

الصفحة	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا المسالك المهنية الدورة العادية 2020 - الموضوع -		المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي المركز الوطني للتقويم والامتحانات
1			
13			
***	PPPPPPPPPPPPPPPPPPPP	NS 216B	

2	مدة الإنجاز	الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2	المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية	الشعبة أو المسلك

☞ *Le sujet comporte au total 13 pages.*

☞ *Le sujet comporte 3 types de documents :*

- *Pages 02 à 06 : Socle du sujet (Couleur Verte).*
- *Pages 07 et 08 : Documents ressources portant la mention DRES XX (Couleur Rose).*
- *Pages 09 à 13 : Documents réponses portant la mention DREP XX (Couleur Blanche).*

Sujet comporte deux parties :

A) Initiation aux Automates programmables (API) :(13 points)

B) Capteurs et Transmetteurs :(17 points)

La numérotation des questions est continue : de la question 1 (Q1) à la question 22 (Q22).

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

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

☞ *Le sujet est noté sur 30 points.*

☞ *Aucun document n'est autorisé.*

☞ *Sont autorisées les calculatrices non programmables.*

الصفحة	2	NS 216B	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2020 - الموضوع - مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2- شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية
13			

A) Initiation aux Automates programmables (API) : (13 points)

1^{er} Volet d'évaluation : Système Automatisé de Production

(SAP) et ses constituants.

I) Système Automatisé de Production (SAP) :

Un Système Automatisé de Production est un ensemble de technologies organisées en fonction d'un but : agir sur une matière d'œuvre (MO) pour satisfaire un besoin afin d'obtenir une valeur ajoutée (VA).

Q1. On vous demande :

1.1) d'analyser la **figure n°1** du schéma synoptique d'un SAP et de le compléter par *les concepts qui conviennent*. **3 Pts**

1.2) de compléter le tableau en indiquant s'il s'agit de la Partie Commande (PC) ou de la Partie Opérative (PO) ou la Partie Relation (PR). **0,5 Pt**

II) Etude des constituants d'un Système Automatisé de Production (SAP) :

2.1) Les préactionneurs et les actionneurs :

Q2. Dans un SAP, la fonction « Traiter des informations » est réalisée par : **1 Pt**

- Un mécanisme ;
- *Un automate programmable industriel (API) ;*
- des interfaces d'E/S.

Q3. Parmi lesquels de ces trois dispositifs est un préactionneur : **1 Pt**

- *Un distributeur pneumatique ;*
- *Une lampe électrique ;*
- *Un moteur pas à pas.*

Q4. Parmi les quatre dispositifs lequel est un actionneur : **1 Pt**

- *Un vérin simple effet ;*
- *Un contacteur ;*
- *Un Dynamo-Tachymétrique (DT) ;*
- *Un codeur optique.*

Q5. Citer les noms de deux actionneurs électriques. **1 Pt**

الصفحة	3	NS 216B	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2020 - الموضوع - مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2- شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية
13			

2.2) L'Automate Programmable Industriel API :

Q6. Un Automate Programmable Industriel (API) est un :

1 Pt

- *Un calculateur très puissant ;*
- *Un microcontrôleur qu'on peut programmer ;*
- *Un dispositif programmable qui commande un processus industriel séquentiellement ;*
- *Un système informatique d'exploitation.*

Q7. Un API est de construction modulaire parce qu'il :

1 Pt

- *possède une grande capacité mémoire ;*
- *est programmable, uniquement, en langage assembleur et en langage évolué.*
- *peut s'adapter à un maximum d'applications, d'un point de vue traitement, de composants et de langage.*

Q8. L'unité Centrale (CPU) d'un API est à base :

1 Pt

- *de microprocesseur ;*
- *des cartes d'E/S logiques ou analogiques ;*
- *d'interface de communication.*

Q9. Une application d'automatisation d'un système de production impose les caractéristiques suivantes de l'API :

- ✓ *Encombrement très réduit ;*
- ✓ *14 Entrées TOR 24V CC ;*
- ✓ *10 sorties TOR 24 V CC ;*
- ✓ *2 entrées analogiques 0-10 V ;*
- ✓ *2 sorties analogiques 0-20 mA ;*
- ✓ *Programme/stockage des données (mémoire utilisateur) 125 KO ;*
- ✓ *Tension d'alimentation : 20,4 - 28,8 V CC.*

A partir des documents constructeurs **DRES 01**, donner la **référence du modèle du CPU**, parmi les 5 références de l'automate Programmable **API S7-1200**, celle qui convient à cette application. **2,5 Pts**

الصفحة	4	NS 216B	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2020 - الموضوع - مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2 - شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية
13			

B) Capteurs et Transmetteurs : (17 points)

2^{ème} volet d'évaluation : Généralités et étude d'un système de pasteurisation de lait.

I) Généralités :

Un capteur est un **transducteur** qui transforme une grandeur physique appelée **la mesurande** en une autre grandeur exploitable appelée **la mesure**.

Q10. On vous demande de compléter le schéma-bloc par les concepts qui conviennent. **1 Pt**

Q11. Un capteur **TOR** est un capteur binaire ; que signifie l'acronyme «T.O.R»? **0,5 Pt**

Q12. Compléter les définitions suivantes par les expressions suivantes : **3 Pts**

L'étendue de mesure – Sensibilité - Capteur linéaire - Le décalage de zéro - Capteur actif - Capteur passif

-correspond à la variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée ;
-est une impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée ;
- correspond à la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de la mesurande ;
-assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur mesurée ;
-a une sensibilité relativement constante sur toute l'étendue de mesure ;
- correspond à la valeur de la grandeur mesurée quand la sortie du signal est à 0 %.

II) Etude d'un système de pasteurisation :

Cette étude portera sur l'acquisition de la température et sur le **conditionneur- transmetteur** de ce système.

a) Présentation du système :

C'est un procédé qui utilise la chaleur afin de tuer les bactéries nuisibles tout en conservant les propriétés nutritives du lait, sa durée maximum de conservation est de 15 jours.

b) Principe de la pasteurisation :

Le lait est pasteurisé à une **température de 75 °C**, cette dernière est mesurée à l'aide des capteurs à résistances. Le **chauffage** est assuré par de la vapeur voir **figure n°2 (page suivante)**. Cette température est maintenue pour une durée allant de **15 à 20 secondes**. Le lait est ensuite **refroidi** rapidement à **4° C**.



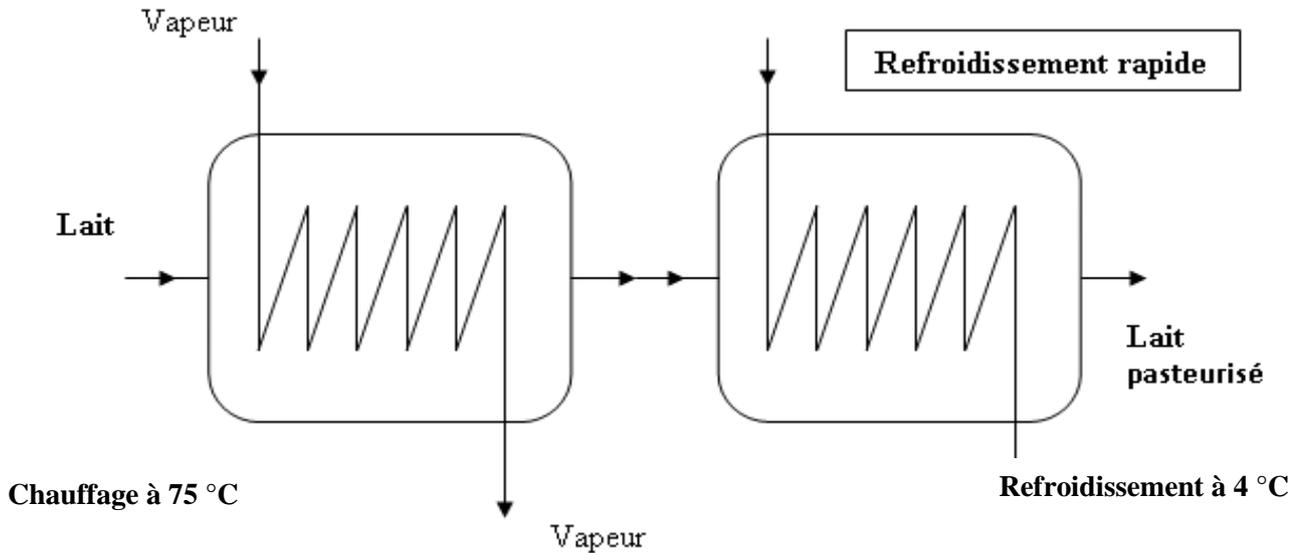


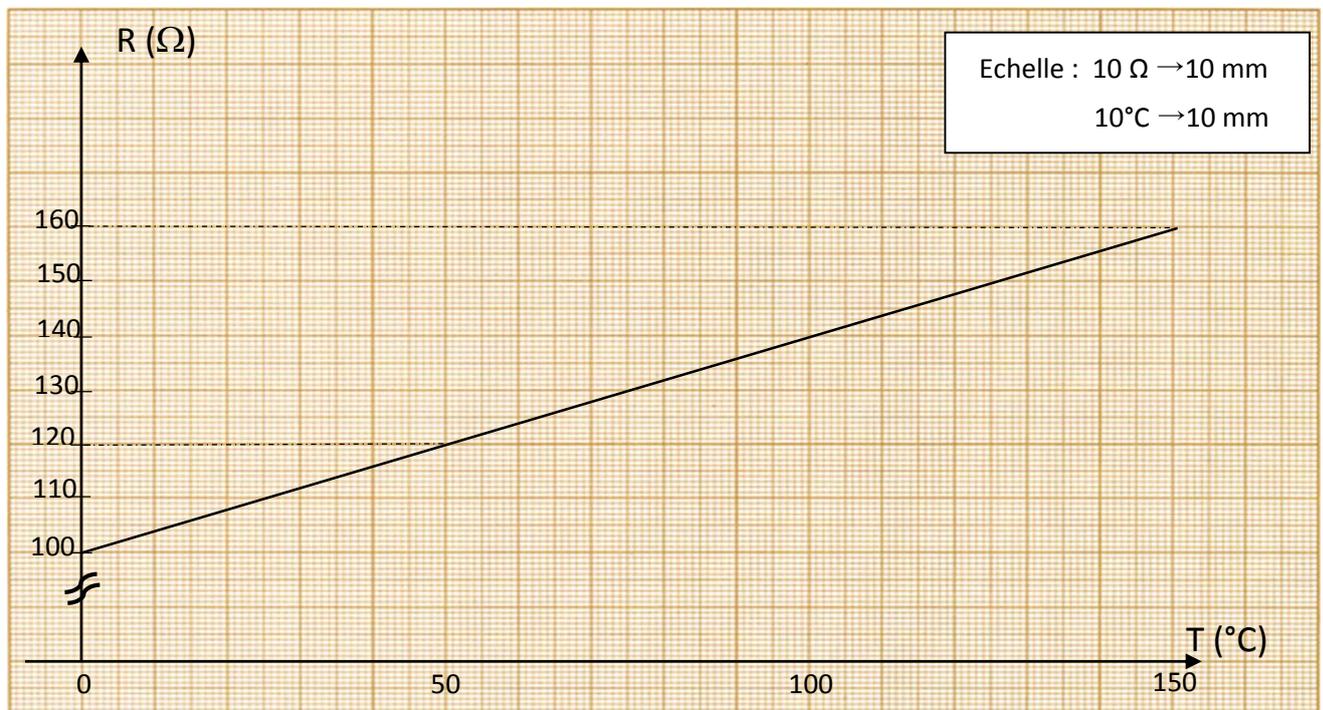
Figure 2

À l'issue de la pasteurisation, la plupart des germes et micro-organismes indésirables et dangereux sont éliminés.

NB : Les résultats des calculs seront arrondis à trois chiffres après la virgule.

c) Acquisition de la température :

La courbe suivante montre l'évolution de la résistance **R** (en Ω) de la résistance métallique en fonction de la température **T** (en $^{\circ}\text{C}$) :



En utilisant le document **DRES 02** :

Q13. Donner le principe de fonctionnement de la sonde à résistance métallique.

0,5 Pt

Q14. Donner les éléments constitutifs de la sonde Pt100.

1,25 Pt

Q15. Ce capteur est-il passif ou actif ? justifier votre réponse.

1 Pt

Q16. Selon le graphique (**page précédente**), donner la valeur de la résistance de la sonde à la température de 0°C . Justifier alors le nom de cette sonde Pt100.

1,75 Pt

Q17. Ce capteur est-il linéaire ? Justifier votre réponse.

1 Pt

Q18. Selon le graphique, quelle est la résistance de l'élément sensible à 20°C et à 50°C ?

1 Pt

Q19. Calculer alors la sensibilité **S** de ce capteur.

1 Pt

Q20. Cette sonde a une résistance de $109,625\ \Omega$ à 25°C et $138,5\ \Omega$ à 100°C :

a. Etablir la relation entre la résistance **R** du Pt100 et la température **T**.

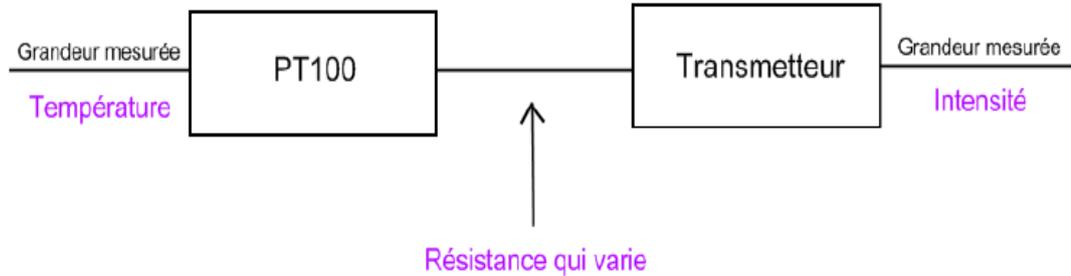
1,5 Pt

b. On plonge la sonde PT100 dans le lait porté à la température **T** = 75°C . Après stabilisation, calculer la valeur de la résistance **R**_{75 °C}.

0,5 Pt

d) Conditionneur transmetteur :

Q21. La sonde est reliée à un transmetteur qui doit délivrer un signal standard **4 à 20 mA** pour des variations comprises entre 0°C et 100°C ;



Déterminer (**en Ω**) :

a) l'étendue de mesure **EM** à appliquer sur le transmetteur ;

1,5 Pt

b) le décalage de zéro **Offset** à appliquer sur le transmetteur.

0,5 Pt

Q22. Le lait est pasteurisé à une température de 75°C . Quelle est alors la valeur du courant **i** dans le transmetteur ?

1 Pt

DRES 01

1

Présentation du produit

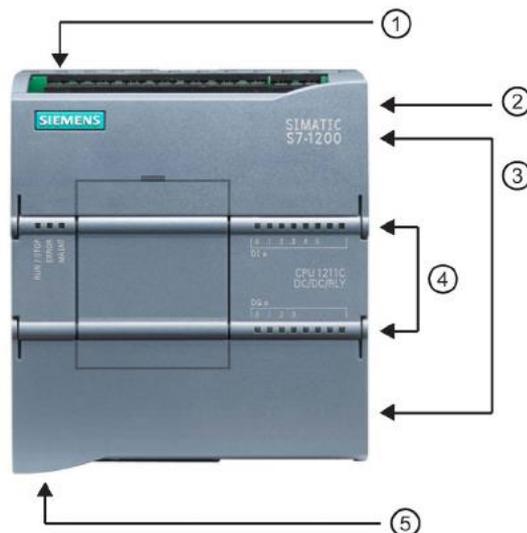
1.1 Introduction à l'automate S7-1200

Le contrôleur S7-1200 offre la souplesse et la puissance nécessaires pour commander une large gamme d'appareils afin de répondre à vos besoins en matière d'automatisation. Sa forme compacte, sa configuration souple et son important jeu d'instructions en font une solution idéale pour la commande d'applications très variées.

La CPU combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et de sortie, un PROFINET intégré, des E/S rapides de commande de mouvement, ainsi que des entrées analogiques intégrées dans un boîtier compact en vue de créer un contrôleur puissant. Une fois que vous avez chargé votre programme, la CPU contient la logique nécessaire au contrôle et à la commande des appareils dans votre application. La CPU surveille les entrées et modifie les sorties conformément à la logique de votre programme utilisateur, qui peut contenir des instructions booléennes, des instructions de comptage, des instructions de temporisation, des instructions mathématiques complexes ainsi que des commandes pour communiquer avec d'autres appareils intelligents.

Tableau 1- 1 Comparaison des modèles de CPU

Caractéristique		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Dimensions (mm)		90 x 100 x 75		110 x 100 x 75	130 x 100 x 75	150 x 100 x 75
Mémoire utilisateur	de travail	50 Ko	75 Ko	100 Ko	125 Ko	150 Ko
	de charge- ment	1 Mo		4 Mo		
	rémanente	10 Ko				
E/S intégrées lo- cales	TOR	6 entrées/4 sorties	8 entrées/6 sorties	14 entrées/10 sorties		
	Analo- giques	2 entrées			2 entrées/2 sorties	
Taille de la mé- moire image	Entrées (I)	1024 octets				
	Sorties (Q)	1024 octets				
Mémentos (M)		4096 octets		8192 octets		
Modules d'entrées-sorties (SM) pour extension		Aucun	2	8		



- ① Prise d'alimentation
- ② Logement pour carte mémoire sous le volet supérieur
- ③ Connecteurs amovibles pour le câblage utilisateur (derrière les volets)
- ④ DEL d'état pour les E/S intégrées
- ⑤ Connecteur PROFINET (sur la face inférieure de la CPU)

DRES 02

Une résistance métallique tels le cuivre, le platine et le nickel, a la propriété de voir sa résistance électrique augmenter avec la température. On peut avoir une indication de la valeur de la température en mesurant cette résistance.

Le RTD platine 100Ω appelé sonde Pt 100 est un capteur de température qui est utilisé dans le domaine industriel Ce capteur est constitué d'une résistance en Platine, enfermés dans un boîtier étanche en matériau non corrosif voir Figure 3 La valeur initiale du Pt100 est de 100 ohms correspondant à une température de 0°C. Il peut mesurer des températures allant de (-180 °C jusqu'à +650 °C).

La sonde est plongée dans les liquides dont on veut connaître la température.

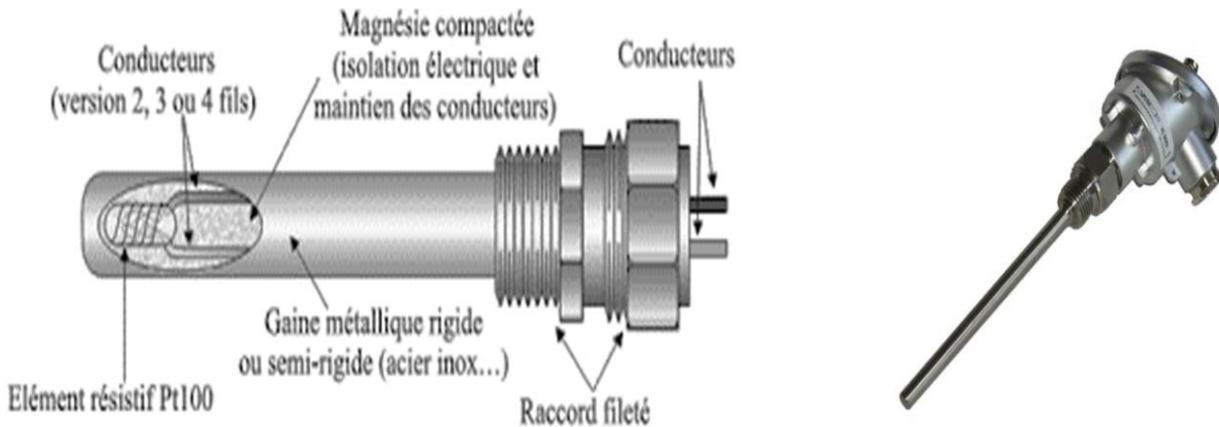


Figure 3

DREP 01

Q1.

1.1) Je complète la figure n°1 par le concept qui convient :

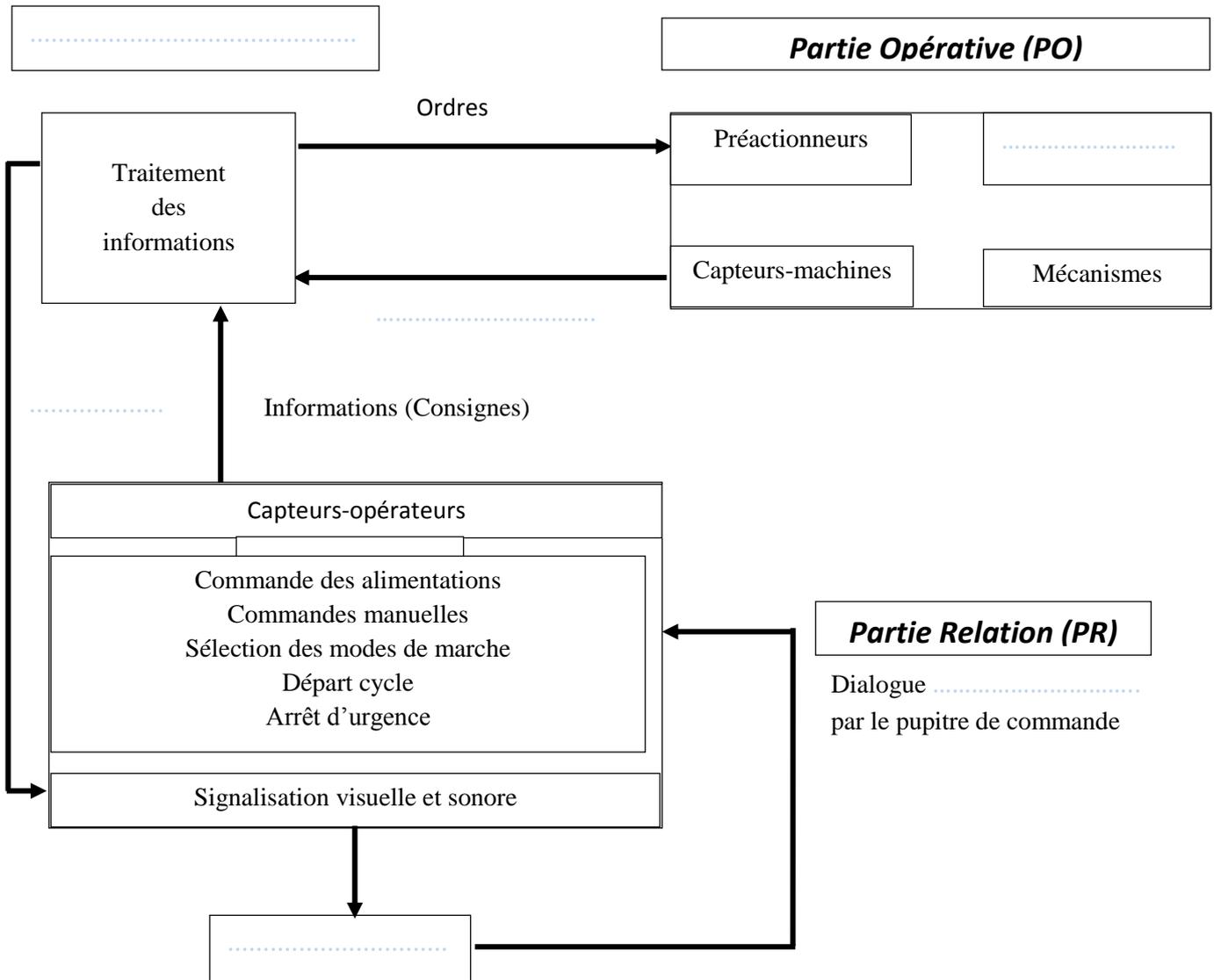


Figure n°1

1.2) Je complète le tableau suivant en indiquant s'il s'agit de la Partie Commande (PC) ou de la Partie Opérative (PO) ou la Partie Relation (RP) :

<p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Ensemble des moyens matériels opérant physiquement sur les matières d'œuvre en vue d'assurer la production.</p>
---------------------------	--

الصفحة	10	NS 216B	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2020 - الموضوع
13			- مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2- شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية

DREP 02

Je coche la bonne réponse :

Q2. Dans un SAP, la fonction « Traiter des informations » est réalisée par :

- Un mécanisme ;
- Un automate programmable industriel (API) ;
- des interfaces d'E/S.

Q3. Parmi lesquels de ces trois dispositifs est un préactionneur :

- Un distributeur pneumatique ;
- Une lampe électrique ;
- Un moteur pas à pas.

Q4. Parmi les quatre dispositifs lequel est un actionneur :

- Un vérin simple effet ;
- Un contacteur ;
- Un Dynamo-Tachymétrique (DT) ;
- Un codeur optique.

Q5. Les noms de deux actionneurs :

.....

Q6. Un Automate Programmable Industriel (API) est un :

- Un calculateur très puissant ;
- Un microcontrôleur qu'on peut programmer ;
- Un dispositif programmable qui commande un processus industriel séquentiellement ;
- Un système informatique d'exploitation.

Q7. Un API est de construction modulaire parce qu'il :

- possède une grande capacité mémoire ;
- est programmable, uniquement, en assembleur et en langage évolué.
- peut s'adapter à un maximum d'applications, d'un point de vue traitement, de composants et de langage.

DREP 03

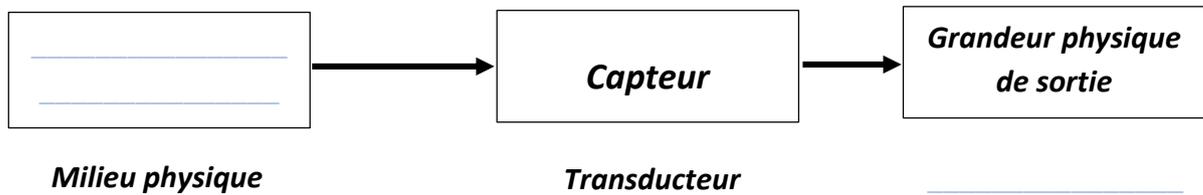
Q8. L'unité Centrale (CPU) d'un API est à base :

- de microprocesseur ;
- des cartes d'E/S logiques ou analogiques ;
- d'interface de communication.

Q9. Je donne la référence du modèle du CPU (*CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C ou CP1217C*) :

API S7-1200 référence :

Q10. Je complète le schéma-bloc suivant par les concepts qui conviennent :



Q11. La signification de l'acronyme «T.O.R» :

T : _____	O : _____	R : _____
------------------	------------------	------------------

Q12. Je complète les définitions suivantes par les expressions suivantes :

L'étendue de mesure- Sensibilité- Capteur linéaire- Le décalage de zéro- Capteur actif- Capteur passif

- a) correspond à la variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.
- b) est une impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée.
- c) correspond à la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale de la mesurande.
- d) assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur mesurée.
- e) a une sensibilité relativement constante sur toute l'étendue de mesure.
- f) correspond à la valeur de la grandeur mesurée quand la sortie du signal est à 0 %.

الصفحة		الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2020 - الموضوع	
12	NS 216B	- مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2 - شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية	
13		والرقمية	

DREP 04

Q13. Le principe de fonctionnement de la sonde à résistance métallique :

.....

.....

.....

Q14. Les éléments constitutifs de la sonde Pt100 :

.....

.....

.....

Q15. Le capteur est :

.....

.....

Q16. La valeur de la résistance de la sonde à la température de 0° C :

$R_{0^{\circ}\text{C}} =$

Je Justifie le nom de la sonde Pt100 :

.....

.....

Q17. Le capteur est :

.....

Justification :

Q18. - La résistance de l'élément sensible à 20 °C :

$R_{20^{\circ}\text{C}} =$

- La résistance de l'élément sensible à 50 °C:

$R_{50^{\circ}\text{C}} =$

Q19. Le calcul de la sensibilité S :

.....

.....

.....

الصفحة		الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2020 - الموضوع	
13	NS 216B	- مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2 - شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية	
13			

DREP 05

Q20. a. La relation entre la résistance **R** du Pt100 et la température **T** :

.....

.....

.....

.....

b. Le calcul de la valeur de la résistance **R**75 °C :

.....

.....

.....

Q21. Je détermine (en Ω):

a) L'étendue mesure **EM** à appliquer sur le transmetteur :

.....

.....

b) Le décalage de zéro **Offset** à appliquer sur le transmetteur.

.....

.....

Q22. La valeur du courant **i** dans transmetteur :

.....

.....

.....

.....

الصفحة	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا المسالك الممهدة الدورة العادية 2020 - عناصر الإجابة -		المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي المركز الوطني للتقويم والامتحانات	
1				
4				

	PPPPPPPPPPPPPPPPPPPP	NR 216B		
2	مدة الإنجاز	الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2		المادة
10	المعامل	شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية		الشعبة أو المسلك

Eléments de corrigé

Q1.

1.1) Le schéma structurel d'un Système Automatisé de Production (SAP) : (0,5 pt x 6)

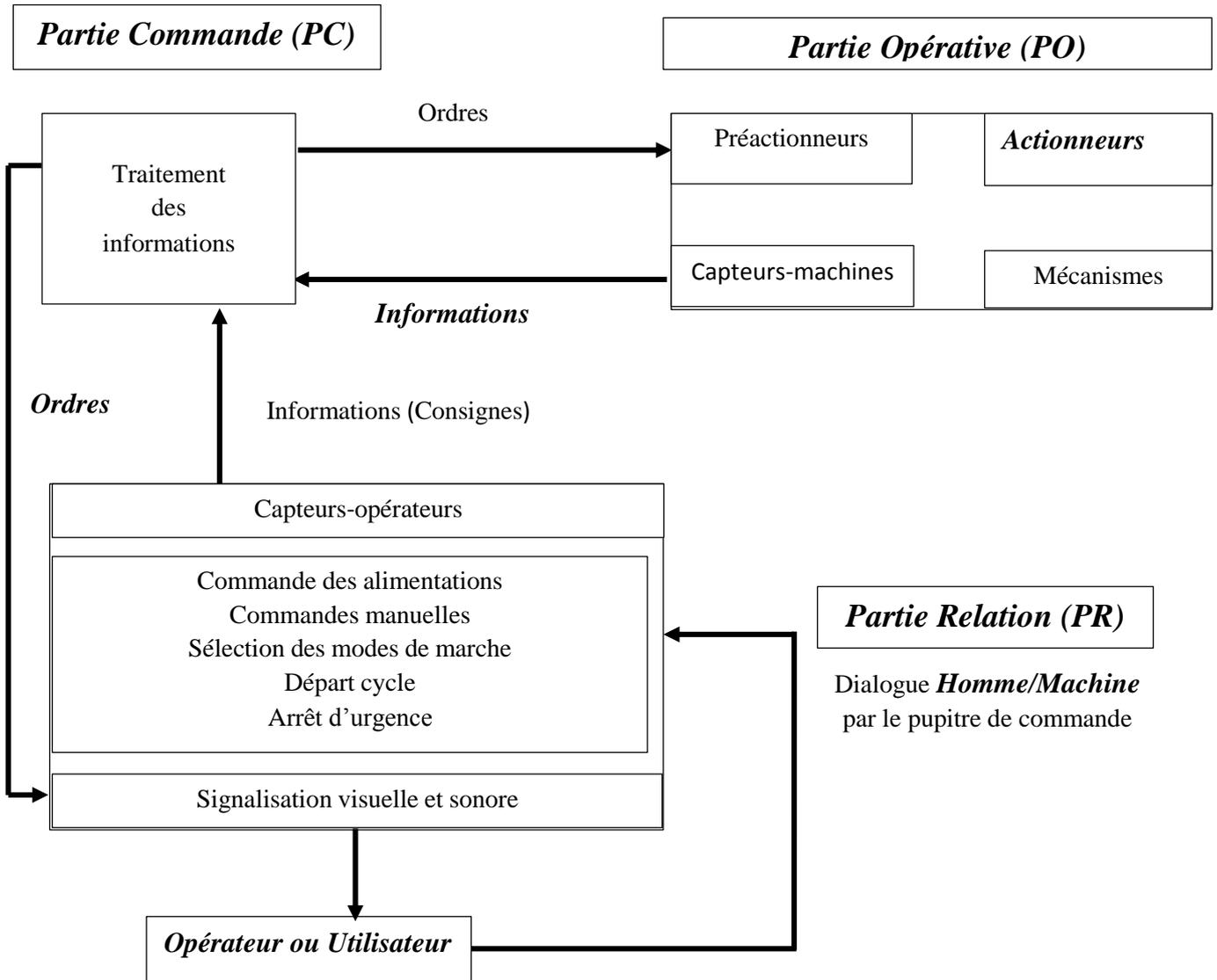


Figure n°1

الصفحة	2	NR 216B	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2020 - عناصر الإجابة
4			- مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2 - شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية

1.2) Tableau : (0,5 pt)

<i>la Partie Opérative (PO)</i>	Ensemble des moyens matériels opérant physiquement sur les matières d'œuvre en vue d'assurer la production.
---------------------------------	---

Q2. Dans un SAP, la fonction « Traiter des informations » est réalisée par : (1 pt)

- Un mécanisme ;
- Un automate programmable industriel (API) ;**
- des interfaces d'E/S.

Q3. Parmi ces trois dispositifs le préactionneur est : (1 pt)

- Un distributeur pneumatique ;**
- Une lampe électrique ;
- Un moteur pas à pas.

Q4. Parmi les quatre dispositifs l'actionneur est : (1 pt)

- Un vérin simple effet ;**
- Un contacteur ;
- Un Dynamo-Tachymétrique (DT) ;
- Un codeur optique.

Q5. Je cite deux actionneurs électriques : (0,5 pt x 2)

- a) **Moteur à courant continu (MCC) ;**
- b) **Moteur Asynchrone Triphasé (MAS 3~).**

Q6. Un Automate Programmable Industriel (API) est un : (1 pt)

- Un calculateur très puissant ;
- Un microcontrôleur qu'on peut programmer ;
- Un dispositif programmable qui commande un processus industriel séquentiellement ;**
- Un système informatique d'exploitation.

Q7. Un API est de construction modulaire parce qu'il : (1 pt)

- possède une grande capacité mémoire ;
- est programmable, uniquement, en langage assembleur et en langage évolué.
- peut s'adapter à un maximum d'applications, d'un point de vue traitement, de composants et de langage.**

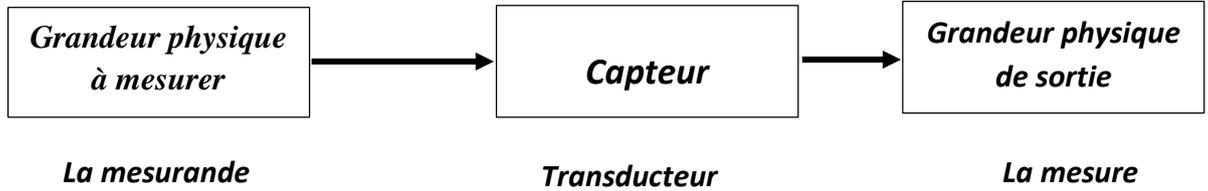
Q8. L'unité Centrale (CPU) d'un PI est à base : (1 pt)

- de microprocesseur ;**
- des cartes d'E/S logiques ou analogiques ;
- d'interface de communication.

Q9. Je donne la référence du modèle du CPU de l'API S7-1200 (*CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C ou CP1217C*) : (2,5 pts)

D'après les documents constructeurs, il s'agit de l'API S7-1200 modèle : CPU 1215C

Q10. Je complète le schéma synoptique : (0,5 pt x 2)



Q11. La signification de l'acronyme «T.O.R» : (0,5 pt)

T : Tout	O : Ou	R : Rien
-----------------	---------------	-----------------

Q12. Définitions : (0,5 pt x 6)

- Sensibilité** correspond à la variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée.
- Capteur passif** est une impédance dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée.
- L'étendue de mesure** correspond à la différence entre la valeur maximale et la valeur minimale du mesurande.
- Capteur actif** assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre à la grandeur mesurée.
- Capteur linéaire** a une sensibilité relativement constante sur toute l'étendue de mesure
- Le décalage de zéro** correspond à la valeur de la grandeur mesurée quand la sortie du signal est à 0%.

Q13. Le principe de fonctionnement de la sonde à résistance : (0,5 pt)

La résistance électrique de la sonde augmente avec la température.

Q14. Les principaux éléments de la sonde Pt 100 sont : (0,25 pt x 5)

- ✓ Élément résistif en platine ;
- ✓ Conducteurs 2, 3 ou 4 fils.
- ✓ Gaine métallique rigide ;
- ✓ Raccords filetés ;
- ✓ Magnésie compactée.

Q15. Pt 100 est capteur passif. (0,5 pt)

car il s'agit d'une résistance qui varie avec la température (0,5 pt).

الصفحة		الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2020 - عناصر الإجابة	
4	NR 216B	- مادة: الاختبار التوليقي في المواد المهنية - الجزء 2 - شعبة الهندسة الكهربائية مسلك النظم الإلكترونية والرقمية	
4			

Q16. Selon le graphique ci-dessus, donner la valeur de la résistance de la sonde à la température de 0°C. Justifier alors le nom de cette sonde Pt 100.

R= 100 Ω à 0 °C (0,75 pt) , Pt car l'élément sensible est le platine (0,5 pt) et 100 car sa résistance à 0° C est égale 100. (0,5 pt).

Q17. Ce capteur est un capteur linéaire : (0,5 pt)

Il a une sensibilité relativement constante sur toute l'étendue de mesure ou la caractéristique est fonction affine ou la caractéristique est une droite. (0,5 pt)

Q18. Selon le graphique :

La résistance de l'élément sensible à 20 °C : **R_{20°C}=108 Ω ; (0,5 pt)**

La résistance de l'élément sensible à 50 °C : **R_{50°C} =120 Ω. (0,5 pt)**

Q19. le calcul de la sensibilité S de ce capteur :

$$S = \Delta R / \Delta T = (120 \Omega - 108 \Omega) / (50 \text{ °C} - 20 \text{ °C}) = 0,4 \Omega/\text{°C} \quad (0,5 \text{ pt} + 0,5 \text{ pt})$$

Q20. Cette sonde a une résistance de 100Ω à 0°C et 138,5 Ω à 100°C ,

a) La relation entre la résistance R du Pt 100 et la température T :

$$R = 0,385.T + 100 \text{ avec } R \text{ en } \Omega \text{ en et } T \text{ en } \text{°C} \quad (1,5 \text{ pt})$$

b) On plonge la sonde Pt100 dans le lait porté à la température T=75°C. Le calcul de la valeur de la résistance Pt 100.

$$R = 0,385 \times 75 + 100 = 128,875 \Omega \quad (0,5 \text{ pt})$$

Q21. la valeur d'étendue de mesure :

$$\text{On a : } R = 0,385.T + 100$$

$$\text{à } 0\text{°C, } R=100 \Omega \text{ donc } R_{\min}=100 \Omega.$$

$$\text{et à } 100\text{°C, } R=138,5 \Omega \text{ donc } R_{\max}=138,5 \Omega$$

$$\text{a) Etendue de mesure : } EM = R_{\max} - R_{\min} = 138,5 \Omega - 100 \Omega = 38,5 \Omega \quad (1 \text{ pt} + 0,5 \text{ pt})$$

La valeur du décalage de zéro :

b) **Le décalage de zéro correspond à la valeur de la grandeur mesurée quand la sortie du signal est à 0 %. Donc le décalage de zéro = 100 Ω. (0,5 pt)**

Q22. Le lait est pasteurisé à une température de 75 °C :

$$\text{Le courant est } i = 4 + (20 - 4) (75 - 0) / (100 - 0) = 16 \text{ mA. } (0,5 \text{ pt} + 0,5 \text{ pt})$$