

الصفحة	<p style="text-align: center;">الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2021 - الموضوع -</p>		<p style="text-align: center;">  المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي المركز الوطني للتقويم والامتحانات </p>
1			
24			
***|	TTTTTTTTTTTTTTTTTTTT	NS 46	

4h	مدة الإجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	الشعبة أو المسلك

HYDROLIENNE

☞ Le sujet comporte au total 24 pages.

☞ Le sujet comporte 3 types de documents :

- Pages 02 à 12 (Feuilles Jaunes) : Socle du sujet comportant la présentation et les situations d'évaluation (SEV).
- Pages 13 à 16 (Feuilles Roses) : Documents ressources portant la mention **DRES XX**.
- Pages 17 à 24 (Feuilles Blanches) : Documents réponses portant la mention **DREP XX**.

Le sujet comporte 3 situations d'évaluation (SEV) :

SEV1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance (sur 24 pts)

SEV2 : Étude énergétique (sur 26,5 pts)

SEV3 : Étude partielle de la chaîne d'information (sur 29,5 pts)

Les 3 situations d'évaluation sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre quelconque après lecture de l'introduction et de la description.

La numérotation des questions est continue : de la question N° 1 à la question N° 44.

Toutes les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses **DREP XX**.

Si l'espace réservé à la réponse à une question vous est insuffisant, utilisez votre feuille de rédaction en y indiquant le numéro de la question concernée.

☞ Les pages portant en haut la mention **DREP XX** (Feuilles Blanches) doivent être obligatoirement jointes à la copie du candidat même si elles ne comportent aucune réponse.

☞ Le sujet est noté sur 80 points.

☞ Aucun document n'est autorisé.

☞ Sont autorisées les calculatrices non programmables.

I. Introduction

Une hydrolienne est une machine qui produit de l'énergie électrique à partir du mouvement de l'eau de mer appelé courant. On distingue les courants marins situés en pleine mer et les courants de marées situés près des côtes.

Tout en **préservant l'environnement marin**, une hydrolienne permet de **convertir l'énergie hydrocinétique** fournie par le mouvement de l'eau de mer en **énergie électrique**.

Il existe plusieurs types d'hydroliennes, certaines sont totalement sous l'eau (hydroliennes sous-marines : Figure 1), d'autres à la surface de l'eau (hydroliennes à flots).

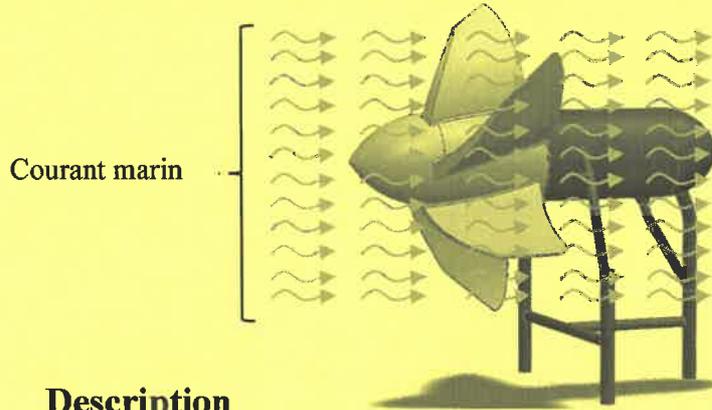


Figure 1 : Hydrolienne sous-marine

II. Description

L'hydrolienne sous-marine, objet de l'étude, est constituée (Figure 2) :

- D'un corps composé d'une coque et d'un support ;
- D'une hélice composée de plusieurs pales ;
- D'un multiplicateur mécanique de vitesse ;
- D'un alternateur qui converti l'énergie mécanique en énergie électrique;
- D'une armoire, appelée couramment « convertisseur AC/AC », contenant les appareils de conversion, de commande et de protection ;
- Des câbles de transport électrique ;
- D'un poste à terre permettant le raccordement de l'hydrolienne au réseau électrique.

Le FAST simplifié de l'hydrolienne fourni en DRES 01 précise les solutions constructives adoptées.

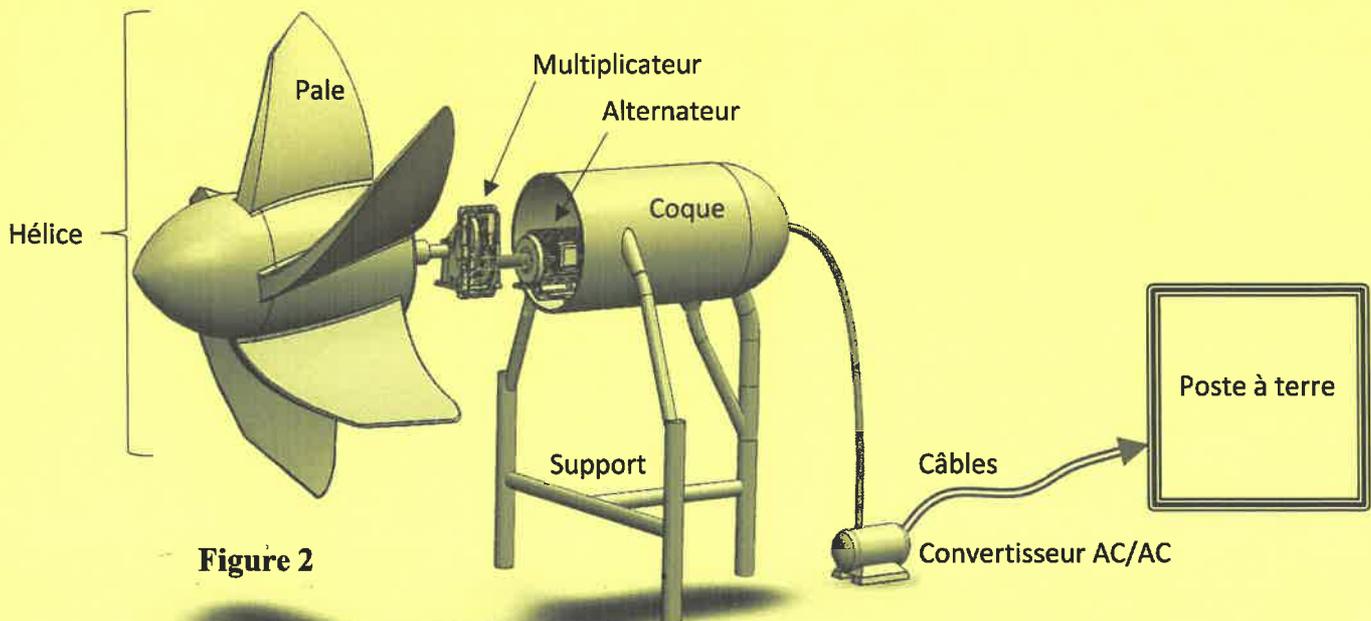


Figure 2

SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance [24 pts]

1- ANALYSE FONCTIONNELLE

Tâche 1 : Application de quelques outils de l'analyse fonctionnelle

Dans le but d'identifier le besoin et les fonctions de service, on se propose d'appliquer à l'hydrolienne quelques outils de l'analyse fonctionnelle.

- Identification du besoin.

Question : 1. Compléter le diagramme « bête à cornes »

1,5 pt

- Définition des fonctions de service de l'hydrolienne et de leurs relations.

Question : 2. Quels sont les deux types de fonctions de service utilisées dans un diagramme « pieuvre » ? 1 pt

Question : 3. Compléter l'étiquette de l'élément extérieur du diagramme « pieuvre ».

0,5 pt

Question : 4. Compléter le tableau des fonctions de service.

1 pt

Question : 5. Compléter la chaîne fonctionnelle de l'hydrolienne en précisant les noms des constituants manquants et en indiquant les grandeurs correspondantes.

2 pts

2- ETUDE DE LA TRANSMISSION DE PUISSANCE

L'hydrolienne est équipée d'un multiplicateur pour augmenter la vitesse de rotation de l'alternateur à partir de la faible vitesse de rotation de l'hélice.

L'étude portera sur le multiplicateur de vitesse, avec :

N_h : Vitesse de rotation de l'hélice ;	P_m : Puissance à l'entrée du multiplicateur
N_a : Vitesse de rotation de l'alternateur.	P_{sm} : Puissance à la sortie du multiplicateur

Schéma synoptique de la chaîne de transmission de l'énergie mécanique à l'alternateur (Figure 4) :

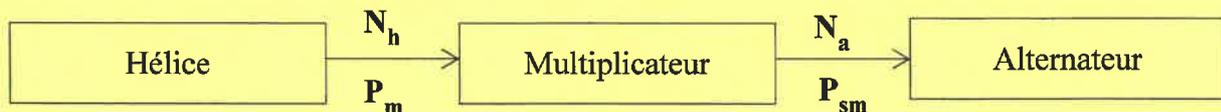


Figure 4

Le multiplicateur est constitué de trois étages (voir DRES 02, Figure 5 et Figure 6)

	Rapport de transmission
Le premier étage composé de la couronne 1 et du pignon arbré 2	$r_1 = 5$
Le deuxième étage composé de la couronne 3 et du pignon arbré 4	r_2
Le troisième étage composé de la roue dentée 5 et du pignon 6	$r_3 = 2$

الصفحة		الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2021 - الموضوع	
4	NS 46	- مادة: علوم المهندس- شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية	
24			

Tâche 2 : Détermination des caractéristiques du multiplicateur

Le but est de déterminer les caractéristiques du multiplicateur.

Données :

- $N_h = 20$ tr/min : Vitesse de rotation de l'hélice ;
- $N_a = 1000$ tr/min : Vitesse de rotation de l'alternateur ;
- $\eta_m = 0,98$: Rendement du multiplicateur ;
- $P_m = 300$ kW : Puissance à l'entrée du multiplicateur ;
- Toutes les roues dentées sont à dentures hélicoïdales (même angle d'hélice β et même module réel m_n) :
 - $\beta = 25^\circ$: angle d'hélice ;
 - $m_n = 3$: module réel.
- $Z_1 = 400$: Nombre de dents de la couronne 1.

- Question : 6.** Déterminer le rapport global r du multiplicateur. 2 pts
- Question : 7.** Déterminer le rapport de transmission r_2 du deuxième étage du multiplicateur. 2 pts
- Question : 8.** Calculer la puissance à la sortie du multiplicateur P_{sm} . 1.5 pt
- Question : 9.** Donner le sens de rotation de la couronne 1 par rapport au pignon 6 (sens inverse ou identique) et justifier ; 1 pt
- Question : 10.** Calculer le nombre de dents Z_2 du pignon 2 ; 1.5 pt
- Question : 11.** Calculer le module tangentiel m_t , on donne $m_n = m_t \cdot \cos\beta$; 0,75 pt
- Question : 12.** Compléter le tableau des caractéristiques de l'engrenage du premier étage ; 4,25 pts

Tâche 3 : Étude de l'accouplement

Le concepteur a choisi un **accouplement élastique** entre l'arbre de l'hélice et l'arbre d'entrée du multiplicateur (voir DRES 02, figure 5).

- Question : 13.** Donner la fonction d'un **accouplement élastique**. 0,25 pt
- Question : 14.** Donner son symbole schématique. 0,25 pt
- Question : 15.** Donner deux de ses avantages. 0,5 pt

Tâche 4 : Conception d'une liaison encastrement

À partir du schéma cinématique (voir DRES 02, figure 6), on vous demande de :

- Question : 16.** Concevoir la liaison encastrement entre l'arbre de sortie 7 et le pignon 6 en utilisant une clavette parallèle et un anneau élastique. 4 pts

SEV 2 : Étude énergétique [26,5 pts]

L'hélice prélève une quantité de l'énergie cinétique des courants marins.
 La quantité d'énergie captée est définie par la surface S balayée par les pales de l'hélice (disque de captage) et par la vitesse v des courants marins (Figures 7 et 8). Cette quantité d'énergie captée est convertie en énergie mécanique.
 L'alternateur, couplé à l'hélice à travers un multiplicateur, convertit cette énergie mécanique en énergie électrique.

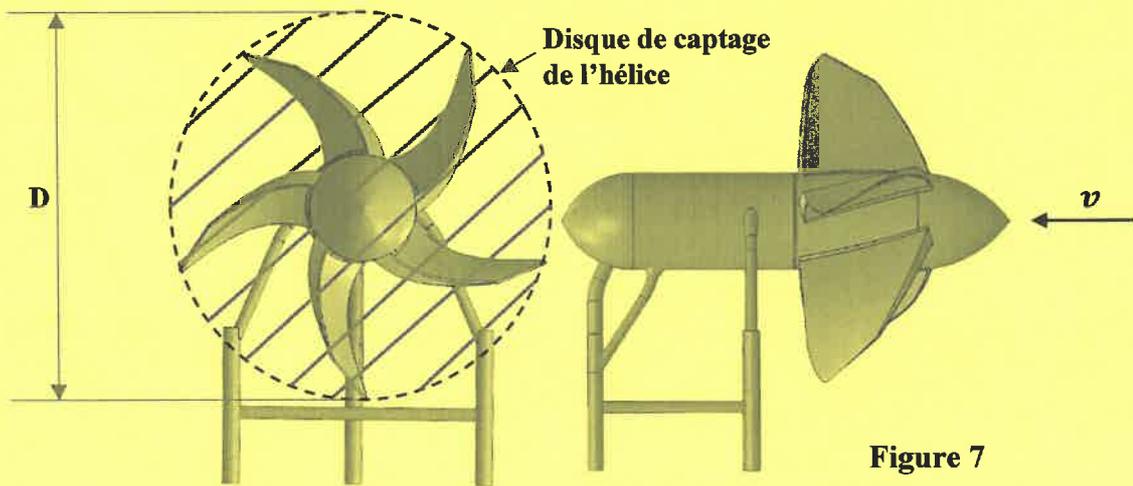


Figure 7

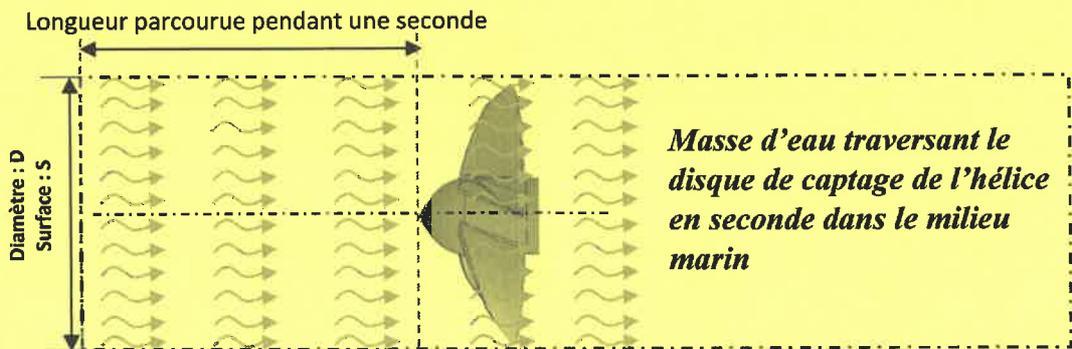


Figure 8

$P_m \approx 200 \cdot S \cdot v^3$ avec P_m est la puissance mécanique en Watts, v en m/s, S en m^2

Tâche 1 : Calcul d'énergie

Le cahier des charges impose une puissance mécanique $P_m = 300 \text{ kW}$ pour un courant marin d'une vitesse $v = 2,5 \text{ m.s}^{-1}$.

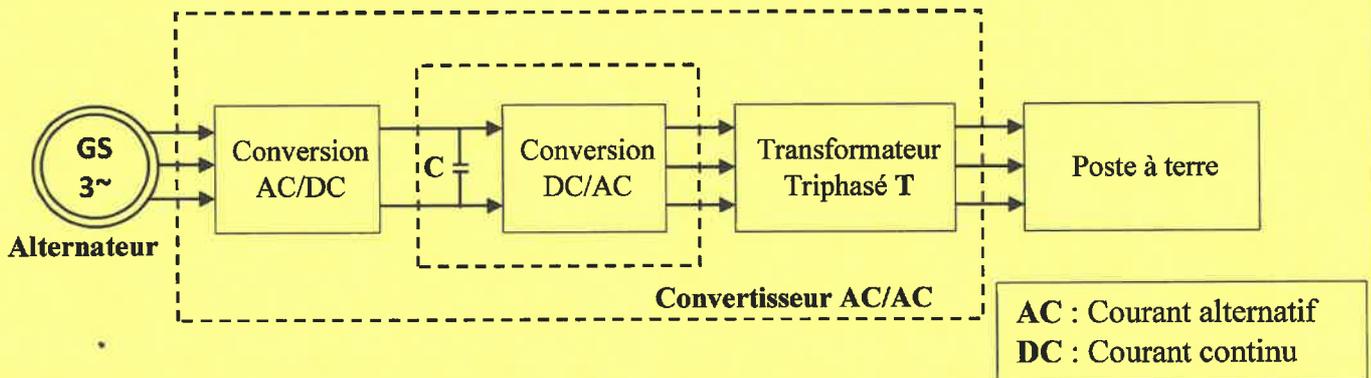
Question : 17. Calculer le diamètre de captage D en appliquant la formule simplifiée $P_m = 200 \cdot S \cdot v^3$ 2 pts

Question : 18. On considère une valeur moyenne de la vitesse des courants marins : $v_m = 1 \text{ m.s}^{-1}$. Calculer l'énergie mécanique moyenne W_{moy} , en MWh, produite par l'hélice pendant une année.
 (1 année = 365 jours) 1,5 pt

Question : 19. En considérant que le rendement du multiplicateur $\eta_m = 98\%$, celui de l'alternateur $\eta_a = 95\%$ et celui du convertisseur AC/AC $\eta_c = 100\%$, calculer l'énergie électrique moyenne W_e , en MWh, produite par l'hydrolienne pendant une année. 1,5 pt

Tâche 2 : Étude du convertisseur DC/AC

Le schéma synoptique de la partie électrique de l'hydrolienne est représenté par la figure ci-dessous.



La figure 11 ci-dessous représente le schéma de principe du convertisseur DC/AC et son modèle équivalent.

Le transistor de puissance (IGBT) est équivalent à un interrupteur commandé

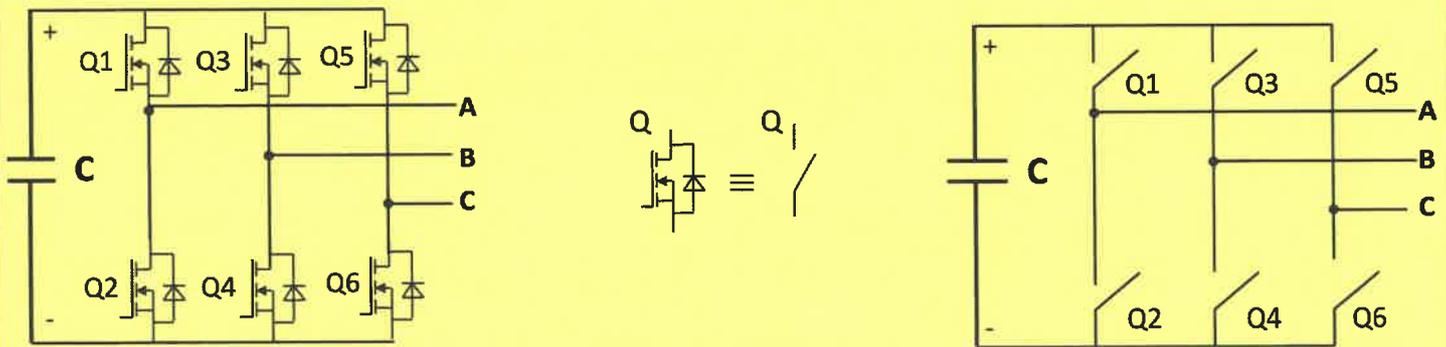


Figure 11

Le convertisseur DC/AC, objet de l'étude, utilise la commande en M.L.I.

Principe de la commande en M.L.I du convertisseur DC/AC

La modulation de largeur d'impulsion (M.L.I) est une technique de commande permettant de générer une tension quasi-sinusoïdale par découpage d'une tension continue.

Un signal sinusoïdal V_{sin} de référence et de fréquence définie f_u est comparé à un signal triangulaire V_{tri} de fréquence f_v ; avec $f_v \gg f_u$.

Génération analogique du signal M.L.I

La tension continue récupérée aux bornes du condensateur C est transformée, par le convertisseur, en une tension alternative sinusoïdale de fréquence 50 Hz. Le signal de commande V_{com} des transistors de puissance (IGBT) est obtenu par comparaison du signal triangulaire V_{tri} au signal sinusoïdal V_{sin} . La largeur de V_{com} varie alors au rythme de l'amplitude du signal sinusoïdal selon le principe suivant :

Si $V_{tri} > V_{sin}$
 Alors $V_{com} = 0$ Logique
 Sinon $V_{com} = 1$ Logique

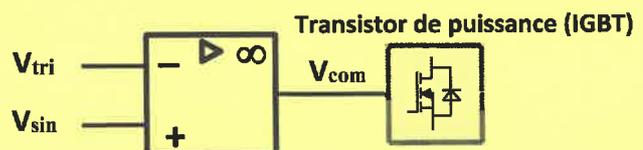


Tableau de commande de la M.L.I

Le tableau, DREP 04, représente les états des interrupteurs (1 = fermé, 0 = ouvert) correspondant aux valeurs de tensions attendues en A, B, C. Les états des interrupteurs pour la sortie V_{AB} et V_{BA} sont reportés sur le tableau.

Question : 20. Compléter le tableau pour les autres sorties. 3 pts

Question : 21. Compléter le chronogramme de la sortie V_{com} . 4 pts

Tâche 3 : Calcul de la puissance produite

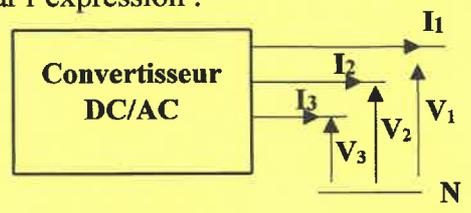
Les chronogrammes du DRES 02, figure 12, représentent les courants et les tensions triphasés obtenus en sortie du convertisseur DC/AC,

Question : 22. Relever la valeur de la période T du signal et calculer sa fréquence f . 2 pts

Le calcul de la puissance en sortie du convertisseur triphasé est donné par l'expression :

$P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$, avec :

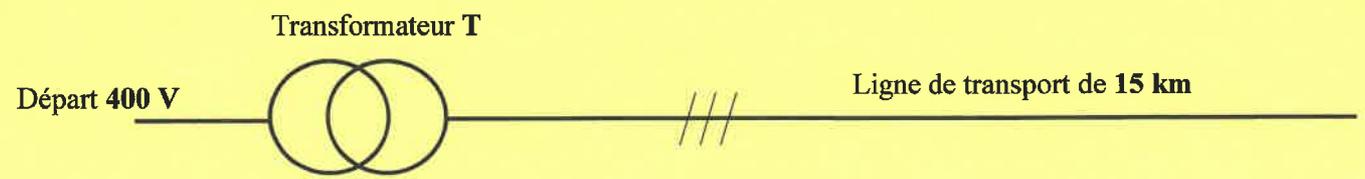
- V : valeur efficace de la tension $v(t)$ entre phase et neutre ;
- I : valeur efficace du courant $i(t)$ par phase ;
- φ : retard du courant $i(t)$ par rapport à la tension $v(t)$.



Question : 23. Déduire, à partir du graphe fig.12 DRES 02, le facteur de puissance $\cos \varphi$ et calculer la puissance électrique P en sortie du convertisseur triphasé. 3 pts

Tâche 4 : Étude du transformateur T

Après production au niveau de l'hydrolienne, l'électricité fournie est transportée à haute tension sur une distance de 15 km par des câbles puis utilisée à domestique à basse tension.



Caractéristiques électriques du transformateur T :

Puissance assignée	S = 500 kVA
Fréquence (f)	50 Hz
Tension assignée au primaire	400 V
Tension assignée au secondaire	10 kV
Couplage des enroulements	Dy11

Question : 24. Quel est l'intérêt du transport de l'énergie électrique en haute tension ? 1 pt

Question : 25. Utilise-t-on un transformateur abaisseur ou élévateur de tension à la sortie d'une centrale électrique ? 1 pt

Question : 26. Calculer le rapport de transformation M et relever l'indice horaire du transformateur. 1,5 pt

Le transformateur triphasé T dont le secondaire est couplé en triangle, est alimenté au primaire sous une tension de 400 V.

Question : 27. Compléter le tableau des tensions au primaire et au secondaire du transformateur. **2 pts**

La puissance apparente du transformateur étant $S = 500 \text{ kVA}$:

Question : 28. Compléter le tableau des intensités nominales des courants I_1 et I_2 de lignes au primaire et au secondaire du transformateur. **2 pts**

Question : 29. Compléter le tableau des intensités nominales des courants J_1 et J_2 dans les enroulements primaire et secondaire du transformateur. **2 pts**

SEV 3 : Étude partielle de la chaîne d'information [29,5 pts]

Tâche 1 : acquisition de la vitesse des courants marins et de la température de l'eau

La supervision et le contrôle de l'hydrolienne requièrent l'acquisition de nombreuses grandeurs physiques liées à son fonctionnement. La vitesse des courants marins compte parmi les informations à acquérir.

La mesure de la vitesse des courants marins se fait à l'aide de capteurs dits courantomètres. L'ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) est un courantomètre qui utilise les ondes ultrasoniques et repose sur l'effet Doppler (Figure 13).

L'ADCP est équipé d'un capteur acoustique dit transducteur. Ce dernier émet des ondes ultrasons qui sont réfléchies sur des particules en suspension entraînées par le courant d'eau (Figure 14).

La différence en fréquence des signaux émis et reçu dépend de la vitesse des courants marins : c'est l'effet Doppler.

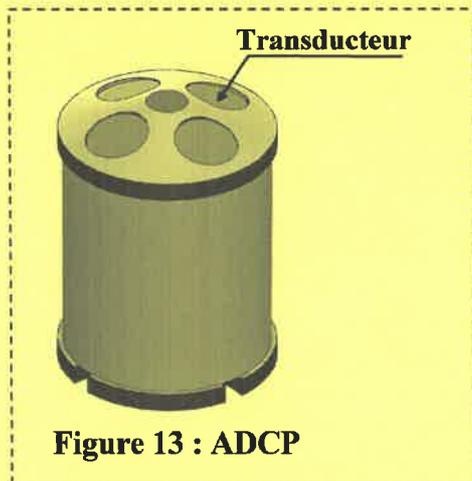


Figure 13 : ADCP

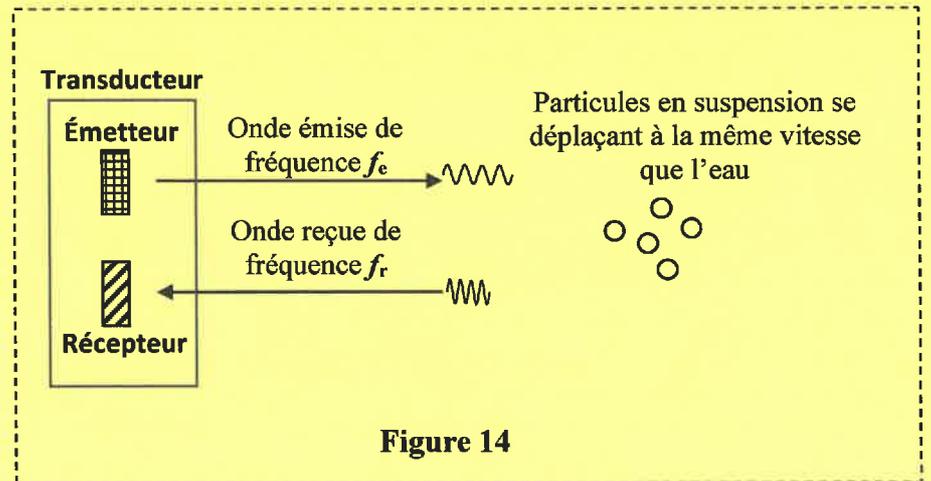


Figure 14

Le décalage Doppler $\Delta f = f_r - f_e$ (différence entre la fréquence f_r de l'onde reçue et la fréquence f_e de l'onde émise) est donné par la relation :

$$\Delta f = \frac{2 \cdot f_e \cdot V}{c}$$

Où : Δf : décalage Doppler (en Hz) ;

f_e : fréquence de l'onde émise (en Hz) ;

V : vitesse des courants marins (en m/s) ;

c : vitesse du son dans le milieu (en m/s).

La fréquence d'émission utilisée par le transducteur est $f_e = 150 \text{ kHz}$, ce dernier mesure un décalage Doppler $\Delta f = 300 \text{ Hz}$, on donne la vitesse du son dans le milieu $c = 1500 \text{ m/s}$:

Question : 30. calculer la vitesse V (en m/s) des courants marins. 1 pt

Question : 31. Calculer, en kHz , la fréquence f_r de l'onde reçue. 1 pt

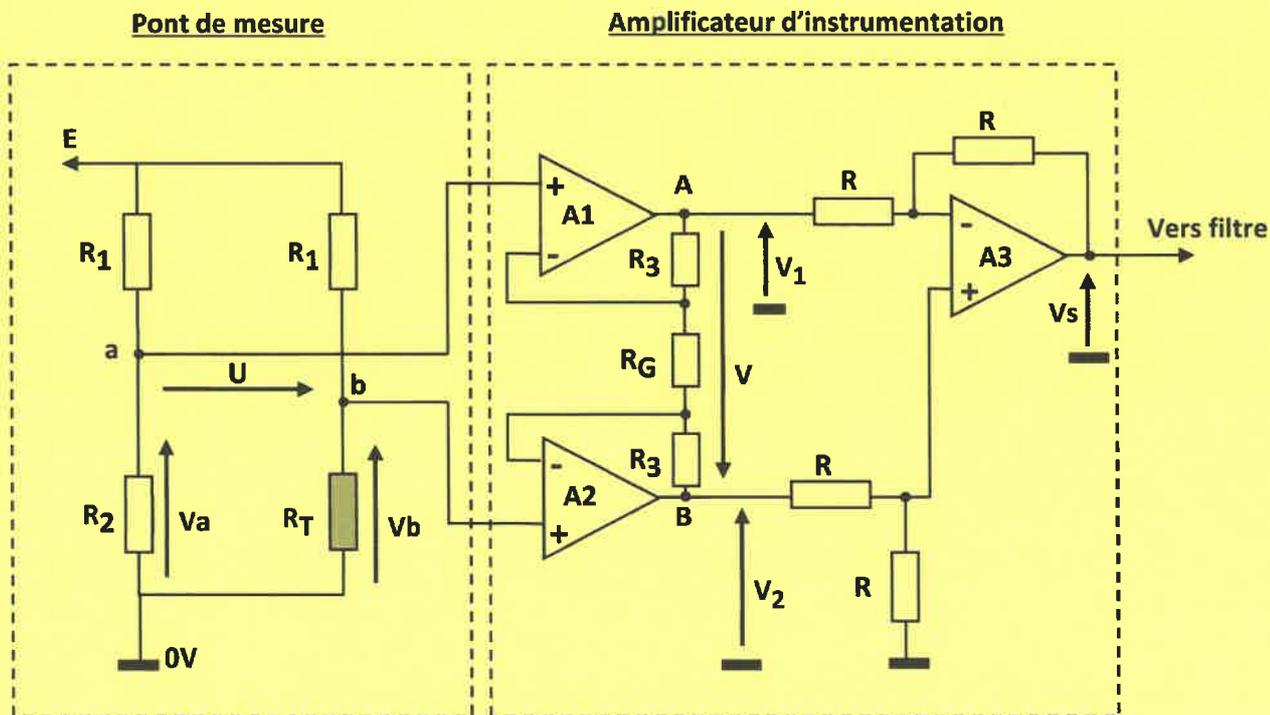
Question : 32. Pour un décalage Doppler Δf positif, préciser, en se référant au DRES 03, le sens de déplacement des particules en cochant la bonne réponse. 1 pt

La vitesse du son dans l'eau de mer n'est pas constante mais dépend de certains paramètres ambiants dont la température.

Ainsi, il faut renseigner la température de l'eau afin d'en tenir compte.

La mesure de la température se fait par un capteur à base d'une sonde PT100 associée à un montage de conditionnement. Ce dernier se compose d'un pont de mesure (pont de Wheatstone), d'un amplificateur d'instrumentation et d'un filtre (figure ci-dessous).

Ce conditionneur fournit à sa sortie une tension pratiquement proportionnelle à la température.



Les amplificateurs opérationnels A1, A2 et A3 sont considérés parfaits.

Pont de mesure

La sonde PT100 possède une résistance R_T qui varie avec la température T selon la loi :

$$R_T = R_0 + a.T \quad (\text{avec } T \text{ en } ^\circ\text{C}, a \text{ en } \Omega/^\circ\text{C} \text{ et } R_T \text{ en } \Omega)$$

On donne :

$$R_0 = 100 \Omega$$

$$R_1 = 1,5 \text{ k}\Omega$$

$$a = 0,385 \Omega/^\circ\text{C} \text{ (coefficient de température)}$$

$$E = 5 \text{ V} \text{ (tension d'alimentation du pont)}$$

Question : 33. Montrer que $U = E \cdot \left(\frac{R_T}{R_1 + R_T} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$. (remarquer que $U = V_b - V_a$). 1,5 pt

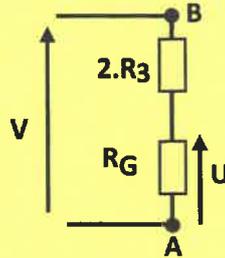
On dit que le pont est en équilibre lorsque sa tension de sortie est nulle ($U = V_b - V_a = 0 \text{ V} \Rightarrow V_b = V_a$).

Question : 34. Calculer la valeur de R_2 pour que le pont soit équilibré à la température $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. 2 pts

Question : 35. Pour $R_2 = R_0$, calculer la valeur de la tension U (en mV) à $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. 2 pts

Amplificateur d'instrumentation

La branche AB de l'amplificateur d'instrumentation peut être simplifiée comme le montre la figure suivante :



Question : 36. Montrer alors que $V = (1 + \frac{2.R_3}{R_G}). U$ 1,5 pt

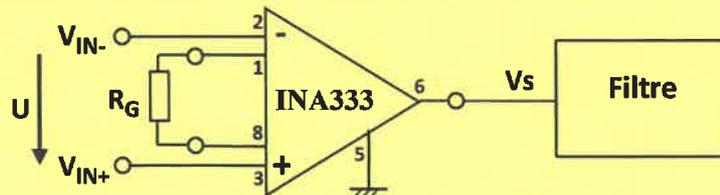
Question : 37. Dans le montage construit autour de l'amplificateur opérationnel A3, montrer que $V_s = V$ (remarquer que $V = V_2 - V_1$). 2 pts

On admet que la caractéristique U en fonction de la température T peut être assimilée à une droite et a pour équation : $U = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot T$ (avec T en $^\circ\text{C}$ et U en Volt).

Question : 38. Montrer que l'expression de la tension de sortie V_s en fonction de la température T est

$$V_s = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + \frac{2.R_3}{R_G}). T$$
 1,5 pt

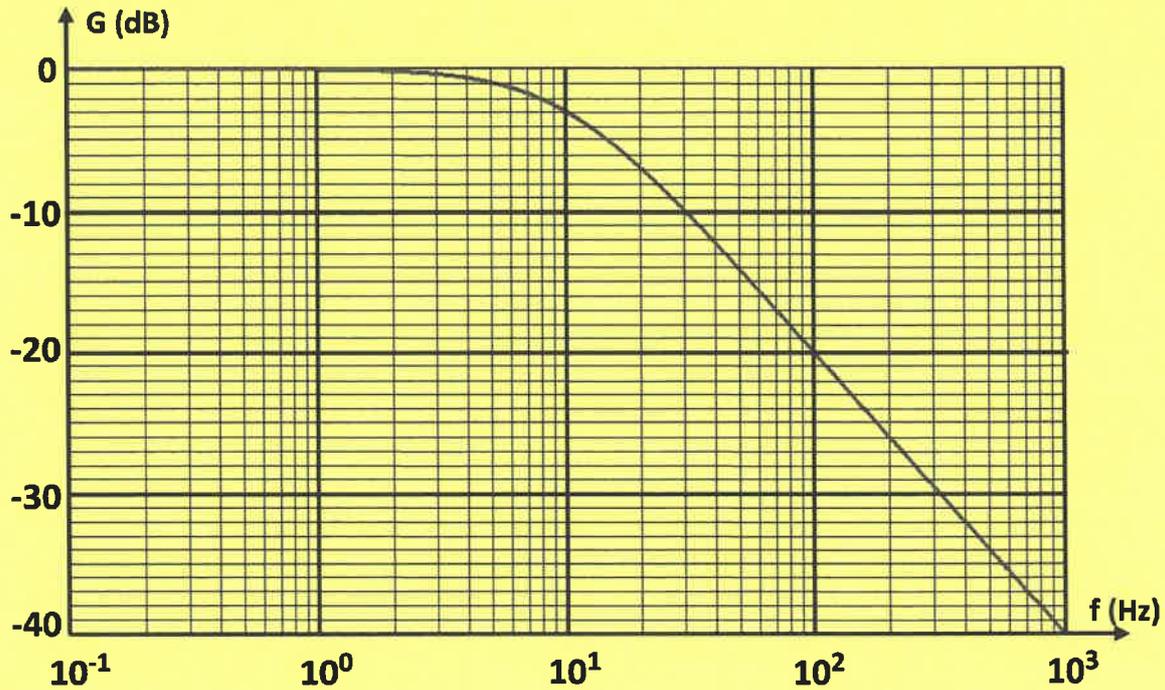
La réalisation matérielle de l'amplificateur d'instrumentation est confiée à l'amplificateur intégré INA333 conformément à la figure suivante :



Question : 39. En se référant au schéma interne de l'amplificateur intégré INA333 (DRES 03), relever la valeur de la résistance R_3 . En déduire la valeur à donner à la résistance R_G pour obtenir une tension $V_s = 5 \text{ V}$ à la température $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$. 2 pts

Filtre

Le signal V_S issu de l'amplificateur d'instrumentation est appliqué à un filtre dont la courbe de gain est la suivante :



En vue d'identifier ce filtre,

Question : 40. Préciser son type (passe-bas, passe-haut ou passe-bande). 1 pt

Question : 41. Relever graphiquement le gain maximal G_{MAX} en dB du filtre, sa fréquence de coupure f_0 à -3 dB en Hz et sa pente en dB/décade. 3 pts

En vue de voir le comportement du filtre vis-à-vis d'un signal parasite de fréquence $f = 50$ Hz pouvant affecter la tension de sortie V_s :

Question : 42. Relever, sur la courbe, le gain G (en dB) attribué à ce signal parasite. En déduire l'amplification A qui correspond à ce signal (on rappelle que $G = 20 \cdot \log(A)$). 2 pts

Tâche 2 : Commande du système de refroidissement à l'eau de mer

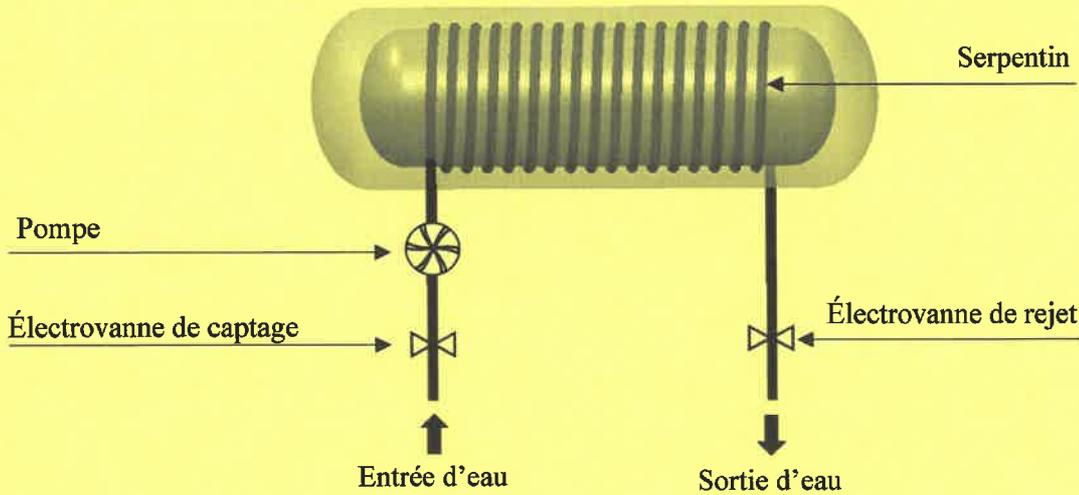
Les constituants électriques de l'hydrolienne, en particulier les convertisseurs électroniques de puissance, sont confinés à l'intérieur du convertisseur AC/AC (l'enceinte posée au fond marin et abritant l'ensemble du matériel électrique de l'hydrolienne).

De ce fait, les composants électroniques peuvent être portés à des températures excessives. Cela nécessite de prévoir un moyen de refroidissement afin de protéger l'électronique embarquée.

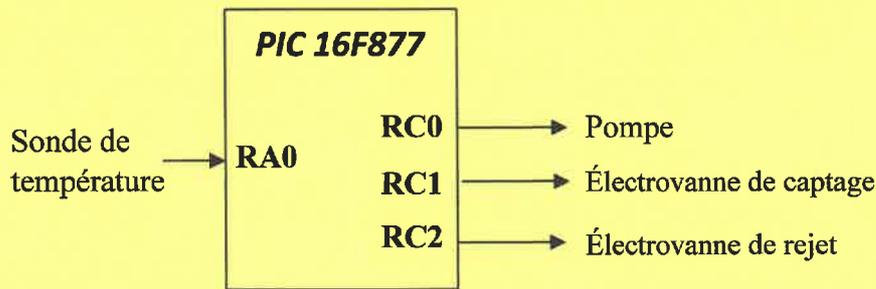
On envisage de maintenir la température à l'intérieur du convertisseur AC/AC entre 20 °C et 30 °C par un système de refroidissement à l'eau de mer.

Moyennant deux électrovannes et une pompe à eau de mer, le système fait circuler l'eau dans un serpentin (tube métallique enroulé en spirale) inséré dans la double coque du convertisseur AC/AC. C'est un

refroidissement en circuit ouvert ; en effet, après circulation dans le serpentin, l'eau est rejetée dans la mer. Une sonde mesure la température à l'intérieur du convertisseur AC/AC.



La commande de ce système de refroidissement est réalisée par un microcontrôleur PIC 16F877 selon l'architecture suivante :



Programme de commande de ce système de refroidissement

Éléments du programme

- **Lecture_T** : sous-programme chargé de lire, sur la ligne RA0, l'information issue de la sonde de température et de ranger le code numérique correspondant dans le registre NT.
- **NT** : registre qui contient le code numérique de la température mesurée par la sonde.
- **NT_{min}** et **NT_{max}** : sont les codes numériques qui correspondent respectivement à 20 °C et 30 °C.

Séquences du programme

- Appel du sous-programme **Lecture_T** ;
- Evaluation de la température lue :
 - Si $NT > NT_{max}$, on met en marche la pompe et les deux électrovannes ;
 - Si $NT < NT_{min}$, on arrête la pompe et les deux électrovannes ;
- Reprendre une nouvelle lecture de la température.

Question : 43. Compléter l'organigramme traduisant les séquences ci-dessus.

2 pts

Question : 44. En vous aidant du jeu d'instructions du DRES 04, compléter le programme assembleur correspondant.

6 pts

Figure 3 : FAST simplifié de l'hydrolienne

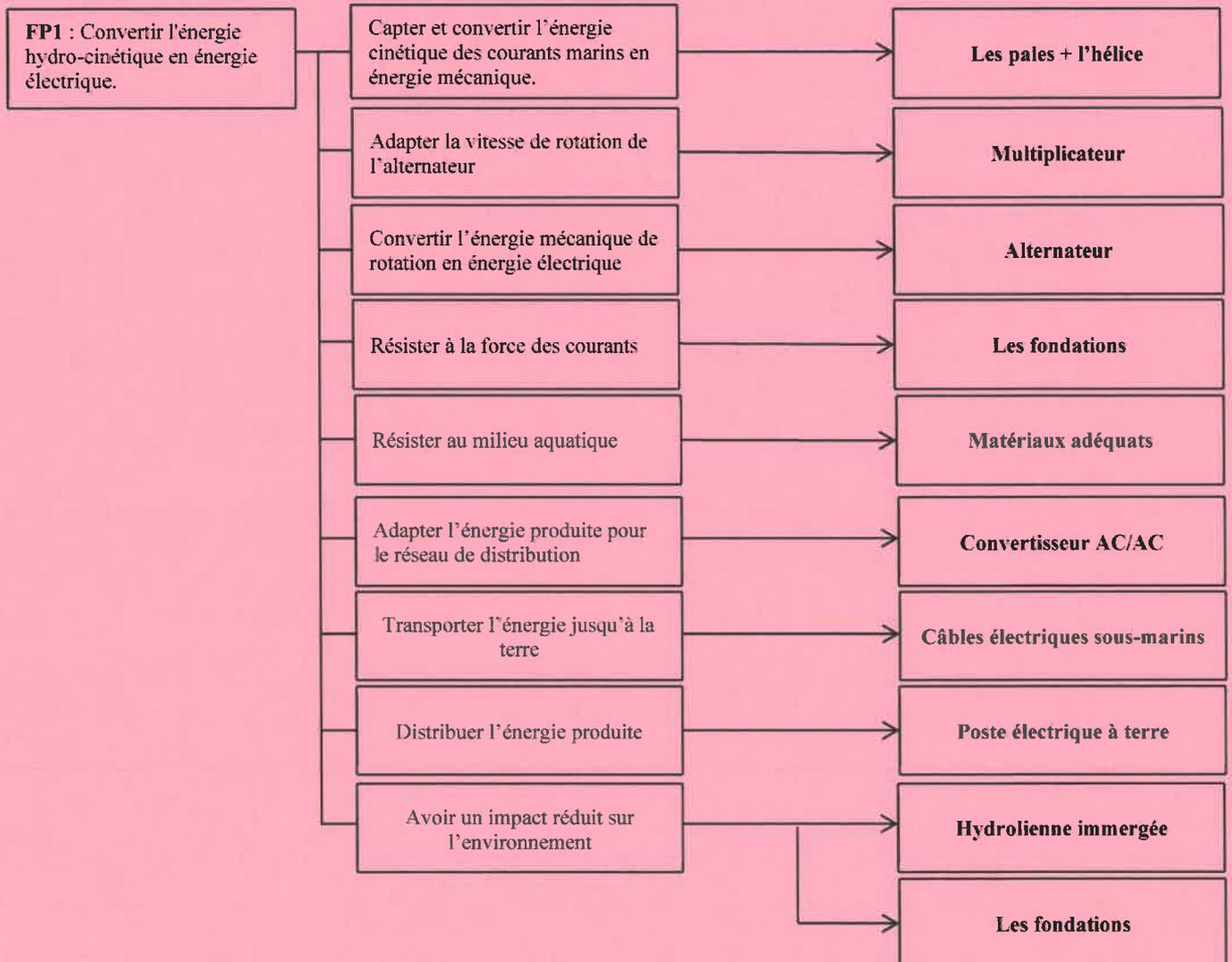


Figure 5 : Représentation en 3D de la chaîne de transmission du mouvement

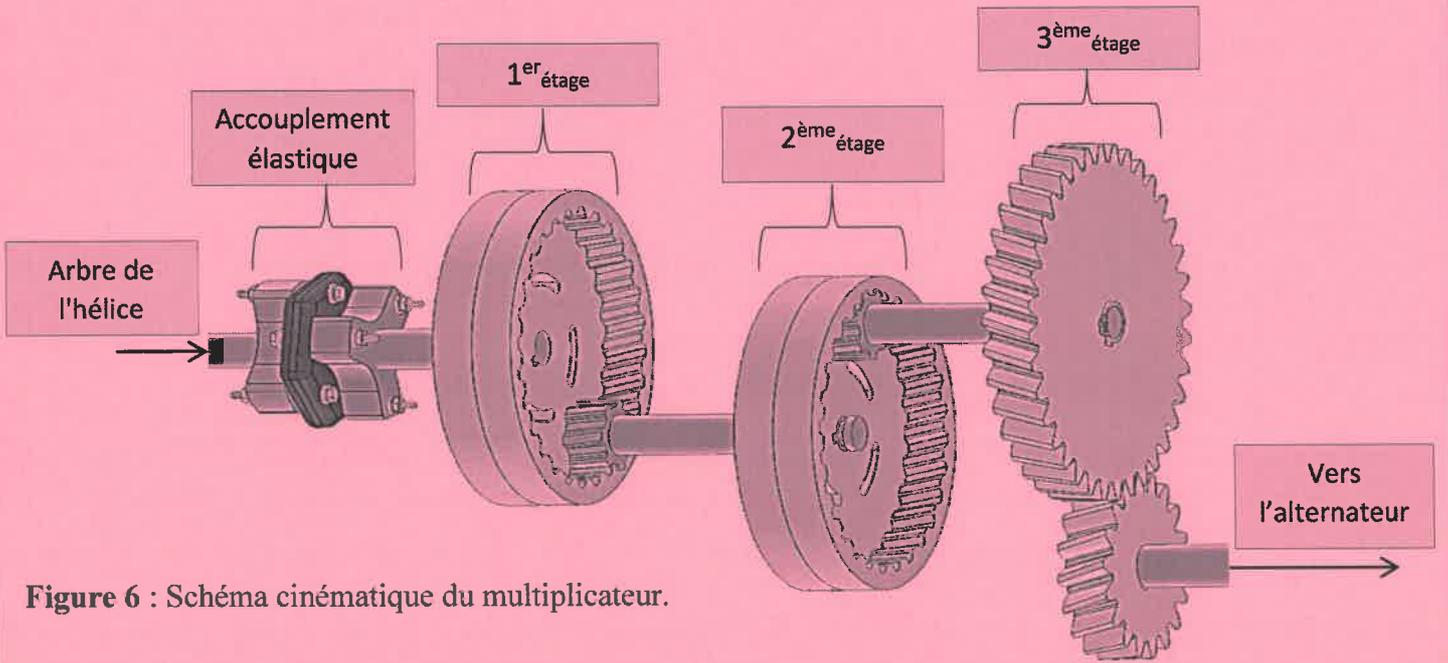


Figure 6 : Schéma cinématique du multiplicateur.

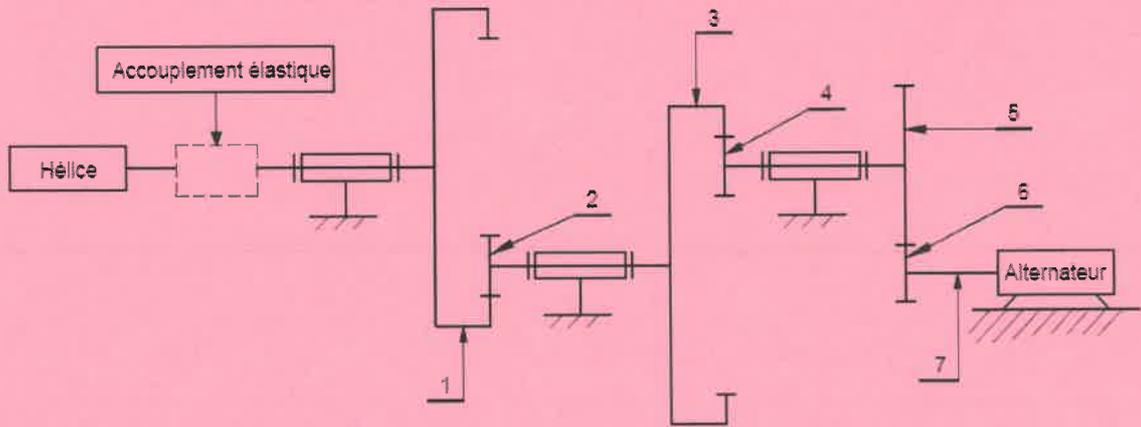
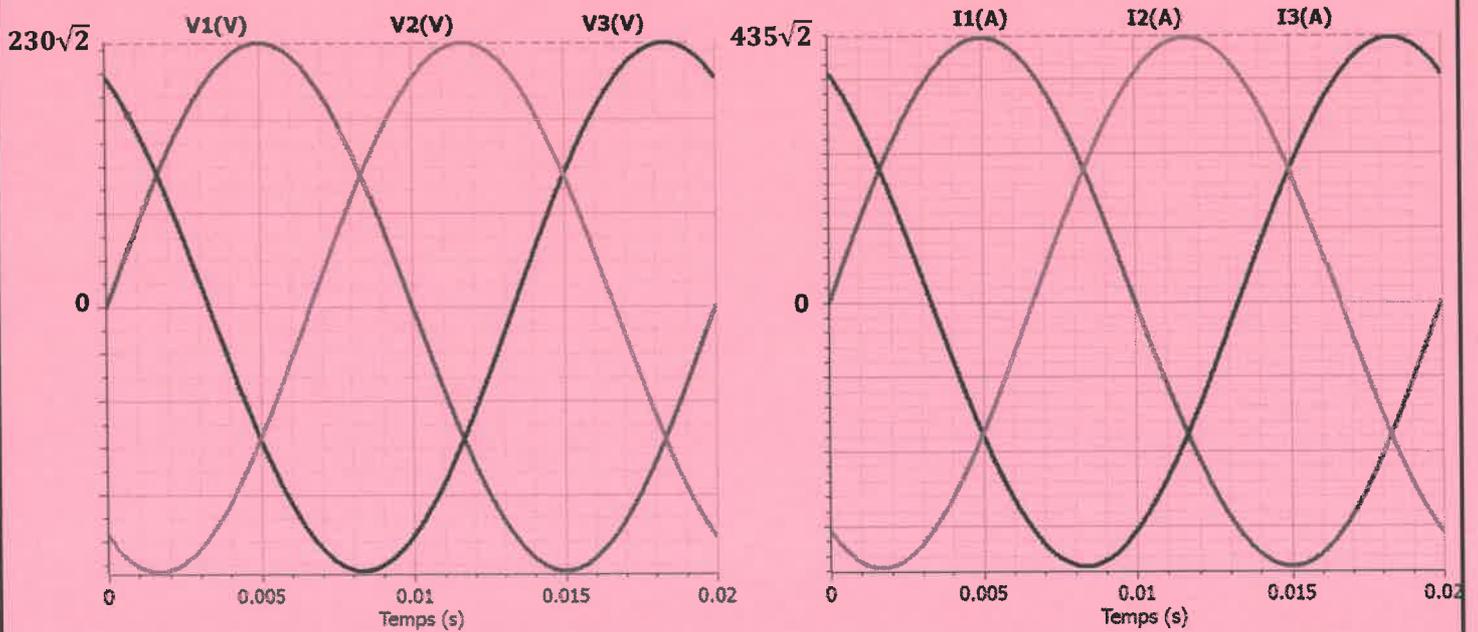


Figure 12 : courants et tensions en sortie du convertisseur DC/AC



Fréquence de l'onde reçue

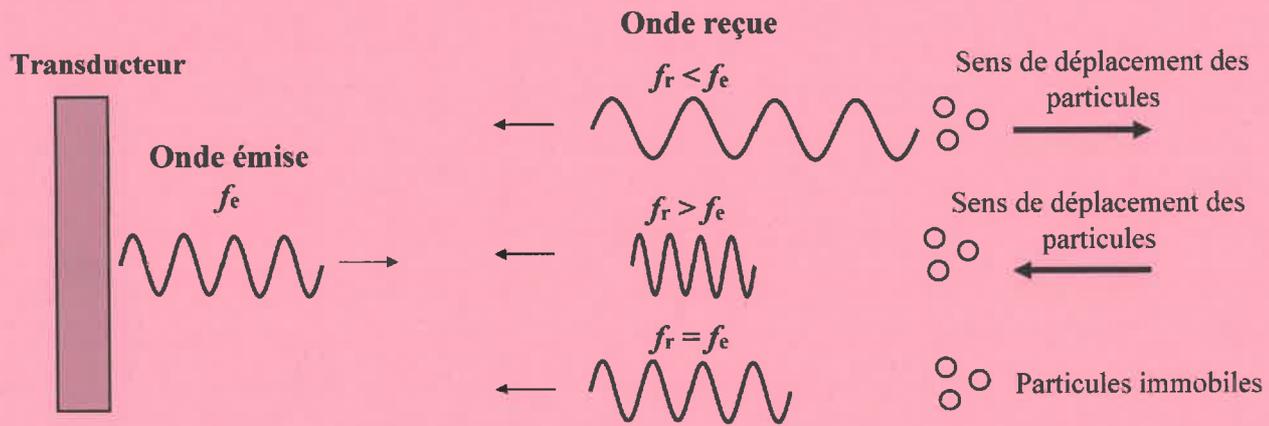


Figure 9

Schéma interne simplifié de l'amplificateur d'instrumentation intégré INA333

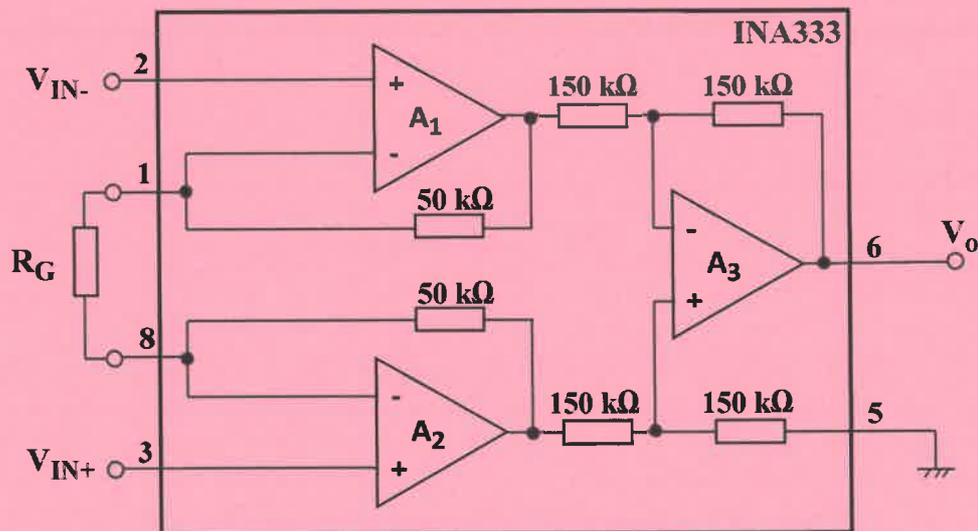


Figure 10

Jeu d'instructions du PIC 16F877

DRES 04

INSTRUCTIONS OPERANT SUR UN REGISTRE			Indicateurs	Cycles
ADDWF	F, d	W+F → {W, F ? d}	C, DC, Z	1
ANDWF	F, d	W AND F → {W, F ? d}	Z	1
CLRF	F	0 → F	Z	1
CLRW		0 → W	Z	1
CLRWDI		0 → WDI	TO', PD'	1
COMF	F, d	Complément F → {W, F ? d}	Z	1
DECF	F, d	Décrémente F → {W, F ? d}	Z	1
DECFSZ	F, d	Décrémente F → {W, F ? d} et saut si 0		1(2)
INCF	F, d	Incrémente F → {W, F ? d}	Z	1
INCFSZ	F, d	Incrémente F → {W, F ? d} et saut si 0		1(2)
IORWF	F, d	W OR F → {W, F ? d}	Z	1
MOVF	F, d	F → {W, F ? d}	Z	1
MOVWF	F	W → F		1
RLF	F, d	Rotation à gauche de F à travers C → {W, F ? d}	C	1
RRF	F, d	Rotation à droite de F à travers C → {W, F ? d}		1
SUBWF	F, d	F - W → {W, F ? d}	C, DC, Z	1
SWAPF	F, d	Permute les 2 quartets de F → {W, F ? d}		1
XORWF	F, d	W XOR F → {W, F ? d}	Z	1
INSTRUCTIONS OPERANT SUR UN BIT				
BCF	F, b	Mise à 0 du bit b du registre F		1
BSF	F, b	Mise à 1 du bit b du registre F		1
BTFSC	F, b	Teste le bit b de F et saut si 0		1(2)
BTFSS	F, b	Teste le bit b de F et saut si 1		1(2)
INSTRUCTIONS OPERANT SUR UNE DONNEE				
ADDLW	K	W + K → W	C, DC, Z	1
ANDLW	K	W AND K → W	Z	1
IORLW	K	W OR K → W	Z	1
MOVLW	K	K → W		1
SUBLW	K	K - W → W	C, DC, Z	1
XORLW	K	W XOR K → W	Z	1
INSTRUCTIONS GENERALES				
CALL	L	Branchement à un sous-programme de label L		2
GOTO	L	Branchement à la ligne de label L		2
NOP		Pas d'opération		1
RETURN		Retour d'un sous-programme		2
RETFIE		Retour d'interruption		2
RETLW	K	Retour d'un sous-programme avec K dans W		2
SLEEP		Mode standby	TO', PD'	1

1. Configuration des PORTS

Tous les ports sont pilotés par deux registres : TRISx et PORTx

- Le registre TRISx, c'est le registre de direction. Il détermine si le PORTx ou certaines lignes de Port sont en entrée ou en sortie. L'écriture d'un 1 logique correspond à une entrée (1 comme Input) et l'écriture d'un 0 logique correspond à une sortie (0 comme Output) ;
- Les registres TRISx appartiennent à la BANQUE 1 des SFR. Lors de l'initialisation du µC il ne faut pas oublier de changer de banque mémoire pour les configurer ;

2. Description du registre d'état STATUS

IRP	RP ₁	RP ₀	/TO	/PD	Z	DC	C
-----	-----------------	-----------------	-----	-----	---	----	---

- Pour les opérations de soustraction, le bit d'état C se positionne à :
 - ✓ 0 si le résultat de la dernière opération est négatif ;
 - ✓ 1 si le résultat de la dernière opération est positif.
- Pour le passage entre les BANQUE (page) 0 et 1, on positionne les bits correspondants comme suit :
 - ✓ RP₁ RP₀ = 00 → Accès à la BANQUE 0 ;
 - ✓ RP₁ RP₀ = 01 → Accès à la BANQUE 1.

Question : 1.

À qui le produit rend-il service ?

Consommateur

Sur quoi agit-il ?

.....

Hydrolienne

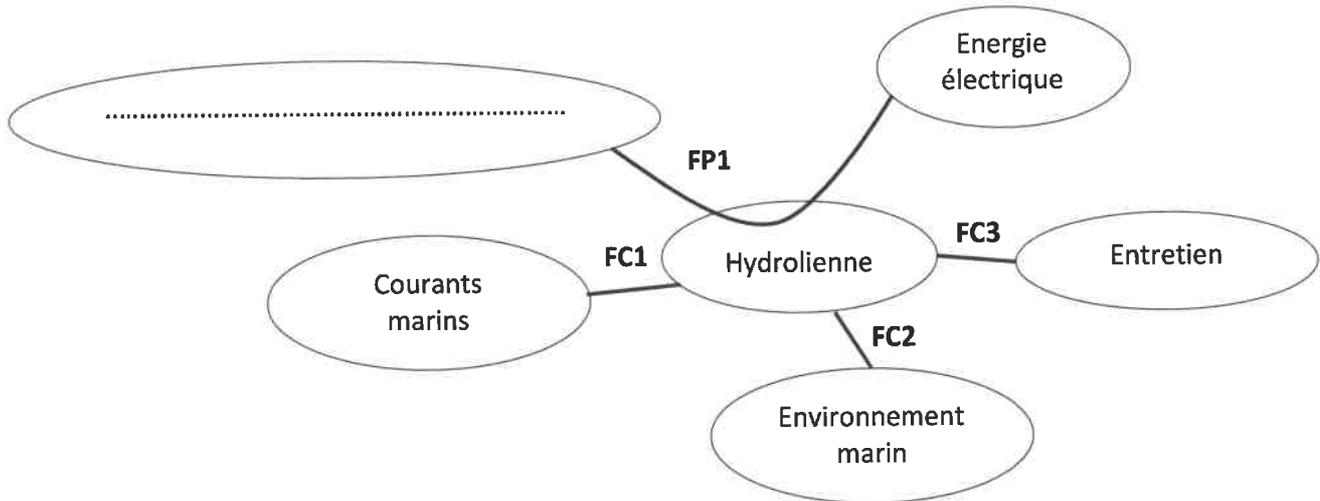
Dans quel but ?

.....

Question : 2.

.....
.....

Question : 3.



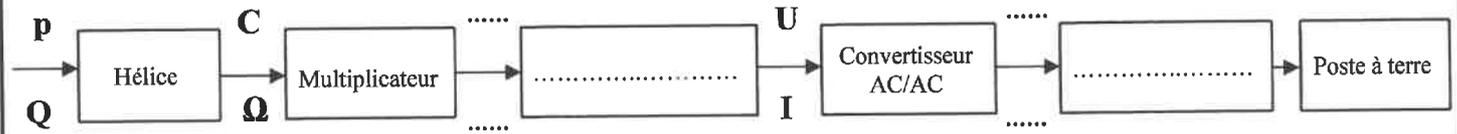
Question : 4.

Liste des fonctions de service

FP1	Convertir l'énergie hydro-cinétique en énergie électrique
FC1	Résister aux courants marins.
FC2	.....
FC3	.....

Question : 5.

Chaîne fonctionnelle



→ : (Lien fonctionnel de puissance) véhicule deux informations dont le produit est une puissance, exemple U et I dans le domaine électrique.

p : Pression ; Q : Débit ; C : Couple ; Ω : Vitesse ; U : Tension ; I : Courant

Question : 6.

Question : 7.

Question : 8.

Question : 9.

Question : 10.

Question : 11.

Question : 12.

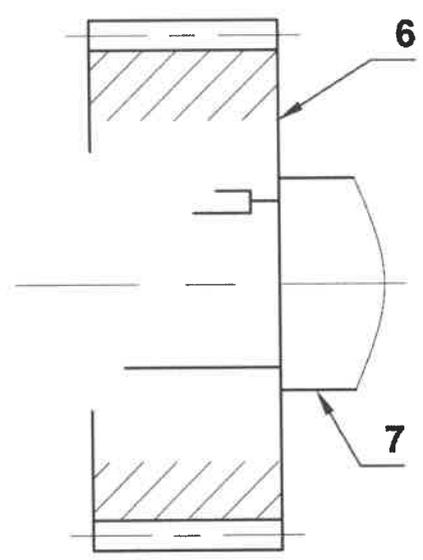
	<i>Diamètre primitif</i> <i>d (en mm)</i>	<i>Diamètre de tête</i> <i>d_a (en mm)</i>	<i>Entraxe</i> <i>a (en mm)</i>
<i>Formules</i>	<i>d =</i>	<i>d_{a1} =</i> <i>d_{a2} =</i>	<i>a =</i>
<i>Couronne 1</i>	.....	.....	<i>a =</i>
<i>Pignon 2</i>	.....	.....

Question : 13.

Question : 14.

Question : 15.

Question : 16.



Question : 17.

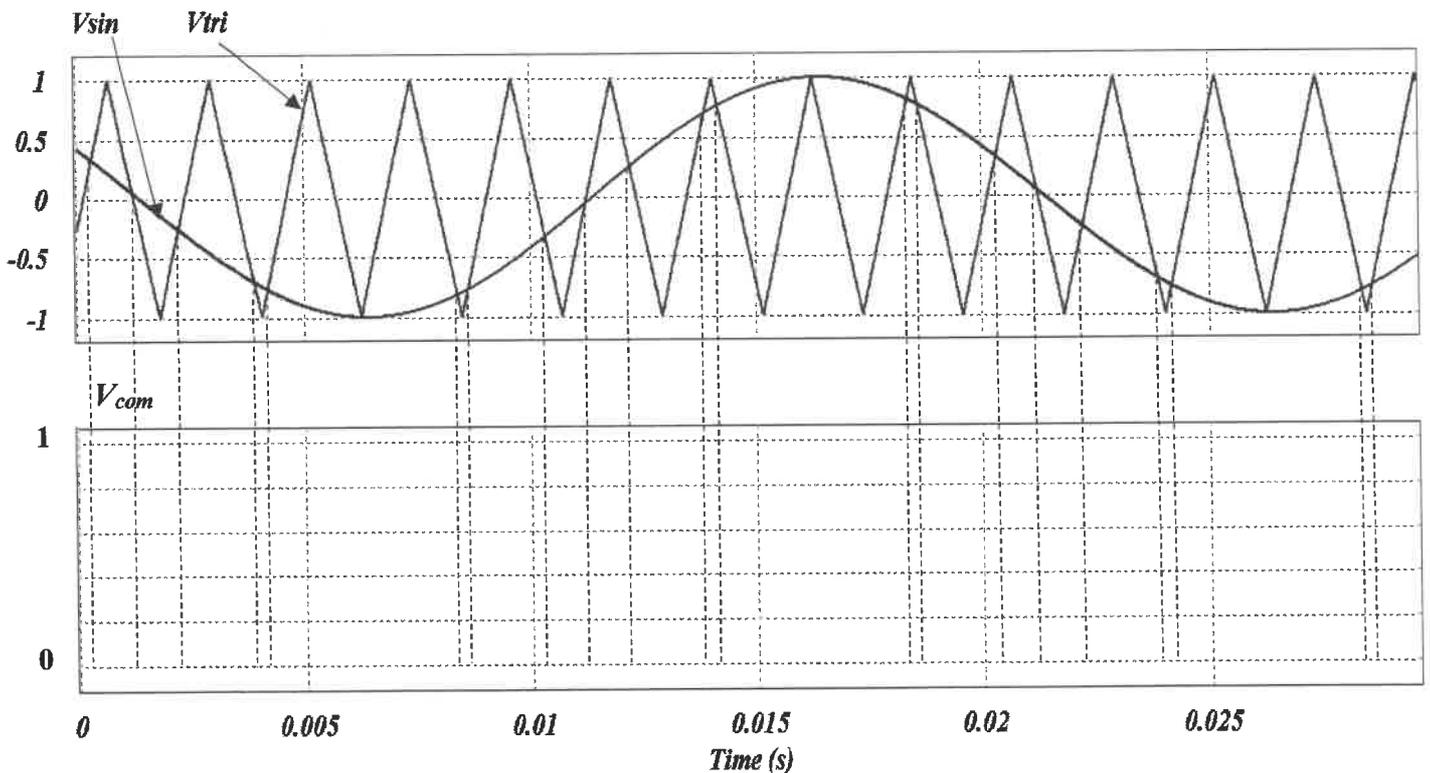
Question : 18.

Question : 19.

Question : 20.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
V_{AB}	1	0	0	1	0	0
V_{BA}	0	1	1	0	0	0
V_{BC}	...	...	...	...	...	...
V_{CB}	...	...	...	...	...	...
V_{AC}	...	...	...	...	...	...
V_{CA}	...	...	...	...	...	...

Question : 21.



Question : 22.

Question : 23.

Question : 24.

Question : 25.

Question : 26.

Question : 27.

	Couplage	Tension (en Volt)	
		Simple	Composée
Au primaire	y	.....	.....
Au secondaire	D	X	

Question : 28.

	Couplage	Courant de ligne (en Ampère)	
		Formule	Application numérique
Au primaire	y	$I_1 = \dots\dots\dots$	.....
Au secondaire	D	$I_2 = \dots\dots\dots$	.....

Question : 29.

	Couplage	Courant dans un enroulement (en Ampère)	
		Formule	Application numérique
Au primaire	y	$J_1 = \dots\dots\dots$	.....
Au secondaire	D	$J_2 = \dots\dots\dots$	.....

Question : 30.

Question : 31.

Question : 32.

Les particules s'éloignent
du transducteur

Les particules se rapprochent du
transducteur

Les particules sont
immobiles

Question : 33.

Question : 34.

Question : 35.

Question : 36.

Question : 37.

Question : 38.

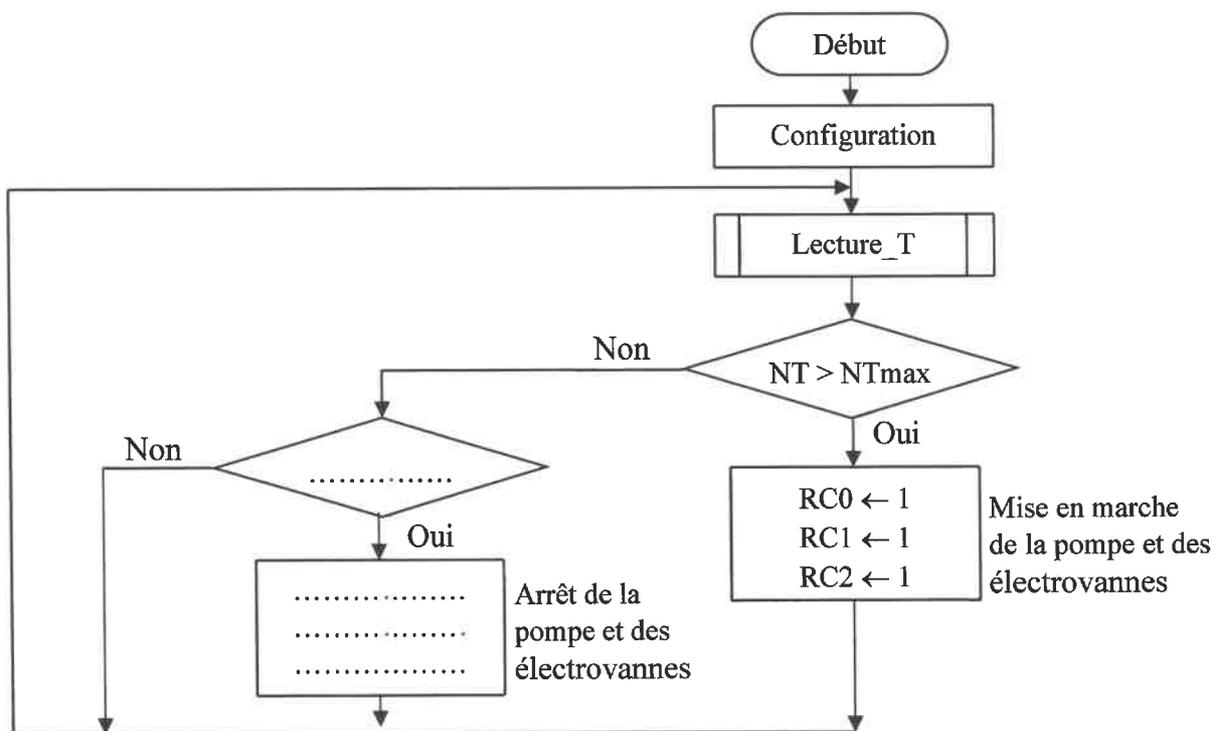
Question : 39.

Question : 40.

Question : 41.

Question : 42.

Question : 43.



Question : 44.

Instruction	Commentaire	
BCF STATUS, RP1	; Activer la page 1	
.....	; Configurer PORTC en sortie	
BSF TRISA, 0	; Configurer la ligne RA0 en entrée	
BCF STATUS, RP1 BCF STATUS, RP0	; Activer la page 0	
repeter	; appel du sous-programme "Lecture_T"	
MOVLW NTmax SUBWF NT, w	; W ← NTmax ; W ← NT – NTmax ; tester si le bit C = 1	tester si NT > NTmax
GOTO saut	; si non, se brancher à l'étiquette "saut"	
BSF PORTC, 0 BSF PORTC, 1 BSF PORTC, 2	; si oui, mettre en marche la pompe et les deux électrovannes	
GOTO repeter	; reprendre	
saut	; W ← NTmin ; W ← NT – NTmin ; tester si le bit C = 0	tester si NT < NTmin
GOTO repeter	; si non, reprendre	
BCF PORTC, 0 BCF PORTC, 1	; si oui, arrêter la pompe et les deux électrovannes	
GOTO repeter	; reprendre	

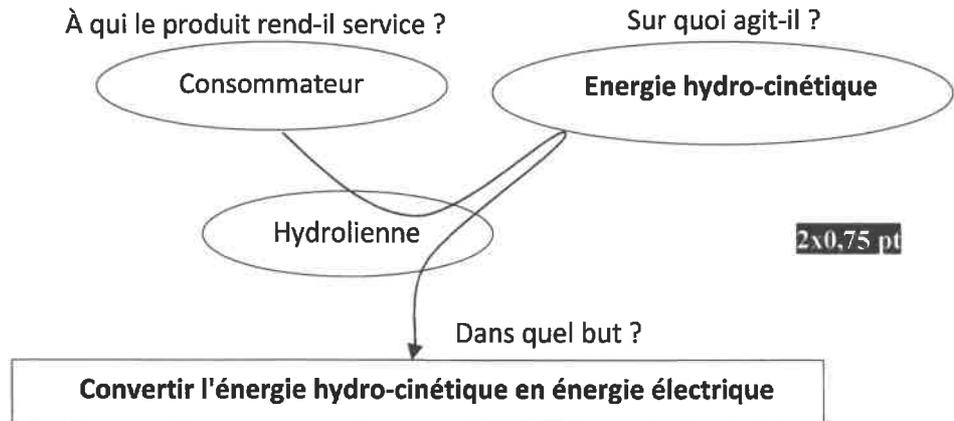
الصفحة	1		الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2021 - عناصر الإجابة -	الجمهورية المغربية وزارة التربية الوطنية والتعليم العالي والبحث العلمي المركز الوطني للتقويم والامتحانات
9	***|			
TTTTTTTTTTTTTTTTTTTT		NR 46		
4h	مدة الإنجاز	علوم المهندس		المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الكهربائية		الشعبة أو المسلك

Hydrolienne

ELEMENTS DE CORRECTION

SEV 1 : Analyse fonctionnelle et étude de la transmission de puissance

Question : 1.

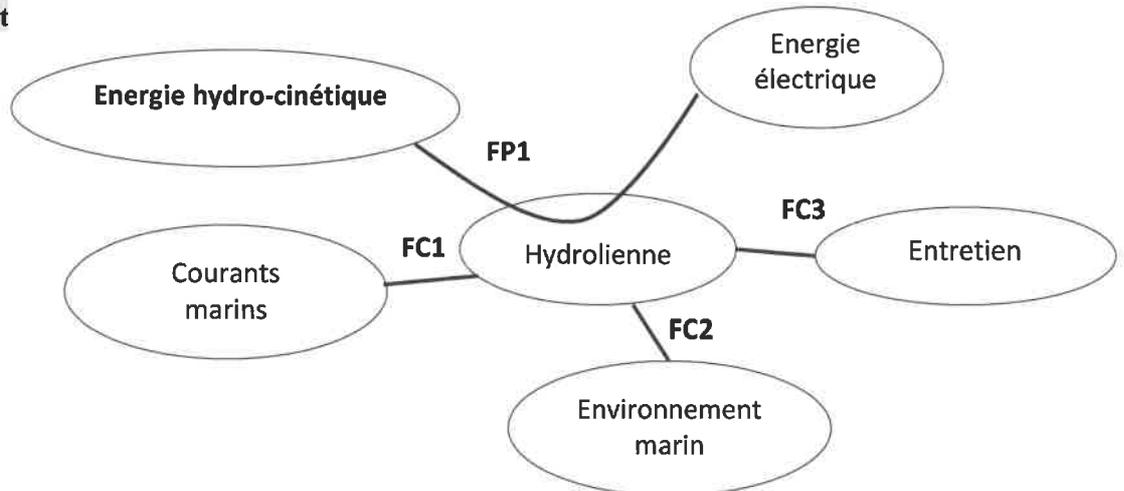


2x0,75 pt

Question : 2.

Deux types : fonctions principales et fonctions de contraintes **2x0,5 pt**

Question : 3. **0,5 pt**



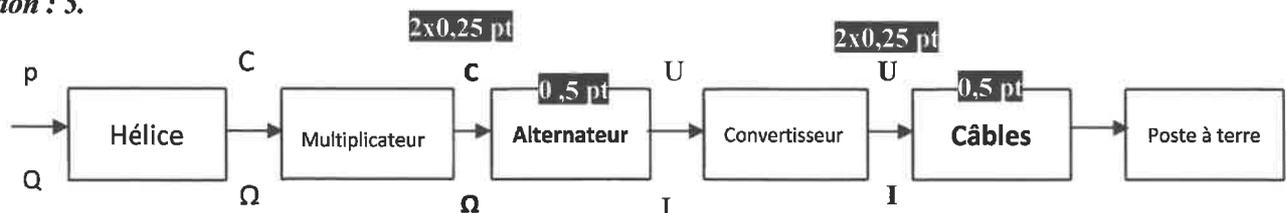
Question : 4.

FP1 :	Convertir l'énergie hydro-cinétique en énergie électrique
FC1 :	Résister aux courants marins.
FC2 :	Préserver l'environnement marin.
FC3 :	Être entretenu régulièrement

2x0,5 pt

Accepter toute réponse valide

Question : 5.



Question : 6.

$$r = \frac{N_a}{N_h} \quad \boxed{1,5 \text{ pt}}$$

$$r = \frac{1000}{20} = 50 \quad \boxed{0,5 \text{ pt}}$$

Question : 7.

$$r = r_1 . r_2 . r_3 \quad \text{donc} \quad r_2 = \frac{r}{r_1 . r_3} \quad \boxed{1,5 \text{ pt}}$$

$$r_2 = 5 \quad \boxed{0,5 \text{ pt}}$$

Question : 8.

$$\eta_m = \frac{P_{sm}}{P_m} \quad \text{donc} \quad P_{sm} = \eta_m . P_m \quad \boxed{1 \text{ pt}}$$

$$P_{sm} = 294 \text{ kW} \quad \boxed{0,5 \text{ pt}}$$

Question : 9.

Sens inverse car le nombre de contacts extérieurs n=1 **1 pt**

Question : 10.

$$r_1 = \frac{Z_1}{Z_2} \quad Z_2 = \frac{Z_1}{r_1} \quad \boxed{1 \text{ pt}}$$

$$Z_2 = \frac{400}{5} = 80 \quad \boxed{0,5 \text{ pt}}$$

Question : 11.

$$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta} \quad m_t = \frac{3}{\cos 25} \quad \boxed{0,5 \text{ pt}}$$

$$m_t = 3,31 \text{ mm} \quad \boxed{0,25 \text{ pt}}$$

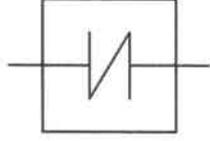
Question : 12.

	Diamètre primitif <i>d</i> (en mm)	Diamètre de tête <i>d_a</i> (en mm)	Entraxe <i>a</i> (en mm)	
Formules	$d = m_t . Z$	$da_1 = d - 2ha$ $da_2 = d + 2ha$	$a = \frac{1}{2}(d_1 - d_2)$	4x0,75 pt
Couronne 1	1324	1318	a = 529,6	
Pignon 2	264,8	270,8		5x0,25 pt

Question : 13.

Transmettre la puissance sans modification de la vitesse angulaire entre deux arbres ayant un défaut d'alignement. **0,25 pt**

Question : 14.



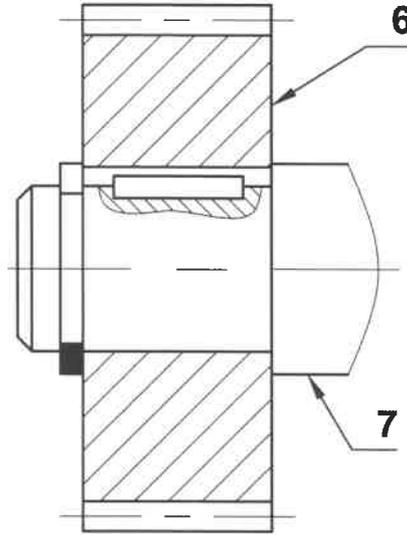
0,25 pt

Question : 15.

- Corriger les défauts d'alignement.
- Amortir les vibrations.

2x0,25 pt

Question : 16.



Clavette	1 pt
Circlips	1 pt
Coupe partielle	0,5 pt
Rainure de clavette exécutée sur le pignon 6	0,5 pt
Chanfrein	0,5 pt
Contact cylindrique entre l'arbre 7 et le pignon 6	0,25 pt
Hachures du pignon 6	0,25 pt

SEV 2 : Étude énergétique

Question : 17.

$$P_m = 200.S.v^3$$

$$S = \frac{P_m}{200.v^3} = 96 \text{ m}^2 = \frac{\pi D^2}{4}, \quad 1,5 \text{ pt}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 96}{\pi}} = 11 \text{ m} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Question : 18.

$$W_{moy} = P_{moy} \cdot t \quad 1 \text{ pt}$$

$$W_{moy} = 200.96.365.24 = 168,19 \text{ MWh} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Question : 19.

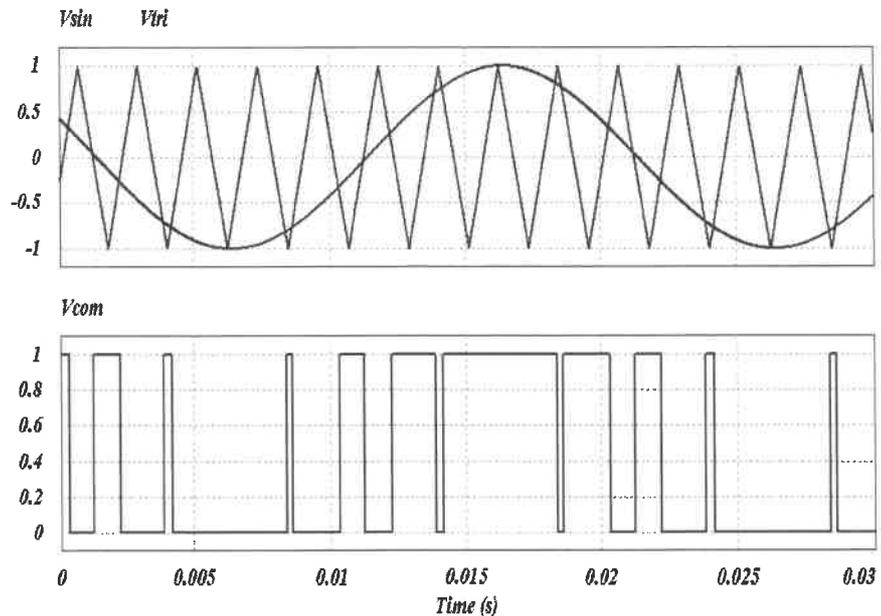
$$W_e = \eta_m \cdot \eta_a \cdot \eta_c \cdot W_{moy} \quad 1 \text{ pt}$$

$$W_e = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 168,19 = 156,58 \text{ MWh} \quad 0,5 \text{ pt}$$

Question : 20.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
V_{AB}	1	0	0	1	0	0	
V_{BA}	0	1	1	0	0	0	
V_{BC}	0	0	1	0	0	1	0,75 pt
V_{CB}	0	0	0	1	1	0	0,75 pt
V_{AC}	1	0	0	0	0	1	0,75 pt
V_{CA}	0	1	0	0	1	0	0,75 pt

Question : 21. 4 pts



Question : 22.

$$T = 20 \text{ ms et } f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz} \quad \boxed{2 \times 1 \text{ pt}}$$

Question : 23.

$$\varphi = 0, \cos \varphi = 1$$

Facteur de puissance (1,5 pt)

$$P = 3 \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi = 3 \cdot V \cdot I = 3 \cdot 230 \cdot 435 = 300,15 \text{ kW}$$

Puissance P (1,5 pt)

Question : 24. 1 pt

Pour minimiser la section des câbles et les pertes par effet Joule lors du transport

Question : 25. 1 pt

On utilise un transformateur élévateur de tension

Question : 26.

$$M = U_2/U_1 = 10000/400 = 25 \quad \boxed{1 \text{ pt}}$$

$$\text{indice horaire} = 11 \quad \boxed{0,5 \text{ pt}}$$

Question : 27.

	Couplage	Tension (en Volt)	
		Simple	Composée
Au primaire	y	230 1 pt	400 0,5 pt
Au secondaire	D		10000 0,5 pt

Question : 28.

4x0,5 pt

	Couplage	Courant de ligne nominale (en Ampère)	
		Formule	Application numérique
Au primaire	y	$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_1}$	721,69
Au secondaire	D	$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_2}$	28,87

Question : 29.

4x0,5 pt

	Couplage	Courant dans un enroulement (en Ampère)	
		Formule	Application numérique
Au primaire	y	$J_1 = I_1$	721,69
Au secondaire	D	$J_2 = \frac{I_2}{\sqrt{3}}$	16,67

SEV 3 : Étude partielle de la chaîne d'information

Question : 30.

$$\Delta f = \frac{2.f_e.V}{c} \Rightarrow V = \frac{c.\Delta f}{2.f_e} \quad \text{0,5 pt}$$

$$V = 1,5 \text{ m/s} \quad \text{0,5 pt}$$

Question : 31.

$$f_r = f_e + \Delta f \quad \text{0,5 pt}$$

$$f_r = 150,3 \text{ kHz} \quad \text{0,5 pt}$$

Question : 32. 1 pt

Les particules se rapprochent du transducteur

Question : 33.

$$\text{Par diviseur de tension } V_b = E \cdot \frac{R_T}{R_1 + R_T} \text{ et } V_a = E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{2x0,5 pt}$$

$$\text{donc } U = E \cdot \left(\frac{R_T}{R_1 + R_T} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad \text{0,5 pt}$$

Question : 34.

$$\text{Le pont en équilibre si } V_b = V_a \Rightarrow \frac{R_T}{R_1 + R_T} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_2 = R_T \quad \text{1,5 pt}$$

$$\text{Or, à } T = 0 \text{ °C, } R_T = R_0 \text{ donc } R_2 = 100 \Omega \quad \text{0,5 pt}$$

Question : 35.

$$\text{À } T = 25 \text{ °C, } R_T = R_0 + a.T = 109,625 \Omega \quad \text{1 pt}$$

$$\text{donc } U = E \cdot \left(\frac{R_T}{R_1 + R_T} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) = 28 \text{ mV} \quad \text{1 pt}$$

Question : 36.

$$\text{Par diviseur de tension } U = \frac{R_G}{R_G + 2.R_3} \cdot V \quad \text{0,75 pt} \quad V = \left(1 + \frac{2.R_3}{R_G} \right) \cdot U \quad \text{0,75 pt}$$

Question : 37.

$$V_+ = \frac{R.V_2}{R+R} = \frac{V_2}{2} \text{ et } V_- = \frac{R.V_1 + R.V_s}{R+R} = \frac{V_1 + V_s}{2} \quad \text{2x0,5 pt}$$

$$V_+ = V_- \Rightarrow V_s = V_2 - V_1 = V \quad \text{1 pt}$$

Question : 38. 1,5 pt

$$\text{on a } V_s = V = \left(1 + \frac{2.R_3}{R_G} \right) \cdot U \text{ et } U = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot T$$

$$\text{donc } V_s = 1,12 \cdot 10^{-3} \left(1 + \frac{2.R_3}{R_G} \right) \cdot T$$

Question : 39.

$$\text{Par analogie au schéma interne du INA333, on relève } R_3 = 50 \text{ k}\Omega \quad \text{0,5 pt}$$

$$V_s = 1,12 \cdot 10^{-3} \left(1 + \frac{2.R_3}{R_G} \right) \cdot T \Rightarrow R_G = \frac{2R_3}{\frac{V_s}{1,12 \cdot 10^{-3} \cdot T} - 1} \quad \text{1 pt}$$

$$R_G = 563,15 \Omega \quad \text{0,5 pt}$$

Question : 40. 1 pt

Passe-bas

Question : 41.

On relève $G_{MAX} = 0$ dB

1 pt

$f_0 = 10$ Hz

1 pt

Et pente = $\frac{\Delta G}{\Delta f} = \frac{-40 - (-20)}{\text{décade}} = -20$ dB/décade

1 pt

Question : 42.

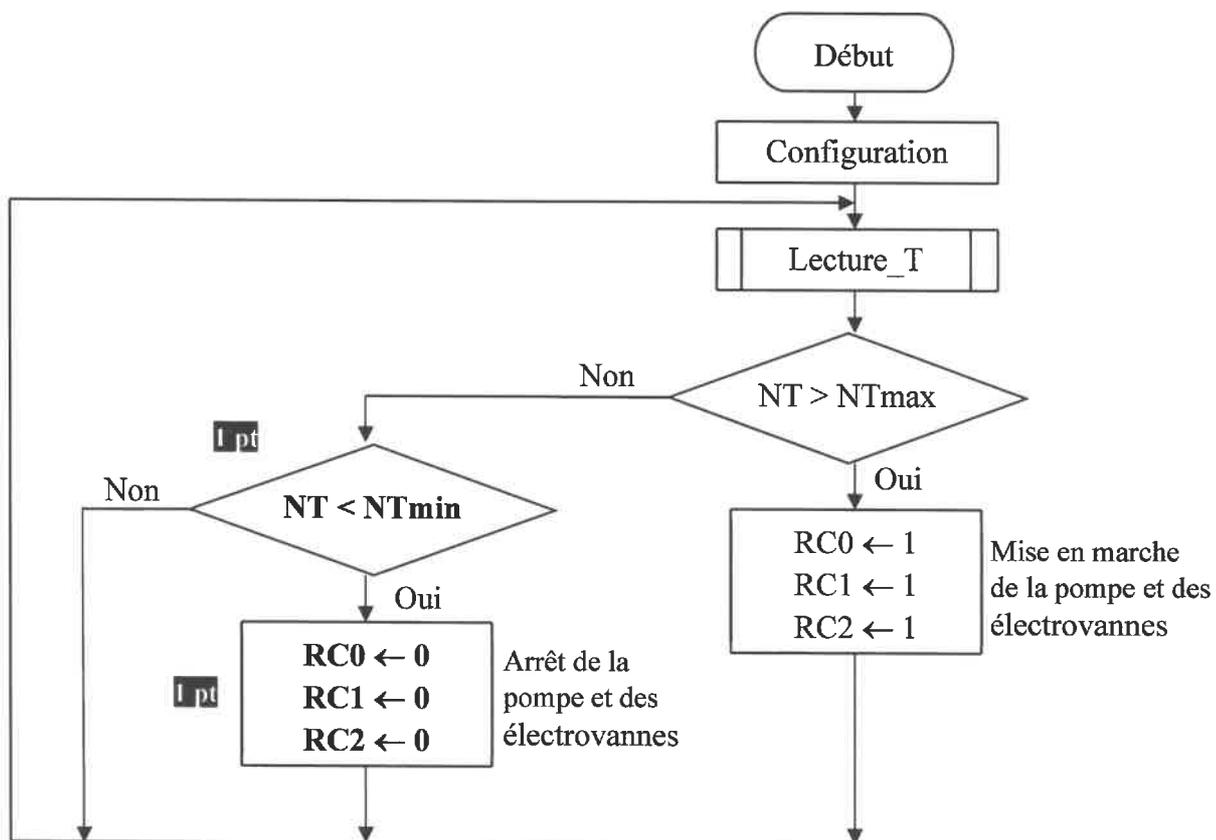
On relève $G = -14$ dB

1 pt

donc $A = 10^{\frac{G}{20}} = 0,2$

1 pt

Question : 43.



Question : 44.

8x0,75 pt

Instruction		Commentaire	
	BCF STATUS, RP1 BSF STATUS, RP0	; Activer la page 1	
	CLRF TRISC	; Configurer PORTC en sortie	
	BSF TRISA, 0	; Configurer la ligne RA0 en entrée	
	BCF STATUS, RP1 BCF STATUS, RP0	; Activer la page 0	
repete	CALL Lecture_T	; appel du sous-programme "Lecture_T"	
	MOVLW NTmax SUBWF NT, w BTFS STATUS, C	; W ← NTmax ; W ← NT – NTmax ; tester si le bit C = 1	tester si NT > NTmax
	GOTO saut	; si non, se brancher à l'étiquette "saut"	
	BSF PORTC, 0 BSF PORTC, 1 BSF PORTC, 2	; si oui, mettre en marche la pompe et les deux électrovannes	
	GOTO repete	; reprendre	
saut	MOVLW NTmin SUBWF NT, w BTFS STATUS, C	; W ← NTmin ; W ← NT – NTmin ; tester si le bit C = 0	tester si NT < NTmin
	GOTO repete	; si non, reprendre	
	BCF PORTC, 0 BCF PORTC, 1 BCF PORTC, 2	; si oui, arrêter la pompe et les deux électrovannes	
	GOTO repete	; reprendre	