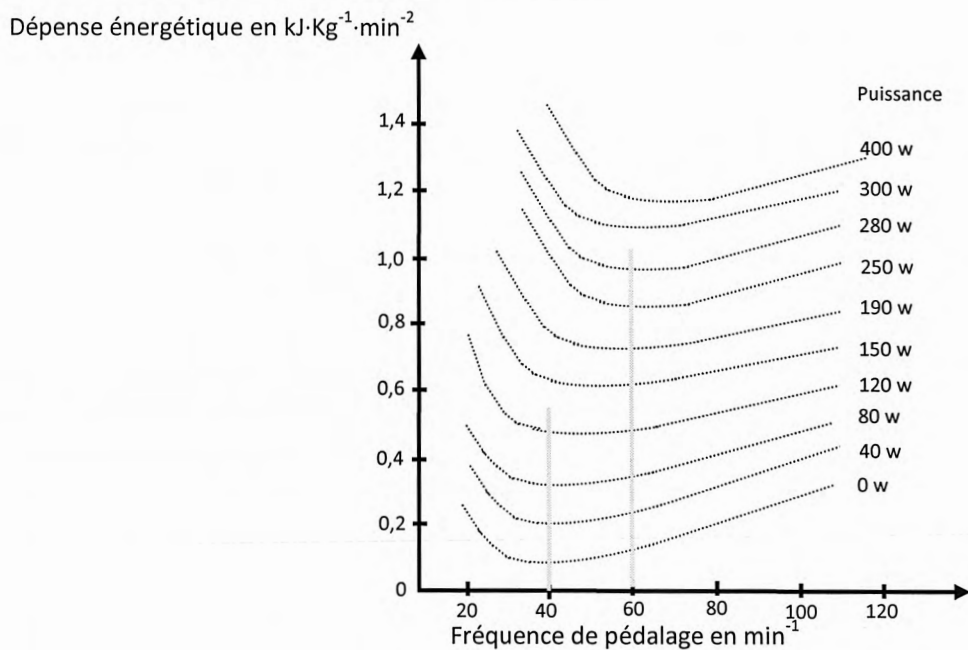


Figure 12 : dépense énergétique en fonction de la cadence.

Question 40 : en vous référant aux courbes de la figure 12 ci-dessus, déterminer la cadence de pédalage optimale pour le duathlon sachant que le vainqueur de la course a fourni une puissance de 400 W à une vitesse de $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ en moyenne lors de la phase montagnaise du duathlon.

Question 41 : conclure en déterminant le choix braquet-pignon qui permet le meilleur rendement énergétique, utilisé par le vainqueur de la course lors de son ascension ?

3^e PROBLÉMATIQUE : ASSURER L'ENTRAÎNEMENT DES CYCLISTES

Objectif principal : obtenir avec un système « home-trainer » un entraînement sportif sur vélo équivalent à un entraînement réel sur route.

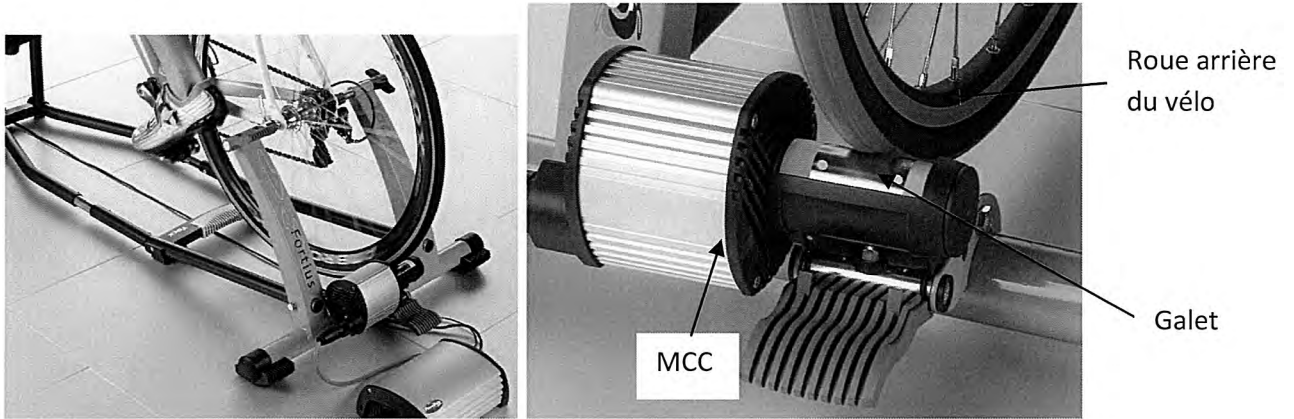
L'home-trainer est un appareil permettant d'utiliser son propre vélo pour s'entraîner chez soi lorsque les conditions climatiques ne permettent pas de le faire à l'extérieur.

L'objectif du système home-trainer est de simuler le plus fidèlement possible les sensations ressenties sur la route avec la possibilité d'évoluer dans des parcours virtuels proposés par le logiciel associé. Le logiciel simule des adversaires gérés par le système ou des adversaires réels connectés sur Internet. Dans ce module, il est également possible de paramétrer les conditions météorologiques



telles que la pluie ou le vent. Le rendu des différents parcours est particulièrement réaliste avec de nombreux détails tels que : spectateurs sur le bord de la route, promeneurs, petits et gros animaux, avions, etc.

Le home-trainer étudié est composé d'un puissant frein moteur électrique (machine à courant continu) qui simule, avec la même résistance que celle ressentie sur la route, les ascensions, mais également les descentes. La puissance maximale absorbée au niveau de la roue arrière est annoncée à 1 200 watts (moyenne sur un cycle de pédalage). Le home-trainer récupère l'énergie fournie par le cycliste pour la transmettre au réseau électrique sur lequel il est branché (230 V, 50 Hz), ce système de récupération d'énergie est identique à ceux utilisés sur les métros ou les trains lors du freinage. En fonction du contexte, la machine à courant continu (MCC) fonctionne comme un moteur dans les descentes et comme un générateur dans les montées. La puissance de la machine à courant continu est transmise directement à la roue par frottement par l'intermédiaire d'un galet situé sur l'arbre moteur.



Le vélo est fixé par la roue avant, la roue arrière est en liaison avec un galet, le galet est en liaison directe avec une machine à courant continu, la machine est alimentée par le réseau (230 V, 50 Hz) via un convertisseur alternatif/continu.

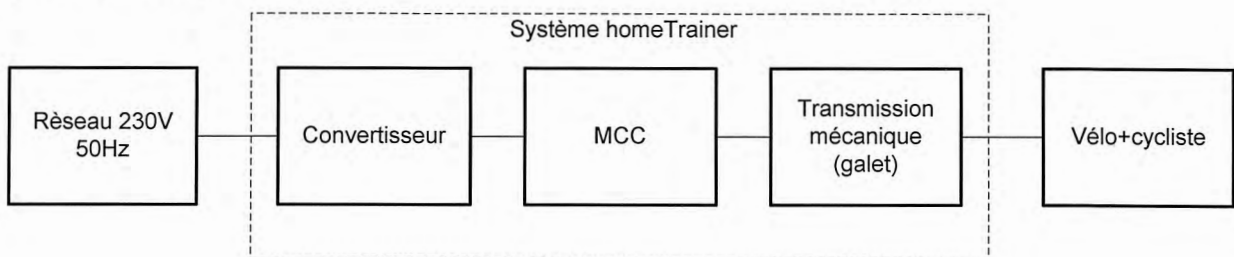


Figure 13 : chaine d'énergie du home-trainer.

Notations et grandeurs numériques

Grandeurs cinématiques

- ω_{roue} fréquence de rotation de la roue arrière du vélo par rapport au châssis
- ω_m fréquence de rotation du rotor de la machine CC par rapport au stator

Actions mécaniques

Tous les moments sont ramenés autour de l'axe de rotation du galet

- C_m moment de l'action mécanique du stator sur le rotor de la machine CC
- C_{cyc} moment de l'action mécanique du cycliste
- C_{pente} moment des actions mécaniques de pesanteur dans les conditions réelles
- C_{aero} moment de l'action mécanique des forces aérodynamiques sur le cycliste dans les conditions réelles
- C_{roulPR} moment de l'action mécanique résultant du roulement pneu/route
- C_{roulPG} moment de l'action mécanique résultant du roulement pneu/galet

Caractéristiques de la machine à courant continu

- U_m tension moteur
 I_m courant moteur
 P_n puissance nominale
 K_e constante de fem
 K_t constante de couple

Données constructeurs

- P_{mMax} = 2 000 W
 C_{mMax} = 4,8 N·m
 ω_{mMax} = 850 rad·s⁻¹

Dimensions

- R_{roue} rayon du pneu de la roue du vélo (R_{roue} = 350 mm)
 R_{galet} rayon du galet (R_{galet} = 20 mm)

Grandeurs inertielles

- J_g moment d'inertie du rotor moteur et du galet autour de leur axe de rotation
 $J_g = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
 J_{cv} moment d'inertie équivalent du cycliste et du vélo autour de l'axe de rotation du galet

Autres grandeurs

- M masse de l'ensemble cycliste + vélo (M = 80 kg)

Partie 3.1. : étude de la chaîne d'énergie

Objectif : déterminer les caractéristiques principales des convertisseurs afin d'optimiser les transferts de la chaîne d'énergie.

Une simulation du système home-trainer permet d'obtenir le tracé C_m en fonction ω_m de la MCC en convention moteur (voir figure 16) dans le document réponses. Le fonctionnement représente le cas d'une descente, le cycliste part à l'arrêt en P0, il pédale jusqu'à P1 puis arrête de pédaler en P2. Entre P2 à P3 le home-trainer simule la phase de décélération puis en P3 la phase de descente à vitesse constante en roue libre.

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).

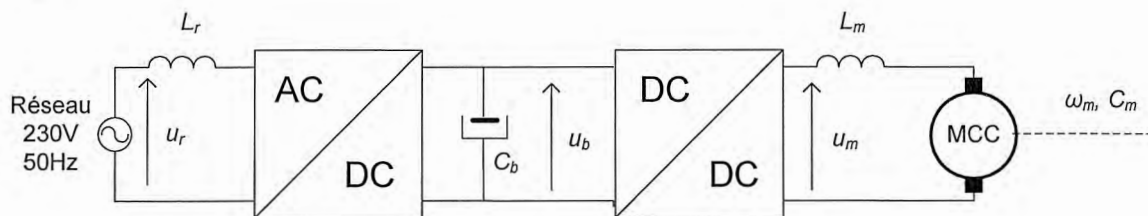


Figure 14 : schéma simplifié de la chaîne de conversion électrique.

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.

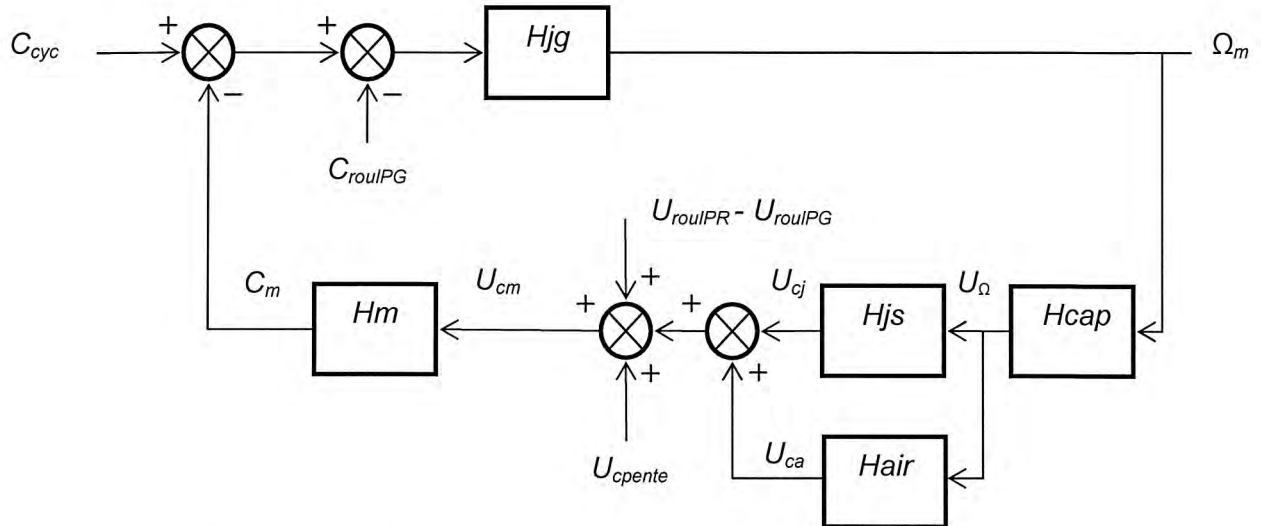


Figure 15 : modèle du home-trainer avec l'élaboration de la loi de commande.

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_{rouIPR}	tension image du couple de roulement des pneus sur la route
U_{rouIPG}	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_{aire}	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 $H_m = H_{cap} = 1$.

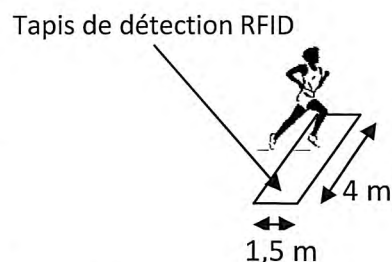
Question 52 : conclure sur l'élaboration de la loi de commande en précisant quelle partie de la figure 15 devra être programmée.

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

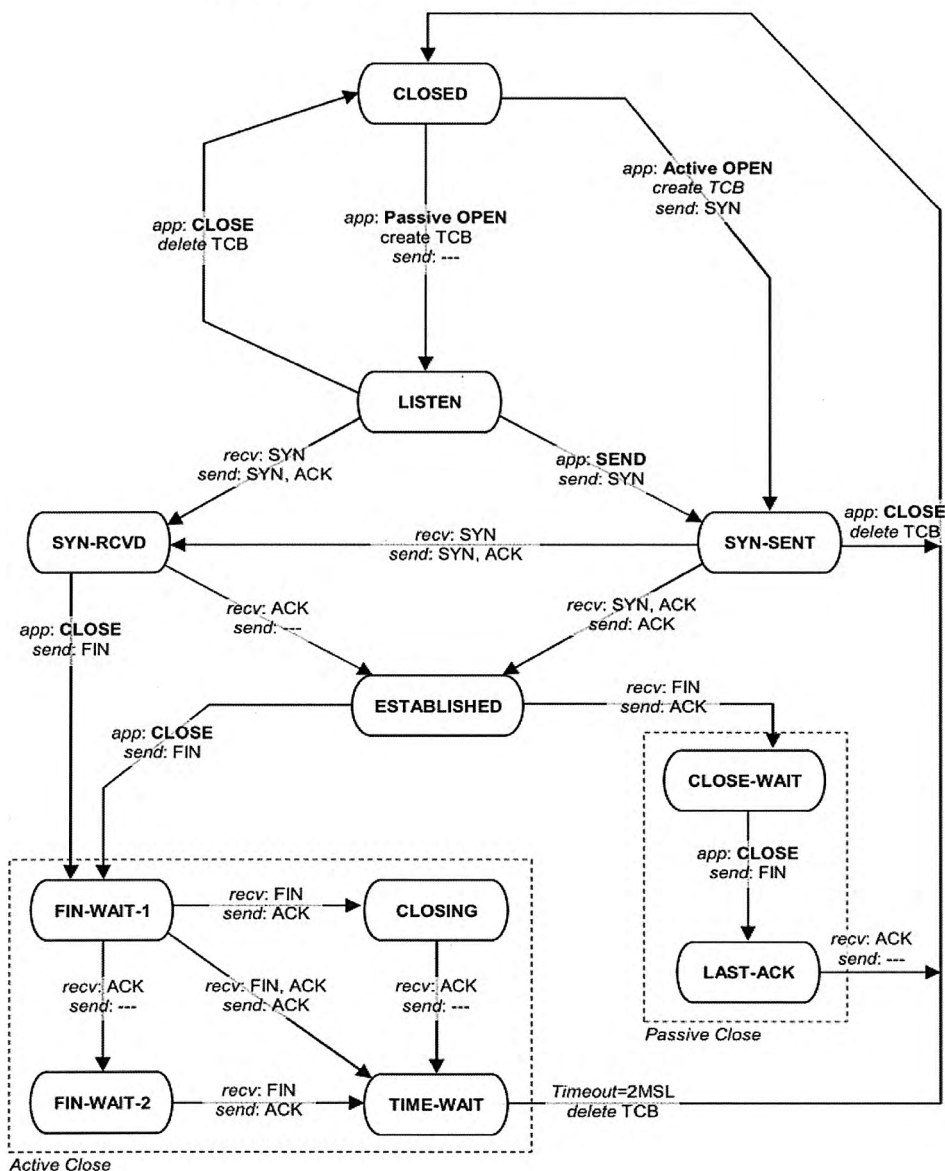
Segment TCP

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
↓

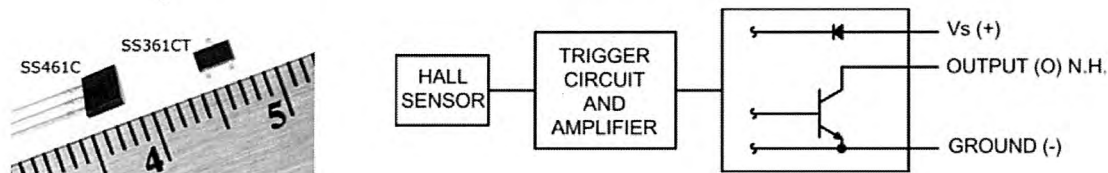
Le Checksum TCP est constitué du complément à 1 sur 16 bits de la somme des compléments à 1 des octets de l'en-tête et des données pris deux par deux (mots de 16 bits).

Diagramme d'état du protocole TCP



Annexe 3 : détecteur de position magnétique

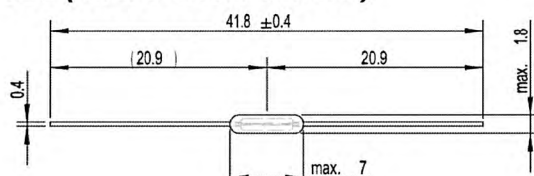
Détecteur de position à effet Hall et deux aimants



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

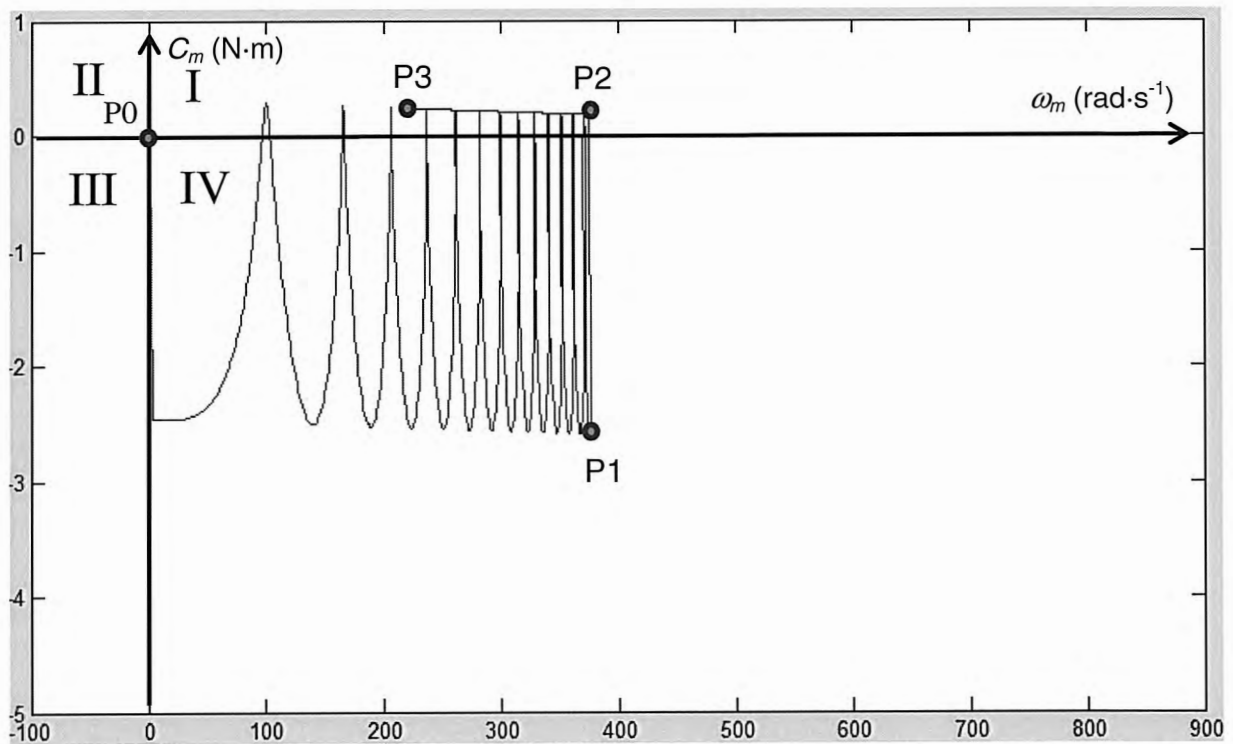


Figure 16 : quadrants de fonctionnement de la MCC, courbe du couple en fonction de la vitesse de rotation.